civitta

Kaasrahastanud Euroopa Liit

Eesti tuleviku heaks

Tallinna dünaamilise liiklusjuhtimise eeluuring. Lõpparuanne

Tellija
Tallinna Liikuvusamet

Täitja
Civitta AS

Oktoober 2026

Aruande andmed

Pealkiri: *Tallinna dünaamilise liiklusjuhtimise eeluuring. Lõpparuanne*
Tellija: *Tallinna Liikuvusamet*
Koostaja: *Civitta AS*
Avaldamisaasta: *2026*

Aruandele viitamine

Civitta AS. (2026). Tallinna dünaamilise liiklusjuhtimise eeluuring. Lõpparuanne. Tellija: Tallinna Liikuvusamet.

Aruande eesmärk ja kasutamine

Aruanne koondab Tallinna dünaamilise liiklusjuhtimise eeluuringu tulemused ning soovitused piloodi ettevalmistamiseks ja lahenduse edasiseks arendamiseks. Olemasoleva olukorra kirjeldus lähtub uuringu käigus kogutud andmetest ja aruandes nimetatud allikate ajahetkedest. Kavandatud lahenduse mõju tuleb kontrollida piloodis; esitatud kulude arvutusnäited vajavad täpsustamist valitud töömahu ja hinnapakkumuste alusel.

Aruande lisad on Lisa 1 „Riskiregister", Lisa 2 „DLJ TO-BE funktsionaalsed ja mittefunktsionaalsed nõuded", mis on II etapi hanke tehnilise kirjelduse alus, ja Lisa 3 „II etapi hanke dokumentatsiooni ettepanek", mis selgitab, kuidas hankedokumendid lõpparuande ja nõuete dokumendi põhjal koostada. Lisad 2 ja 3 on Tallinna Liikuvusametile üle antud eraldi dokumentidena. Järgmise hanke ettevalmistamisel tuleb aruande soovitused ja tehnilised nõuded siduda tellija kinnitatud ulatuse, ajakohaste lähteandmete ning hanketingimustega.

Lühikokkuvõte

Tallinna dünaamilise liiklusjuhtimise (DLJ) eeluuringu eesmärk oli hinnata olemasoleva liiklusjuhtimise võimekust ning määratleda, milliseid muudatusi on vaja liiklusolukorraga kohanduva juhtimise arendamiseks. Uuring keskendus neljale eesmärgile: ristmike kinnisõidu ennetamine, rohelise aja sihipärane kasutamine, ühistranspordi eelisläbipääs ning jalakäijate ja jalgratturite teenindamise parandamine. Eeluuring loob aluse järgmise etapi hanke ja piloodi ettevalmistamiseks; selle käigus uut juhtimislahendust liikluses ei rakendatud.

Uuringus kaardistati Tallinna liiklusjuhtimise süsteemid, seadmed, andmevood ja töökorraldus ning analüüsiti nende peamisi kitsaskohti. Tallinna olukorda võrreldi Helsingi, Vilniuse ja Kopenhaageni kogemusega ning hinnati turul pakutavaid lahendusvõimalusi. Nende tulemuste põhjal kirjeldati sihtolukord, koostati tehnilised nõuded ja arhitektuurivariandid, hinnati rakendamise õiguslikke ja korralduslikke eeldusi ning tehti ettepanekud testalade, hankimise, tegevuskava ja kulude hindamise kohta. Lõpparuanne koondab uuringu tulemused ja soovitused; üksikasjalikud tehnilised nõuded esitatakse Lisas 2.

Olemasoleva olukorra analüüs näitas, et Tallinnal on liiklusjuhtimise arendamiseks vajalik lähtebaas: foorivõrk ja keskhaldus, osal ristmikel toimiv kohalik nõudluspõhine juhtimine ning eri piirkondades paiknevad liikluse loendamise ja seire vahendid. Ristmikeülese, liiklusolukorraga kohanduva juhtimise rakendamist piiravad süsteemidevahelise andmevahetuse puudused ning juhtimiseks vajalike andmete ebaühtlane katvus ja kvaliteet. Arendusvajadus seisneb seetõttu eelkõige olemasoleva taristu korrastamises, süsteemide ühendamises ja puuduvate juhtimisfunktsioonide lisamises. Nende muudatuste kavandamisel tuleb hinnata, milline lahendus sobib konkreetse piirkonna liiklusoludega ning kuidas mõjutab see eri liiklejagruppe ja naaberristmikke.

Võrdluslinnade analüüs ja linnade esindajate jagatud kogemus näitasid, et liiklusjuhtimise uuendamise tulemuslikkus sõltub lisaks tehnoloogiale nõuete täpsusest, seadmete sobivusest, tarnijate koostööst ja linna enda haldusvõimest. Ühe tarnija terviklahendus võib lihtsustada süsteemi kasutuselevõttu ja haldamist, eri tootjate lahenduste ühendamine aga suurendada valikuvõimalusi. Avalikult kirjeldatud tehniliste reeglitega liidesed toetavad süsteemide ühendamist, kuid ei kõrvalda seadmekohaste kohanduste ja katsetamise vajadust. Samuti ei saa ühe koridori katsetulemust automaatselt üle kanda kogu linnale. Tallinnas tuleb seetõttu kontrollida nii lahenduse tehnilist toimimist kui ka selle tegelikku lisakasu võrreldes olemasoleva juhtimise parandamisega.

Kavandatud sihtolukorras moodustavad liikluse mõõtmine, juhtimisotsuste tegemine, fooride juhtimine, operaatori töö ja tulemuste hindamine ühtse terviku. Juhtimiskäsud võivad liikuda foorikontrolleriteni olemasoleva OMNIA keskhalduse tasulise välisliidese kaudu (variant A) või otse avatud protokolli kaudu, vanemate kontrollerite puhul kontrollitud adapteri kaudu (variant B). Mõlema arhitektuurivariandi puhul kehtivad samad tulemuse, ohutuse ja kvaliteedi nõuded ning säilib foorikontrollerite kohalik ohutusloogika. Masinõppe ja tehisintellekti kasutamine eeldab konkreetse ülesande jaoks piisavaid ja kvaliteetseid andmeid; nende lahenduste toimimist ja lisaväärtust tuleb katsetes tõendada.

Järgmise etapi piloodi testaladeks on tehtud ettepanek kasutada Pronksi–Liivalaia koridori ja piiritletud Sadama piirkonda. Need võimaldavad katsetada juhtimist erineva liiklusnõudluse ja kasutusjuhtude korral. Võrreldavate pakkumuste saamiseks tuleb enne hanke väljakuulutamist kinnitada testalade koosseis ja töömaht, lubatud arhitektuurivariandid, seadmete ja tarkvara liidestamise tingimused ning mõõdikud ja vastuvõtutingimused. Tallinna olemasolev liiklusmodelleerimise võimekus võimaldab enne liikluses katsetamist võrrelda juhtimisviise ja hinnata nende võimalikku mõju. Piloodis tuleb kontrollida lahenduse tehnilist toimimist, ohutust ja tegelikku liiklusmõju, arvestades ka kõrvalsuundi ja eri liiklejagruppe.

Uuringu põhijäreldus on, et Tallinnal on põhjendatud liikuda edasi piiritletud piloodiga ning otsustada laiendamine selle tulemuste alusel. Investeeringuid tuleb hinnata piirkondade kaupa, arvestades ühist platvormi, kohalikke seadme- ja liidestustöid ning kogu kasutusaja haldus- ja uuendamiskulusid. Linnaülene areng tähendab ühtsete põhimõtete ja ühendatavate süsteemide kujundamist, mitte kõigi ristmike ühesugust ümberehitamist. Järgmise etapi tulemus peab andma linnale toimiva lahenduse kõrval usaldusväärse aluse otsustada, kus DLJ kasutamine parandab liikuvust ning õigustab sellega kaasnevaid kulusid.

Laienduse suurusjärk arvutusnäitena on kogu võrgu väljaehitusel ligikaudu 14,8 mln eurot ja valitud koridoride ulatusel 2,2 kuni 3,7 mln eurot, millele lisandub hinnastamata nähtavuse kiht; rahastusotsus tehakse piirkonna kaupa. Hankemenetluseks soovitame avatud menetlust, kui linn teeb põhiotsused enne hanke väljakuulutamist, ja muul juhul konkurentsipõhist läbirääkimistega menetlust. Eeluuringu seisuga, kus arhitektuurivariant on otsustamata ning OMNIA välisliidese funktsioonid, hind ja kasutustingimused teadmata, vastab olukord teisele harule. Testalade ristmike kaupa on eeluuringu analüüsi põhjal esitatud olemasolevad seadmed, adaptiivse juhtimise lünk ja potentsiaalselt hangitav tuvastus (kinnitatakse kohavaatlusel); vajadus seisneb peamiselt tuvastuse lisamises ning kontrollerite liidestuses ja seadistuses. Operaatori rolli täitja valib linn enne hanke väljakuulutamist; eeluuring soovitab piloodiks tööajal töötavat Liikuvusameti operaatorit koos hoolduspartneri ööpäevaringse häirete vastuvõtuga.

Sisukord

Lühikokkuvõte ... 3
Mõisted ... 9
Sissejuhatus ... 12
Sissejuhatus ... 13
Uuringu eesmärk ja metoodika ... 13
Mõisteline raamistik ... 14
Tallinna liiklusjuhtimise süsteemide ülevaade ... 15
1 Kokkuvõte Tallinna liiklusjuhtimise hetkeolukorrast ... 16
1.1 Süsteemide kontekst ja põhinäitajad ... 16
1.2 Süsteemiarhitektuur ... 18
1.3 Peamised kitsaskohad ... 20
1.4 Võrdluslinnad ja turuülevaate järeldused ... 21
Tallinna liiklusjuhtimise sihtolukord ... 29
2 Tallinna liiklusjuhtimise sihtolukord ... 30
2.1 Sihtolukorra eesmärk ja muutuse põhjendus ... 30
2.2 Fooriandmete ja juhtimise liidestus: kaks arhitektuurivõimalust ... 30
2.3 Loendus ja liiklejate tuvastus ... 34
2.4 Andmekvaliteet ja juhtimist toetav andmeanalüüs ... 35
2.5 Nõudluspõhine juhtimine ja prioriteedid ... 36
2.6 Operaatori töö ja vastutuse muutus ... 36
2.7 Modelleerimine ja juhtimislahenduste ettevalmistamine ... 38
2.8 Töökindlus, andmete kasutamine ja laiendatavus ... 40
2.9 Peamised muutused olemasolevast olukorrast sihtolukorda ... 40
2.10 Piloodi väljundid ja järgmise etapi otsused ... 41
Dünaamilise liiklusjuhtimise pilootprojekti testpiirkonna valik ... 43
3 Testpiirkonna valik ja põhjendus ... 44
3.1 Hindamisraamistik ... 44
3.2 Ettepanek dünaamilise liiklusjuhtimise testala koosseisu kohta ... 46
3.3 Piloodi vastuvõtt ja liiklusmõju hindamine ... 55
3.4 Testala käivitamise eeldused ja ajastus ... 58
3.5 Piirangud ... 59
Dünaamilise liiklusjuhtimise piloot, rakendamise õiguslik raamistik ning hankestrateegia valik ... 61
4 Piloodi õiguslik raamistik ning innovatsioonihanke strateegia valik ... 62
4.1 Lühikokkuvõte ... 62
4.2 Sissejuhatus ... 62
4.3 Rakendatavus kehtivas õiguslikus raamistikus ... 63
4.4 Vastutus ja kindlustus ... 65
4.5 Andmejagamise õiguslikud alused ... 67
4.6 Andmekaitse (GDPR) ... 68

4.7 Euroopa Liidu tehisintellekti määrus 69
4.8 Automatiseeritud otsustussüsteemid ja masinõpe 71
4.9 Mudelite treenimise andmekaitse 71
4.10 Load ja kooskõlastused 71
4.11 Õigusraamistiku ajakohastamine ja täiendavad standardid 72
4.12 Ohtude juhtimine ja kriisiolukordade protokollid 73
4.13 Õiguslike takistuste koondtabel ja prioriteedid 74
4.14 Õigusliku ja korraldusliku valmisoleku tegevused 75
4.15 Innovatsioonihanke strateegia ja hankemenetluse ettevalmistamine 77
Etapiviisilise rakendamise investeeringud, tegevuskava ning riskid 80
5 Etapiviisiline rakendamine, investeeringud ja riskid 81
5.1 Laienduse eeldused 81
5.2 Kuluarvestuse põhimõtted ja investeeringute hinnang 86
5.3 Riskid ja leevendusmeetmed 92
6 Järeldused ja soovitused 94
6.1 Linna strateegilised sihid ja DLJ projekti roll nende saavutamisel 94
6.2 AS-IS leiud: olemasolev võimekus ja peamised takistused 94
6.3 Võrdluslinnade kogemus ja selle rakendatavus Tallinnas 95
6.4 Põhjendatud sihtolukord ning arendus- ja innovatsioonivajadus 95
6.5 Piloodi tõendusvajadus ning investeeringu ja laiendamise tingimused 96
6.6 Koondjäreldus ja soovitus linnale 97
6.7 Eeluuringu õppetunnid 97
7 Kasutatud allikad ja hinnangute piirid 99
Lisa 1: Riskiregister 104

Tabelid

Tabel 1. Aruandes kasutatud mõisted ja lühendid. 9
Tabel 2. Tallinna liiklusjuhtimise süsteemide põhinäitajad ja allikate ajahetked. 16
Tabel 3. AS-IS peamised kitsaskohad ja nende tähendus järgmisele etapile. 20
Tabel 4. Esmatähtsate kitsaskohtade maandamine ja vajalikud ressursid. 21
Tabel 5. Võrdluslinnade lähtekohad, lahendused ja Tallinna jaoks olulised õppetunnid. 22
Tabel 6. Võrdluslinnade lahenduste funktsionaalne katvus sihtolukorra funktsioonivaldkondade suhtes. ..22
Tabel 7. Tuvastustehnoloogiate ülevaade võrdluslinnade ja Tallinna kogemuse põhjal. 23
Tabel 8. Komponentide esialgne jaotus valmistooteks, kohanduseks ja arenduseks. 25
Tabel 9. Arhitektuurivariantide A ja B toimimine ning eeldused. 30
Tabel 10. Operaatori põhiülesanded ja otsused häirete käsitlemisel. 37
Tabel 11. Peamised muutused hetkeolukorrast sihtolukorda. 41
Tabel 12. Piloodi ettevalmistamise otsused ja vajalikud tõendid. 41
Tabel 13. Testala hindamise kriteeriumid ja kaalude ettepanek. 44
Tabel 14. Kandidaatalade kvalitatiivne hinnang ja rakendamise keerukus. 46
Tabel 15. Pronksi–Liivalaia testala ristmikud ja katseülesanded. 47
Tabel 16. Sadama testala ristmikud ja katseülesanded. 48
Tabel 17. Testalade ristmike taristu, olemasolevad seadmed ja täiendused. 53
Tabel 18. Testalade orienteeruv lisavajadus. 55
Tabel 19. Piloodi eesmärgid, mõõdikud ja andmeallikad. 56
Tabel 20. Tehnilise vastuvõtu ja liiklusmõju hindamise eristus. 56
Tabel 21. Näitajate arvutusreeglite lähtekuju. 57
Tabel 22. Piloodi käivitamise eeldused ja vastutuse korraldus. 58
Tabel 23. Protokollide ja liideste sobivus Tallinna sihtolukorras. 65
Tabel 24. Vastutuse jaotus osapoolte kaupa. 66
Tabel 25. Tehisintellekti määruse nõuete seos DLJ lahendusega. 70
Tabel 26. Piloodi ettevalmistamisel kaasatavad asutused. 72
Tabel 27. Õiguslikud küsimused ja nende lahendamise prioriteedid. 74
Tabel 28. Õigusliku ja korraldusliku valmisoleku tegevused. 75
Tabel 29. Hankemenetluste võrdlus järgmise etapi ettevalmistamiseks. 77
Tabel 30. Hanke ettevalmistamise peamised riskid. 78
Tabel 31. Järgmiste rakendusalade kasutuselevõtu eeldused. 81

Tabel 32. Adaptiivse juhtimise välistamise alused ja asendus. 82
Tabel 33. Laiendusalade võrdlemise kriteeriumid. 82
Tabel 34. Rakendusala sobivust piiravad asjaolud. 82
Tabel 35. Järgmise analüüsi kandidaatkoridorid ja kontrollivajadused. 83
Tabel 36. Etapiviisiline tegevuskava ja kestuste ettepanek. 84
Tabel 37. Tegevuskava tegevuste sõltuvused. 85
Tabel 38. DLJ laienduse kulumudeli soovitatav ülesehitus. 88
Tabel 39. Senise kulubaasi arvutusmudel ja andmete staatus. 89
Tabel 40. Piloodi ühekordse investeeringu arvutusnäide. 90
Tabel 41. Piloodiga lisanduva aastakulu arvutusnäide. 90
Tabel 42. Investeeringu koondhinnang ja hinnastamise tingimused. 91
Tabel 43. Laienduse kulude suurusjärk (arvutusnäide, käibemaksuta). 92
Tabel 44. Riskitasemete tähendus ja käsitlus. 93
Tabel 45. Valik enne hanke väljakuulutamist lahendatavaid riske. 93
Tabel 46. Soovitatavad järgmised sammud ja otsustamise tingimused. 97
Tabel 47. Rakendamise ja laiendamise riskiregister. 104

Joonised

Joonis 1. Tallinna liiklusjuhtimise olemasolevate süsteemide arhitektuur ja andmevood (AS-IS). 19
Joonis 2. Foorikontrollerite, keskhalduse ja ühistranspordi prioriteedi liidestused (AS-IS). 20
Joonis 3. Sihtarhitektuur A: juhtimine OMNIA välisliidese kaudu. 33
Joonis 4. Sihtarhitektuur B: kontrolleri otsejuhtimine. 34
Joonis 5. Linna esialgne Sadama testpiirkonna ettepanek. 45
Joonis 6. Pronksi–Liivalaia testala piiritlus. 47
Joonis 7. Sadama testala piiritlus. 48
Joonis 8. Testala ristmiku tehnilise joonise näide: Narva mnt–Jõe–Pronksi (INT078). 51
Joonis 9. Testala ristmiku tehnilise joonise näide: Põhja pst–Sadama–Kursi (INT021; joonise pealkirjas Mere–Sadama–Põhja pst–Kursi). 52

Mõisted

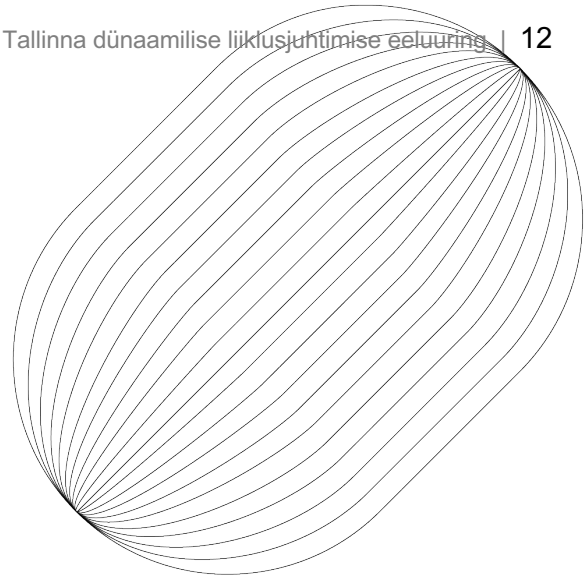
Mõistete ja lühendite selgitused koondab Tabel 1

Tabel 1. Aruandes kasutatud mõisted ja lühendid.

Mõiste	Selgitus
ADAM-võrgurelee	võrguseade, mis edastab zir24.pl keskuse prioriteedikäsu foorikontrolleri I/O-kaardile
Adaptiivne foorijuhtimine	juhtimine, mis kohandab fooride ajastust mõõdetud liiklusolukorra ja kinnitatud eesmärkide järgi
ADEC	ADEC Technologies AG loendusandurite süsteem (TDC3-5 andurid); Tallinna püsiloenduse alus alates 2011. aastast
AID	automaatne liiklussündmuste ja ohuolukordade tuvastamine; vahearuandes kirjeldatud kasutus Ülemiste tunnelites
API	rakendusliides süsteemidevaheliseks masinloetavaks andmevahetuseks
ArcGIS	kaardirakendus; võimalik tulevane andmekuvamise keskkond
AS Signaal TM	seire.tallinn.ee (specialist.signaal.ee) loendusplatvormi tarkvara arendaja; konkreetsete litsentside ja andmete kasutusõigused kontrollitakse lepingu järgi
AS-IS	olemasolev olukord; uuringus kaardistatud süsteemid, ühendused ja töökorraldus
CITIX-3D	Eco-Counteri jalakäijate ja jalgratturite loendusandur; avalik vaade keskkonnas data.eco-counter.com
C-ITS	koostoimelised intelligentsed transpordisüsteemid, mis võimaldavad muu hulgas sõidukite ja taristu vahelist andmevahetust
Digitaalne kaksik	liiklusala digitaalne esitus, mida ajakohastatakse pidevalt või korrapäraselt mõõteandmete ja tegelike juhtimisseadistuste alusel; erineb eelhindamiseks kasutatavast kalibreeritud liiklusmudelist ja on piloodist eraldi edasine arendus
DPIA	andmekaitsealane mõjuhinnang; isikuandmete töötlemise vajalikkuse ja riskide hindamine
Dünaamiline liiklusjuhtimine (lühendina DLJ)	liikluse mõõtmist, juhtimist, seiret ja analüüsi ühendav korraldus, mis kohandab juhtimist tegeliku või prognoositud liiklusolukorra järgi
EC1, ITC2, ITC2b, ITC2.5, ITC3	vahearuandes kirjeldatud kontrolleripõlvkonnad; vajalikud funktsioonid sõltuvad mudelist, püsivarast ja paigaldise seadistusest
Eelhindamine	juhtimisstsenaariumi või fooriprogrammi ettepaneku mõju arvutuslik hindamine kalibreeritud liiklusmudelis modelleerimiskeskkonnas enne selle katsetamist liikluses; pärast rakendamist võrreldakse eelhinnatud ja mõõdetud tulemust samade näitajate alusel; reaalajas juhtimine tugineb anduriandmetele
Eeluuringu koostaja	Civitta AS, käesoleva eeluuringu koostaja Tallinna Liikuvusameti tellimusel
Elukaarekulu	lahenduse soetamise, kasutamise, hoolduse ja üleminekuga seotud kulud kokkulepitud võrdlusperioodil
E-ITS	Eesti infoturbestandard
FLIR CASCADE	Ülemiste autotunneli automaatse intsidendituvastuse süsteem
FLUX	Ülemiste trammitunneli intsidendituvastuse süsteem (ajutiselt demonteeritud)
Foorisüsteemi spetsialist	Liikuvusameti spetsialist, kes kinnitab liikluskorralduslikud parameetrid ja fooriprogrammid; foorisüsteemi teenusejuht kooskõlastab; roll vajab kinnitust
FRIA	põhiõiguste mõjuhinnang tehisintellekti määruse tähenduses
GDPR	isikuandmete kaitse üldmäärus (EL) 2016/679
GIS	geoinfosüsteem ehk asukohaga seotud andmete haldamise ja esitamise süsteem
GoodVision Online	liiklusvaatluste töötlusvahend; andmete kasutamine modelleerimises on vahearuandes kirjeldatud töövoo osa

Mõiste	Selgitus
HD	hankedokumendid; käesolevas aruandes eeluuringu tellimise alusdokumendid, kui ei ole märgitud teisiti
HD2018 / HD2016	infotabloode keskhalduse süsteem
HL	hooldusleping KiirWarreniga (viitenumber 261559)
ITS	intelligentsed transpordisüsteemid
Juhtimisstsenaarium	fooriprogrammi muudatus, näiteks tsüklipikkuse, faaside järjekorra või koordineerimise nihke muutmine; eelhindamine on kohustuslik, kui muudatus mõjutab rohkem kui ühte ristmikku
Kalibreerimine	mudeli parameetrite kohandamine mõõteandmete järgi; mudeli sobivust kontrollitakse seejärel eraldi andmetega
KiirWarren	KiirWarren.KL OÜ; elektrooniliste ja mehaaniliste liikluskorraldusvahendite hoolduspartner (hooldusleping 261559)
Kohalik nõudluspõhine juhtimine	kontrolleri reaktsioon ristmikul tuvastatud nõudlusele seadistatud reeglite piires
Linn	aruandes tähendab „linn“ Tallinna linna kui eeluuringu tellijat ja piloodi hankijat, keda esindab Tallinna Liikuvusamet.
LISA M	Schlothauer & Waueri fooriprogrammide kavandamise tarkvara; edasimüüja Tallinnas KiirWarren
NAP	riiklik juurdepääsupunkt liiklusandmetele (National Access Point)
NTP	kellaaja sünkroniseerimise protokoll, millega hoitakse seadmete kellad kokkulepitud täpsusega ühises ajas
OCIT-O / OCIT-C / OCIT-VD	liiklusjuhtimissüsteemide andmevahetuse spetsifikatsioonid; konkreetse profiili ja funktsiooni sobivus kontrollitakse liidestamisel
OMNIA	SWARCO keskhaldusplatvorm; vahearuandes dokumenteeritud paigaldis; A-variandis kasutatakse seda juhtimiskäskude edastamise ahelas
Omnivue	OMNIA eelkäijaplatvorm ja esimene STCIP-keskhaldus; lülitati lõplikult välja 2026. aasta mais
Opinfo	opinfo.tallinn.ee; tellimuste ja lepingute täitmise andmekogu koos liikluskorraldusvahendite GIS-registriga (arendaja Spintek)
Pakkuja	II etapi hankemenetluses pakkumuse esitaja; tehisintellekti määruse tähenduses pakkuja on tekstis märgitud eraldi
Piloot ja testala	lahenduse piiritletud katsetamine; testala ehk pilootala on selleks valitud liikluspiirkond
PPA	Politsei- ja Piirivalveamet
Protsentiil	jaotuse väärtuspiir; näiteks ooteaja 95. protsentiil tähendab aega, millest 95% mõõdetud ooteaegadest on lühemad või sellega võrdsed
PTV Vissim	liiklussimulatsiooni tarkvara ristmike, koridoride ja liiklejate vastastikuse mõju üksikasjalikuks analüüsiks
PTV Visum	transpordivõrgu ja liiklusnõudluse modelleerimise tarkvara; selles loodi Tallinna mudel 2021. aastal
püsiloenduspunkt	alalise loendusseadmega varustatud loenduskoht
RHS	riigihangete seadus
Ridango	ühistranspordi pardaarvutiplatvorm, mis edastab sõiduki GPS-asukoha prioriteedikeskusele
ristmikud.tallinn.ee	liikluskaamerate ja teeilmajaamade andmete platvorm (omanik Liikuvusamet, arendaja Vaikosta OÜ, hooldus hoolduspartner; server Tallinna Linnavalitsuse virtuaalserveril)
RSMP	liiklusjuhtimisseadmete andmevahetuse avatud spetsifikatsioon; kasutatavus sõltub seadme toetatud versioonist ja funktsioonidest
SBOM	tarkvarakomponentide loetelu koos versioonide ja litsentsiteabega (Software Bill of Materials)
seire.tallinn.ee / specialist.signaal.ee	loendusandmete platvorm (omanik Liikuvusamet, arendaja AS Signaal TM, hooldus hoolduspartner); avalik vaade 15-minutiliste koondandmetena

Mõiste	Selgitus
STCIP	SWARCO eraprotokoll foorikontrolleri ja keskhalduse suhtluseks (SWARCO Traffic Controller Interface Protocol); SNMP-põhine
STCIP adapter	OMNIA serveril Windowsi teenusena töötav vahenduskomponent vanemate kontrollerite ühendamiseks keskhaldusega; vajadus sõltub kontrolleri mudelist ja versioonist
Teostaja	II etapi hankelepingu sõlminud ja pilooti ellu viiv ettevõtja (hankemenetluses pakkuja)
zir24.pl	ühistranspordi keskse prioriteedi suunamiskeskus (Poola tarnija)
The Dude	MikroTik võrguseire tarkvara; jälgib IP-seadmete kättesaadavust
Thoreb	Thoreb AB ühistranspordi prioriteedisüsteemi seadmed (eelandurid, positsioneerimine)
TO-BE	sihtolukord; eeluuringus kirjeldatud tulevane süsteemide arhitektuur ja töökorraldus
UTOPIA/SPOT	adaptiivse foorijuhtimise lahendus, mille kasutamist Reidi teel on kirjeldatud vahearuandes
Viiteaeg	aeg sisendi või käsu edastamisest selle vastuvõtmise või rakendumiseni; lubatud suurim viiteaeg määratakse funktsiooni ja mõõtepunktide järgi
VSL / VMS	muutuva kiiruspiirangu märk (VSL) / muutteabega liiklusmärk (VMS)
ÜT	ühistransport



Sissejuhatus

civitta

Sissejuhatus

Käesolev lõpparuanne koondab Tallinna dünaamilise liiklusjuhtimise eeluuringu tulemused ning annab aluse projekti järgmise etapi hanke ja piloodi ettevalmistamiseks.

Eeluuring on osa laiemast projektist „Dünaamiline liiklusjuhtimine Tallinnas", mis koosneb kolmest etapist: eeluuring (I etapp), fooride masinloetavaks muutmine ja dünaamilise liiklusjuhtimise teenuste arendamine innovatsioonihanke kaudu (II etapp) ning kriisiaegse liikluskorralduse analüüs (III etapp). Eeluuring loob tehnilise, korraldusliku ja õigusliku aluse II etapi kavandamiseks; III etapp on eraldiseisev projekt.

Aruanne seob olemasoleva olukorra kaardistuse, võrdluslinnade kogemuse ja turuülevaate sihtolukorra, testalade, hankestrateegia, tegevuskava ning kuluarvestusega. Avalik aruanne selgitab valikute põhjendusi ja otsustamise eeldusi; üksikasjalikud tehnilised nõuded on esitatud Lisas 2.

Uuringu eesmärk ja metoodika

Eesmärk ja ulatus

Uuringu eesmärk on määratleda Tallinna vajadustele vastav dünaamilise liiklusjuhtimise sihtolukord ja põhjendatud tee selle katsetamiseks. Selleks analüüsiti olemasolevat võimekust ja takistusi, võrreldi lahendusvõimalusi ning kirjeldati arendamise ja kasutuselevõtu eeldusi.

Dünaamiline liiklusjuhtimine kasutab mõõdetud ja vajaduse korral prognoositud liiklusolukorda juhtimisotsuste kohandamiseks. Käesoleva piloodi keskmes on adaptiivne foorijuhtimine koos seda toetavate andme-, analüüsi- ja operaatorifunktsioonidega. Eeluuringu tulemus on lahenduse hankimise ja katsetamise alus, mitte juba rakendatud süsteem või tõendatud liiklusmõju.

Analüüsi läbiviimine ja metoodika

Analüüs hõlmas nelja omavahel seotud valdkonda:

1. Protsessid ja töökorraldus. Vaadeldi operaatori, Liikuvusameti ja hoolduspartneri ülesandeid ning fooriprogrammide muutmise ja häirete lahendamise korda.
2. Süsteemid ja liidestused. Kaardistati süsteemide ülesanded, omavahelised ühendused ning kasutatavad liidesed ja protokollid. Eraldi vaadeldi keskhaldust, kontrollereid, loendust, ühistranspordi prioriteeti ning modelleerimist.
3. Andmekvaliteet ja aja sünkroonimine. Hinnati andmete täpsust, katvust ja säilitamist, teadaolevaid vigu ja katkestusi ning seadmete kellade kooskõla.
4. Kitsaskohad ja nende lahendamine. Takistused seoti mõjuga liiklusjuhtimisele ja võimalike lahendustega. Vahearuandes kasutatud prioriteediklassid P1–P4 kirjeldavad kitsaskohtade lahendamise järjekorda; need ei asenda sihtolukorra nõuete kohustuslikkuse ja piloodi mahu määratlust.

Analüüsitasandid täiendavad üksteist. Näiteks võib juhtimisinfo puudumine olla seotud liidese piirangu, andmevoo katkestuse või töökorraldusega. Põhjuse eristamine võimaldab otsustada, kas vaja on hooldust, seadistamist, liidestamist või uut arendust.

AS-IS analüüs tugineb Liikuvusameti ja teenuseosutajate intervjuudele, kättesaadavate süsteemiandmete ja logide analüüsile, seadmete ning liideste dokumentatsioonile ja hooldusmaterjalidele. Võrdluslinnade kogemus ning turu- ja tehnoloogiaülevaade annavad konteksti lahendusvõimaluste hindamiseks. Allikate katvus ja ajakohasus on erinevad: kaardistatud olukorda ei käsitleta kõigi seadmete pideva töökorrasoleku tõendina. Üksikasjalik metoodika ja leiud on esitatud juunis 2026 linnale üle antud vahearuandes [2].

Analüüsi käigus seoti süsteemid ja andmevood arhitektuurivaateks, võrreldi andmete kasutatavust juhtimisülesannetega ning järjestati kitsaskohad nende mõju järgi. Sihtolukorra puhul hinnati nõutavat tulemust, tehnilisi alternatiive, vastuvõtu tõendeid ja rakendamise eeldusi. Aruanne eristab allikates kirjeldatud fakti, analüütilist järeldust ja järgmise etapi ettepanekut.

Mõisteline raamistik

Fikseeritud foorijuhtimine kasutab ette määratud ajastusi ja programmivahetusi. Kohalik nõudluspõhine juhtimine reageerib näiteks anduri signaalile või jalakäija nupuvajutusele kontrollerisse seadistatud reeglite järgi. Need juhtimisviisid võivad samas võrgus ja isegi samal ristmikul eri aegadel koos esineda.

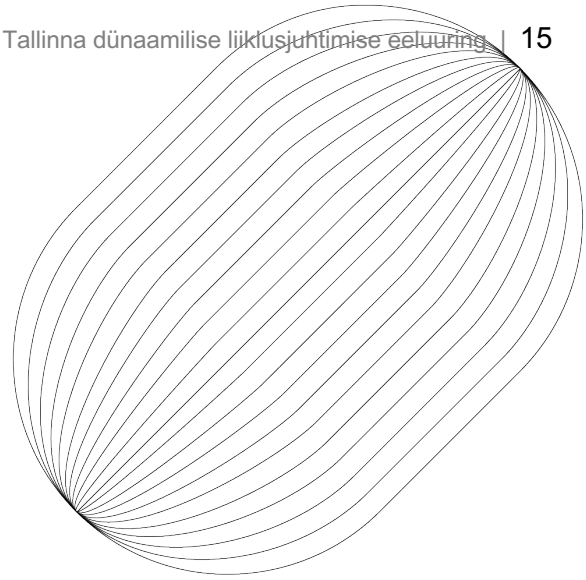
Adaptiivne foorijuhtimine kohandab ajastust liiklusolukorra muutumise järgi. Sõltuvalt lahendusest muudetakse rohelise aja jaotust, tsükli pikkust, ristmikevahelisi ajalisi nihkeid või lubatud faasijärjestust. Liikluse mõõtmine, juhtimiseesmärk ja ohutuspiirid määravad kohandamise võimalused [5].

Selles uuringus tähendab dünaamiline liiklusjuhtimine adaptiivsest foorijuhtimisest laiemat tervikut: liikluse mõõtmist, juhtimist, seiret, analüüsi ning operaatori ja liikleja teavitamist. Võimalik edasine areng võib hõlmata ka muutteabega liiklusmärke ja muid liikluskorralduse vahendeid; nende täielik kasutuselevõtt ei kuulu automaatselt kavandatud foorijuhtimise pilooti.

Eristada tuleb ka seiret, kaugjuhtimist ja adaptiivset juhtimist. Oleku nägemine keskuses ei tähenda veel võimalust juhtida kõiki funktsioone masinliidese kaudu; käsu edastamise võime ei tõenda omakorda liiklusolukorrale sobivat automaatset otsustamist.

Sihtolukorra kirjelduses seotakse need võimekused nelja liikluseesmärgiga. Arhitektuurivalik määrab juhtimiskäsu tee, kuid ei otsusta iseenesest algoritmi, rakendusala suurust ega kõigi olemasolevate seadmete sobivust.

Vahearuandes on kirjeldatud ka Tallinnas kasutatud adaptiivseid lahendusi. Nende kogemus on arenduse lähteinfo; konkreetse ristmiku tulemust ei saa üldistada kogu linna või kõigi adaptiivse juhtimise tehnoloogiate kohta [2].



Tallinna liiklusjuhtimise süsteemide ülevaade

civitta

1 Kokkuvõte Tallinna liiklusjuhtimise hetkeolukorrast

1.1 Süsteemide kontekst ja põhinäitajad

Tallinna foorijuhtimise lähtebaasi moodustavad kontrollerid ja OMNIA keskhaldus. Kontroller täidab kohalikku programmi ning selle ohutusloogika ei sõltu keskse optimeerija tööst. Muutteabega märkide, loenduse ja muude seadmete haldus toimub vastavate süsteemide kaudu. Hooldustpartner täidab lepingus määratud seire-, hooldus- ja rikkekõrvalduse ülesandeid [2].

Vahearuanne eristab foorivõrku ja keskhaldust, loendus- ja seiresüsteeme, liikluskaameraid, muutteabega liikluskorraldusvahendeid ning ühistranspordi prioriteediahelaid. Lisaks on kirjeldatud tunnelite intsidendituvastust, teeilmajaamu ning jalakäijate ja jalgratturite loendureid. Kõigi nende olemasolu ei tähenda, et nende andmed oleksid juba ühtse juhtimisahelaga ühendatud [2].

Modelleerimiseks ja planeerimiseks kasutab Tallinna Liikuvusamet PTV Visumi, PTV Vissimi ning fooriprogrammide kavandamiseks Schlothauer & Waueri LISA M-i. Vahearuande koostamise ajal töötasid need keskkonnad OMNIA-st ja loendussüsteemidest eraldi ning andmeid kanti nende vahel üle käsitsi.

Tabel 2 esitab võrgu põhinäitajad koos allikate ja nende kuupäevadega. Kogused kirjeldavad eri ajahetki ja arvestusühikuid: ristmik, fooriobjekt, kontroller ja andur ei ole samatähenduslikud. Piloodi hinnastamisel tuleb kasutada valitud ala nimelist seadmete ja tööde loetelu. Ülelinnalise võrgu suurusjärk on vajalik laiendusvõime hindamiseks, kuid ei tähenda kogu võrgu adaptiivse juhtimise tellimust.

Tabel 2. Tallinna liiklusjuhtimise süsteemide põhinäitajad ja allikate ajahetked.

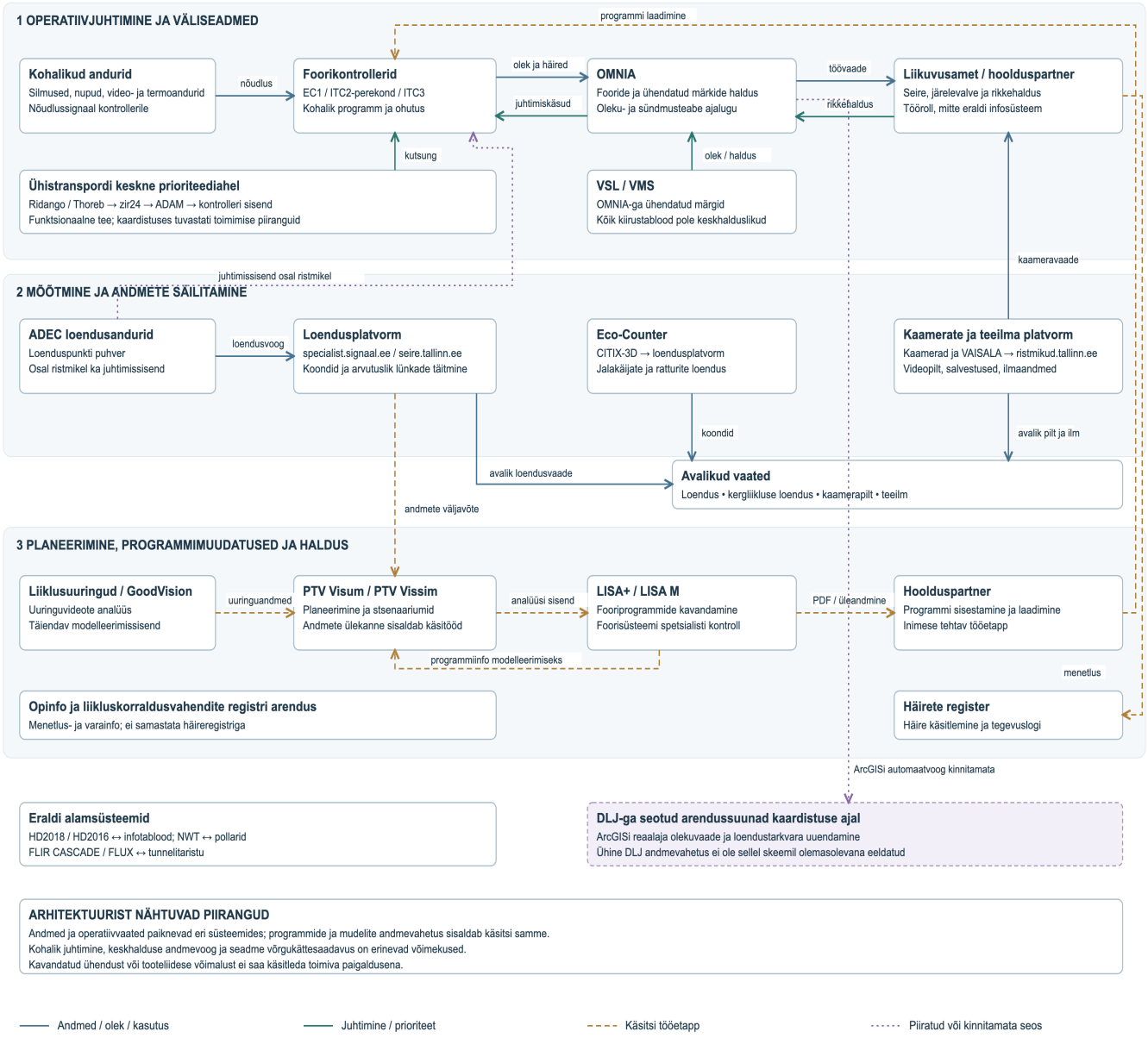
Süsteem / komponent	Näitaja	Kogus / kirjeldus	Allikas
Foorikontrollerid	SWARCO kontrollerite arv	299	HD p. 1.3 (06.10.2025)
Foorivõrk	Fooriristmike arv	414	HD p. 1.3 (06.10.2025)
Foorivõrk	Foorikontrolleri ühendatus OMNIA-ga	Keskusega ühendatud 31.12.2019; 100% OMNIA-s 16.10.2024	HD p. 1.3; AS-IS kaardistus (aprill 2026)
Foorivõrk	Hooldatavate fooriobjektide arv	403	HL Lisa 1, rida 14
Foorivõrk	Kõrgendatud valmisolekuga fooriobjektid	48 (nimekiri HL Lisa 3)	HL Lisa 1, rida 15
Fooriprogrammid	Juhtimisrežiim	Kalendripõhine, tsükliline koordineeritud, fikseeritud tsükliga; aktiveeritavad ristmikud nõudluse korral	HD p. 1.3
Fooriprogrammid	Tavaline tsüklipikkus	72 ja 90 s	HD p. 1.3
Adaptiivne juhtimine	Hankedokumendis nimetatud kasutuskohad	Reidi tee (UTOPIA) ja Kopli–Sitsi–Tööstuse (Smart Intersection); nimetatud kohtade arv ei tähenda lahenduse kõigi ristmike arvu.	HD p. 1.3
Ühistranspordi prioriteet	Prioriseerivate ristmike arv	45	HD p. 1.3 (06.10.2025)
Ühistranspordi prioriteet	Kasutatav riistvara	Thoreb AB seadmed; jaguneb lokaalseks (andur → foorikontroller) ja keskseks (zir24.pl)	HD p. 1.3; AS-IS kaardistus (aprill 2026)
Keskhaldus	Platvorm ja versioon	SWARCO OMNIA v 4.4.8	AS-IS kaardistus (aprill 2026)

Süsteem / komponent	Näitaja	Kogus / kirjeldus	Allikas
Keskhaldus	Varasem platvorm	SWARCO Omnivue v 1.11.04.134 (välja lülitatud mai 2026)	HL Lisa 1, rida 2; AS-IS kaardistus (mai 2026)
Keskhaldus	Andmete säilitusaeg	Vahearuandes kirjeldatud ajaloo ulatus ligikaudu 2–3 kuud; kättesaadavus ja terviklikkus vajavad eraldi kontrolli.	AS-IS kaardistus (aprill 2026)
Muutteabega seadmed	Muutuva kiiruspiirangu märgi ja muutteabega liiklusmärgi (VSL / VMS) komplekte	66	HL Lisa 1, rida 16
Muutteabega seadmed	Infotablood	55	HL Lisa 1, rida 17
Muutteabega seadmed	Kiirustablood	27 (asukohad HL Lisa 4)	AS-IS kaardistus (aprill 2026); HL Lisa 4 (asukohad)
Loendussüsteem	Seirepunktide arv	48 (püsiloenduspunktid)	HD p. 1.3
Loendussüsteem	Loendusandurite arv	426 (ADEC TDC3-5)	HD p. 1.3
Loendussüsteem	Hooldatavate andurite arv (lepingus)	440	HL Lisa 1, rida 11
Loendussüsteem	Keskkond	seire.tallinn.ee (omanik Liikuvusamet, arendaja AS Signaal TM, hooldus hoolduspartner)	HL Lisa 1, rida 9
Liikluskaamerad	Kaamerate arv (seis 13.10.2025)	235 liikluskaamerat (hankedokument, seis 13.10.2025); 250 koos P&R ja pollaritega; 251 aktiivset liikluskaamerat (AS-IS kaardistus, aprill 2026); koguarv erineb allikati	HD p. 1.3; vahearuanne
Liikluskaamerad	Hooldatavate kaamerate arv (lepingus)	208	HL Lisa 1, rida 13
Liikluskaamerad	Keskkond	ristmikud.tallinn.ee (omanik Liikuvusamet, arendaja Vaikosta OÜ, hooldus hoolduspartner)	HL Lisa 1, rida 12
Teeilmajaamad	VAISALA DST111 (väikesed)	12; andmed liiguvad ristmikud.tallinn.ee platvormile, avaliku väljundi ja liidese (API) ulatus vajab kinnitust	HL Lisa 1, rida 18
Teeilmajaamad	Reidi tee VAISALA (suur)	1; andmed liiguvad ristmikud.tallinn.ee ja tarktee.ee keskkonda	HL Lisa 1, rida 19
Kergliiklus	CITIX-3D SENSOR andurite arv	7 (avalik väljund data.eco-counter.com)	HL Lisa 1, rida 22
Tunnelitaristu	Ülemiste autotunneli AID (FLIR CASCADE)	FLIR CASCADE 4.6.0-b180	HD p. 1.3; AS-IS kaardistus (aprill 2026)
Tunnelitaristu	Ülemiste trammitunneli AID (FLUX)	Flux (versioon teadmata, ajutiselt demonteeritud)	HD p. 1.3; AS-IS kaardistus (aprill 2026)
Modelleerimine	Makromodelleerimise tarkvara	PTV Visum	HD p. 1.3
Modelleerimine	Mikromodelleerimise tarkvara	PTV Vissim	HD p. 1.3

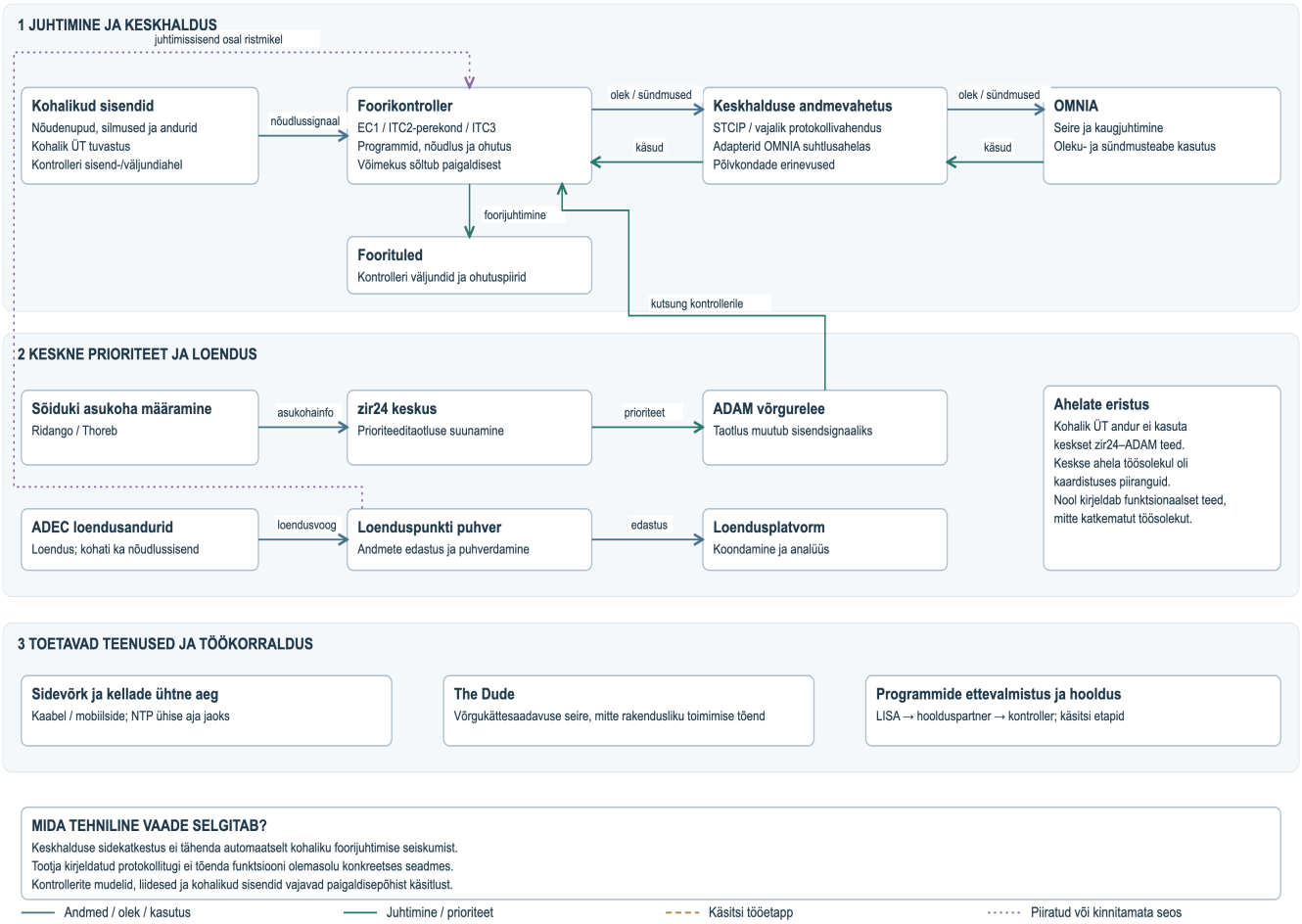
Süsteem / komponent	Näitaja	Kogus / kirjeldus	Allikas
Modelleerimine	Fooriprogrammide kavandamise tarkvara	Schlothauer & Wauer LISA M	HD p. 1.3
Teeregistri GIS	Tarkvara	Bentley Map PowerView V8i (Liikluskorraldusvahendite programm); tootja OÜ Pente Tarkvara	HL Lisa 1, rida 4

1.2 Süsteemiarhitektuur

Olemasolevate süsteemide üldvaade (Joonis 1) seob operatiivjuhtimise, mõõtmise ja planeerimise. Kontrollerite detailvaade (Joonis 2) avab keskhalduse ja ühistranspordi prioriteedi ühendused. Vaated lähtuvad linnale juunis 2026 esitatud materjalidest. Noole värv ja joone tüüp eristavad andmevahetust, juhtimist, käsitsi tegevusi ning piiratud või kinnitamata seoseid. Võrgu- ja ligipääsuandmed on avalikust esitusest eemaldatud [2, 3].



Joonis 1. Tallinna liiklusjuhtimise olemasolevate süsteemide arhitektuur ja andmevood (AS-IS).



Joonis 2. Foorikontrollerite, keskhalduse ja ühistranspordi prioriteedi liidestused (AS-IS).

Joonised kirjeldavad kaardistatud süsteeme ja nende seoseid. Kontrolleri kohalik nõudluspõhine juhtimine ning keskhalduse andmevahetus on eraldi funktsioonid; samuti tuleb eraldi hinnata kohalikku ja keskset ühistranspordi prioriteediahelat. Sihtolukorra kavandamisel tuleb täpsustada joonistel kinnitamata ühendused ning vähendada käsitsi andmeülekandeid modelleerimisse ja programmihaldusse.

1.3 Peamised kitsaskohad

Peamised kitsaskohad puudutavad olemasolevate süsteemide ühendamist ja juhtimiseks sobiva info kättesaadavust. Vahearuande leiud on koondatud nende mõju ja vajaliku tegevuse järgi. Tegevuste ulatus määratakse piloodi funktsioonide ja ristmike alusel [2].

Peamised tähelepanekud ja nende tähenduse koondab Tabel 3.

Tabel 3. AS-IS peamised kitsaskohad ja nende tähendus järgmisele etapile.

Leid	Mõju juhtimisele	Vajalik tegevus
Tootja pakub kolmanda osapoole lahendustele tasulist välisliidest (API); selle funktsioonid, lubatud käsud, jõudlus ja hind selguvad tarnija kirjalikust kinnitusest ja liidese tõendustestist. Kontrollerite ühendusvõimalused erinevad põlvkonniti.	Värske oleku lugemine ja juhtimiskäskude jälgitav rakendamine pole tagatud ühtse ahelana.	Võrrelda OMNIA kaudu ja/või otse juhtimise võimalust; kontrollida funktsioone, õigusi ja ajakulu mudeli ning püsivara kaupa ning küsida tarnijalt välisliidese funktsioonide ja hinna kirjalik kinnitus.

Leid	Mõju juhtimisele	Vajalik tegevus
Loendus ja kohalik tuvastus täidavad eri ülesandeid; andmekatvus on ebaühtlane.	Statistiline koond ei pruugi anda faasijuhtimiseks vajalikku kohalolu-, järjekorra- või väljavooluinfot.	Siduda kasutatavad allikad juhtimisvajadusega ning täiendada ainult puuduvat või ebapiisavat tuvastust.
Puuduvad ja arvutuslikult täidetud andmed pole alati mõõdetud andmetest eristatavad.	Otsus või mõju hinnang võib tugineda ekslikult mõõtmisena käsitletud väärtusele.	Kehtestada andmete päritolu ja kvaliteedi märgistus, värskuse kontroll ning anduriseire.
Keskse ühistranspordi prioriteediahela toimimises kirjeldati puudusi. Kohalik kutsungitee on eraldi.	Taotlus ei pruugi jõuda juhtimisse või prioriteedi mõju pole tervikahelas jälgitav.	Kontrollida kohalikku ja keskset teed, vältida topelttaotlusi ning kinnitada prioriteetide rakendamise põhimõtted.
Modelleerimise, programmihalduse ja seire vahel on käsitsi andmeülekandeid.	Puudulikud lähteandmed vähendavad juhtimisalternatiivide mõju hindamise usaldusväärsust ning käsitsi andmeülekanded suurendavad ettevalmistuse ajakulu ja vigade riski. Raskendatud on ka mudelis kasutatud ja tegelikult rakendamisse läinud seadistuste võrdlemine.	Luua masinloetav andmevahetus ja versioonihaldus ning määrata mudeli ajakohastamise, seadistuste kontrollimise ja kinnitamise vastutus.
Andmevoo katkemine, kellade erinevus ja liidesetõrge võivad jääda eristamata.	Koordineerimine ja vea põhjuse leidmine muutuvad ebausaldusväärseks.	Seirata tervet juhtimisahelat, sünkroonida aeg ning katsetada kinnitatud varurežiime.

Vahearuande viie nädala valimi tabeli järgi oli üheksas seirepunktis kokku 2 476 vigast 15-minutilist intervalli, millest 2 013 (ligikaudu 81%) oli Narva mnt–Jõe–Pronksi seirepunktis, kus probleem oli seotud trammiteele jäänud anduriga.

Vahearuande järgi tuleb enne testala käivitamist lahendada neli esmatähtsat kitsaskohta. Nende maandamise, vastutajad, vajaliku ressursi liigi ja ajastuse koondab järgmine tabel.

Tabel 4. Esmatähtsate kitsaskohtade maandamine ja vajalikud ressursid.

Kitsaskoht	Maandamismeede	Vastutaja	Ressursi liik	Ajastus
OMNIA välisliidese funktsioonid, õigused ja hind	A-variandis tarnija kirjalik kinnitus välisliidese funktsioonide, õiguste, jõudluse ja hinna kohta ning liidese tõendustest; B-variandis kontrolleri avatud protokolli või adapteri sobivuse tõendamine	Linn; tehniline kinnitus tarnijalt ja hooldustpartnerilt	Litsents ja kontrolleripõhised liidestuslitsentsid; liidese tõendustest	Enne hanke väljakuulutamist
Ühistranspordi keskne prioriteediahel	Kohaliku ja keskse kutsungitee kontroll ning prioriteetide rakendamise põhimõtete kinnitamine	Linn (põhimõtted); teostaja (tõendamine)	Linna otsus; prioriteediseadmete korrastus	Enne testala käivitamist
STCIP adapteri töökindlus	Adapteri töökindluse tõstmine või kontrolleri asendus põlvkondade kaupa; katsed	Hooldustpartner koos tarnijaga	Tehnilised tööd ja katsed	Enne testala käivitamist
Andmekvalitee di automaatne seire	Anduriseire ning mõõdetud ja taastatud kirjete märgistus	Teostaja; linn kinnitab andmekasutuse	Tarkvara ja seire seadistus	Enne testala käivitamist

Töömaht ja kulu on iga kitsaskoha juures selgitamisel, sest need sõltuvad tarnija litsentsitingimustest, hinnapäringust ja nimelisest objektikoosseisust.

1.4 Võrdluslinnad ja turuülevaate järeldused

Vahearuandes võrreldi Helsingi, Vilniuse ja Kopenhaageni liiklusjuhtimist, tehnilisi lahendusi ja hankimise kogemust. Võrdlus kirjeldab uuringu käigus kogutud teavet ning aitab eristada Tallinna jaoks rakendatavaid

põhimõtteid kohalikest eripäradest. Teiste linnade mõju- ja kulunäitajaid ei käsitleta Tallinna tulemuse prognoosina [2].

Peamised tähelepanekud ja nende tähenduse koondab Tabel 5.

Tabel 5. Võrdluslinnade lähtekohad, lahendused ja Tallinna jaoks olulised õppetunnid.

Linn	Vahearuandes kirjeldatud kogemus, kulud ja ajakava	Tähendus Tallinnale
Helsingi	Tallinnaga sarnase tooteperekonna kasutamine; olemasoleva süsteemi edasiarendamine ja adaptiivsete funktsioonide katsetamine. Nõuete tõlgendamine ja lisatööd mõjutasid juurutamist. Areng on järkjärguline	Olemasoleva keskhalduse kasutamine on arvestatav võimalus, kuid tellitavad funktsioonid, õigused ja kontroll tuleb täpselt kirjeldada.
Vilnius	Cross eDaptiva kasutuselevõtt koos varasema keskhalduse järkjärgulise asendamisega. Eri tootjate kontrollerite ühendamisel kasutatakse OCIT-i; adaptiivsete funktsioonide laiendamine sõltub ka seadmete uuendamisest. Kontrollerite raamleping hõlmab 210 kontrollerit 60 kuu jooksul; kuuekuuline juurutusaeg ligikaudu 300 ristmiku ühendamiseks osutus liiga lühikeseks.	Avatud spetsifikatsioon ei taga kõigi funktsioonide automaatset ühilduvust. Vajalikud on seadmekohased katsed, üleminekuplaan ja realistlik ajakava.
Kopenhaagen	Liiklejagruppide teeninduse eesmärgid, mõõdikud ja RSMP-põhised liidesed. Andurite töökindlus ning tegelik tarnijavalik mõjutavad lahenduse tulemuslikkust. Investeering oli 2016. aastal ligikaudu 6,2 mln €, hooldushanked ligikaudu 10,8 mln € (2021) ja 7,4 mln € (2026) ning kontrollerite tarne ligikaudu 11,7 mln € (2022).	Mõõta tuleb eri liiklejagruppide mõju ja sisendandmete kvaliteeti. Standardi nimetamise kõrval tuleb hinnata pakkujate tegelikku suutlikkust.

Turuülevaate põhjal on olemas keskhalduse, adaptiivse foorijuhtimise, loenduse, ühistranspordi prioriteedi ja modelleerimise tooteid. Tallinna arendusvajadus seisneb nende sobivas ühendamises, puuduvate funktsioonide lisamises ning mõju ja käituskulu kontrollimises. Tootja üldine funktsioonikirjeldus ei tõenda funktsiooni olemasolu Tallinnas paigaldatud seadmetes.

Võrdluslinnade lahenduste funktsionaalset katvust sihtolukorra funktsioonivaldkondade suhtes esitab järgmine tabel vahearuandes kirjeldatud teabe põhjal. Märge „selgitamisel" tähendab, et funktsiooni olemasolu kinnitatakse turukonsultatsioonis.

Tabel 6. Võrdluslinnade lahenduste funktsionaalne katvus sihtolukorra funktsioonivaldkondade suhtes.

Funktsioonivaldkond	Helsingi	Vilnius	Kopenhaagen
Nõudluspõhine juhtimine	Adaptiivne element igal ristmikul	Adaptiivne koordineeritud juhtimine ühes koridoris; programm arvutatakse igal tsüklil	Nõudluspõhine juhtimine ligikaudu 180 ristmikul, täielik võimekus ligikaudu 20 kontrolleril
Koridori koordineerimine	Täisadaptiivne koridorijuhtimine on pilootfaasis	Ühes koridoris	Rohelised lained arvutatakse fooriprogrammide kavandamise tarkvaraga; programm laaditakse käsitsi
Ühistranspordi prioriteet	Laialdaselt kasutusel; graafikust hilinemise arvestamine on arenduses	Prioriteedimoodul koos ühistranspordi asukohaandmetega; hilinenud bussid on eelistatud	Automaatne 6 kuni 12 sekundi lisaroheline sõiduplaanist sõltumata
Operatiivsõidukite prioriteet	Riiklik asukohapõhine lahendus; laiendus on kavandatud	Selgitamisel	Selgitamisel

Funktsioonivaldkond	Helsingi	Vilnius	Kopenhaagen
Kinnisõit ja anomaaliad	Sõidukite liikumisandmetel põhinev anomaaliate tuvastus on arenduses	Selgitamisel	Sündmuste ajal kasutatakse Bluetooth- ja WiFi-andureid
Operaatori töölaud	Trammijuhtidele fooriinfo süsteem on kavandatud	Kaardipõhine seire ja teenindustase A kuni F	Selgitamisel
Andmeplatvorm ja avaandmed	Tsentraalne andmebaas on ehitamisel; andmed avaldatakse masinloetavalt ELi nõuete järgi	Andmeladu ja kaardirakendus, SOAP-põhine liides	Avatud linnaandmete platvorm
Analüütika ja masinõpe	Juhtimine on reeglipõhine	Prognoosimoodul ajalooliste andmetega	Andmetaristu rajatakse enne tehisintellekti kasutamist
Modelleerimise integratsioon	Selgitamisel	Eksport mikrosimulatsiooni tarkvarasse on nõutud	Rohelise laine arvutus fooriprogrammide kavandamise tarkvaraga
Ühilduvus keskhaldusplatvormi ja SWARCO kontrolleritega	Kasutab sama keskhaldusplatvormi; tellitavad funktsioonid ja õigused tuli täpselt kirjeldada	Kontrollerid ühendatakse OCIT-liidese kaudu; tootjate teostused erinevad ja vajavad tarnijate koostööd	RSMP-liides; tegelik tarnijavalik on väike

Ühilduvus Tallinna keskhaldusplatvormi ning EC1, ITC2, ITC2b, ITC2.5 ja ITC3 kontrolleritega kinnitatakse seadme, püsivara ja funktsiooni tasemel tootja kinnituse ja katsega.

Andurite valikul tuleb lähtuda mõõteülesandest. Sõidukite kohalolu, pöördeliikumiste, jalakäijate ja jalgratturite ning väljasõidu vaba ruumi tuvastus ei pruugi olla lahendatav ühe seadmetüübiga. Olemasolevate induktiivsilmuste, radarite ning video- ja termotuvastuse sobivust hinnatakse asukoha, keeruliste keskkonnatingimuste, mõõtetäpsuse, hoolduse ja andmekaitse järgi. Juhtimiseks vajalikku andmekatvust ei saa asendada üksnes uue keskplatvormi soetamisega.

Tuvastustehnoloogiate ülevaate võrdluslinnade, Tallinna paigaldiste ja sõltumatute välikatsete põhjal esitab järgmine tabel. USA osariikide transpordiametite välikatsetes (Idaho 2016, Minnesota 2024) sõltus parim tuvastussüsteem ilmaoludest [29, 30] ning Illinoisi katses andsid kaks radartoodet lume ajal väga erineva tulemuse [32]; seetõttu tõendatakse valitud toote sobivus Tallinna ristmikul testala kontroll-loendusega.

Tabel 7. Tuvastustehnoloogiate ülevaade võrdluslinnade ja Tallinna kogemuse põhjal.

Tehnoloogia	Mõõdetav suurus	Kogemus võrdluslinnades ja Tallinnas	Sobivus Tallinna sihtolukorras
Induktiivsilmus	Sõidukite kohalolu ja nõudlus	Tallinnas nõudluse tuvastuse alus; Kopenhaagen asendab silmuseid teekattetööde tõttu järk-järgult kaameratega	Sobib nõudluse tuvastuseks ja töötab valgusest ning nähtavusest sõltumatult; niiskus teekattes ja halvasti tihendatud lõikesoon võivad tundlikkust vähendada [31]. Peamine risk on rike: testala kontrollerite logis moodustasid anduri rikked 67,5% veasündmustest ja Kopenhaagenis oli teetööde tõttu katki ligikaudu pool umbes 200 silmusest. USA föderaalse maanteeameti juhendi järgi võib rikkis anduri asendamine püsikutsungiga suurendada ristmiku viivitust 50% või rohkem [31]

Tehnoloogia	Mõõdetav suurus	Kogemus võrdluslinnades ja Tallinnas	Sobivus Tallinna sihtolukorras
Radari, ultraheli ja infrapuna andur	Loendus, kohalolu ja kiirus	Tallinna püsiloenduse andurid kasutavad tootja andmelehe järgi seda tehnoloogiat	Sobib kohalolu, loenduse ja kiiruse mõõtmiseks ning töötab valgusest sõltumatult; Tallinnas kasutatakse sellise tööpõhimõttega loendusandureid juhtimise sisendina Haabersti ja Reidi tee ristmikel. Illinoisi välikatses (2013) olid lume ajal ühe radartoote stoppjoone tuvastusalas üle 40% kutsungitest valekutsungid, teisel tootel 4 kuni 8% (tavaoludes 1,65 kuni ligikaudu 4%) [32]; seega sõltub täpsus lume ajal tootest ja seadistusest ning tõendatakse Tallinna kontroll-loendusega
Videoanalüütikaga kaamera	Liiklejagrupid, järjekord ja väljasõidu vaba ruum	Testalade ristmike tehniliste jooniste ja hooldupartneri teabe järgi on videoandurid neljal ristmikul: vasakpöördel Narva mnt–Jõe–Pronksi ja Pronksi–Kunderi ristmikul, bussi eelisläbipääsul Liivalaia–Juhkentali ristmikul ning sõidukite tuvastusel Põhja pst–Sadama–Kursi ristmikul. Eraldi rajal sõitva ühistranspordi kohalik kutsung tuleb enamasti videoandurilt. Kaamerapõhist loendust on katsetatud üksikutel ristmikel. Andurite seisukord ja kasutus juhtimises kontrollitakse kohavaatlusel enne hanke väljakuulutamist	Sobib kinnisõidu ja liiklejagruppide tuvastuseks, sealhulgas järjekorra ja väljasõidu vaba ruumi mõõtmiseks. Välikatsetes vähendasid täpsust pimedus, esitulede ja päikese peegeldus ning lumi, jää ja mustus objektiivil; leevendused on soojendusega objektiiv, päikesevari, kaamera suunamine horisondist allapoole ja kaugseire [30]. Kaamerapildi kasutamine eeldab andmekaitse hinnangut ning tuvastuse katkemisel teenindab kontroller suunda varuprogrammi järgi
Termokaamera	Jalakäijad, jalgratturid ja sõidukid	Vilniuses ligikaudu 100 kaamerat seitsme liiklejakategooriaga; Kopenhaagenis jalgratturite tuvastus; Tallinnas Reidi tee katse ning testala jooniste järgi jalakäijate termokaamerad Põhja pst–Sadama–Kursi ristmikul	Sobib jalakäijate ja jalgratturite kohalolu tuvastuseks ka pimedas ja varjus: 2017. aasta võrdluskatses oli termokaamera tavavideost oluliselt täpsem halva nähtavuse ja varjude korral ning tavavideo päevavalges veidi täpsem [34]. Termokaameraid on stoppjoone sõidukituvastuses hinnatud ka foorristmike välikatses [33]. Termopildil on liiklejate klassifitseerimine keerukam. Tootja andmelehe järgi on töötemperatuur -40 °C kuni +55 °C ja kaitseaste IP67 [35]
Lidar	Loendus ja liiklejagrupid	Helsingi piloodis loendustäpsus üle 95% (tootja teatel 97%) [2, 36]	Sobib loenduseks ja liiklejagruppide tuvastuseks. Helsingi piloot kolmel ristmikul toimus suvel ja sügisel 2021 [36] ning uuringute järgi võivad lumi ja vihm lidari punktipilve moonutada [37], seetõttu tõendatakse täpsus lume ajal Tallinna kontroll-loendusega. Kasutuselevõtu tingimus: hälve kontroll-loendusest sõidukitel kuni 5% ning jalgratturitel ja jalakäijatel kuni 10%, mõõdetuna ka lume või lörtsi ajal
Bluetooth, WiFi ja sõidukite liikumisandmed	Sõiduajad ja kõrvalekalded	Kopenhaagenis sündmuste ajal; Helsingis anomaaliate tuvastus arenduses	Täiendab ristmiku tuvastust koridori tasandil

Hanke ettevalmistamisel tuleb eristada valmis toote soetamist, olemasoleva lahenduse liidestamist või kohandamist ja uut arendust. Turukonsultatsioon peab täpsustama võimalikke teostusviise, piiranguid ning

hinna kujunemist sama testala ja funktsioonide kohta. Võrdluslinnade kogemus põhjendab etapiviisilist katsetamist, kuid ei määra Tallinna eest toodet, arhitektuuri ega hankemenetlust. Eeluuringu põhjal on vajaduse esialgne jaotus valmistoote, kohanduse või liidestuse ja uue arenduse vahel järgmine. Jaotus tugineb võrdluslinnade lahendustele, tootjate dokumentidele ning Tallinna süsteemide analüüsile; hind sõltub kontrollerite põlvkonnast, olemasolevatest anduritest ja keskhalduse litsentsitingimustest ning selgub pakkumustest.

Tabel 8. Komponentide esialgne jaotus valmistooteks, kohanduseks ja arenduseks.

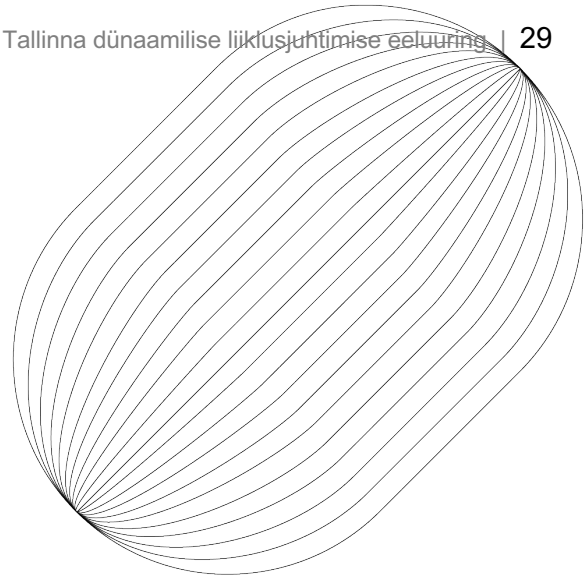
Komponent	Valmistoode	Kohandus või liidestus	Uus arendus ja selle kontroll
Foorikontrollerid ja kohalik ohutusloogika	ITC2.5 ja ITC3 kontrollerid ning ITC2 kontrollerid püsivaraga alates versioonist 6.94 ühenduvad otse [2, 38]	EC1, ITC2b ja vanema püsivaraga ITC2 kontrollerid: adapter, püsivara uuendus või asendus	Tootja juhendite järgi toetab ITC3 püsivara STCIP-i, RSMP-d ja UTMC-d ning ITC2 püsivara alates versioonist 6.94 STCIP-i ja RSMP-d [38]; tootja andmelehe järgi saab ITC3 kontrollerit ühendada ka teiste tootjate keskusega, sealhulgas NTCIP-, SCATS- ja SCOOT-põhisega [56]. Eeluuringu analüüsi järgi (ristmike tehnilised joonised ja hooldustpartneri teave) on testalal seitse ITC3 ja kolm ITC2 Linux kontrollerit. Iga kontrolleri püsivara, toetatud protokollid ja funktsioonid (sealhulgas NTCIP versioon ja OCIT-O tugi) kantakse sobivusmaatriksisse ning tugi kontrollitakse katsega enne juhtimisfunktsioonide käivitamist; kui inventuur enne hanke väljakuulutamist ei valmi, koostatakse maatriks lepingu esimeses etapis ristmikupõhise eelkontrolli osana
Keskhaldusplatvorm	Olemas (OMNIA); turul on ka teiste tootjate platvorme	Välisliidese lugemis- ja kirjutamisfunktsioonid, õigused ja litsents (A-variant); kontrollerite olemasolev side kasutab tootja STCIP protokolli, mis on krüpteerimata [39] ning vajab eraldi võrgusegmenti või krüpteeritud tunnelit	OMNIA paigaldusjuhend kirjeldab sisemisi veebiteenuseid oleku, liiklusandmete, diagnostika ja topoloogia jaoks ning tootekomplektis on DATEX II ja NTCIP adapterid [40]; välisliides on tootja tasuline lisavõimalus ja iga kontrolleri liidestus eeldab litsentsi. Liidese tõendustestis kontrollitakse: olekukirje uueneb vähemalt kord sekundis ja on otsustushetkel kuni 3 sekundit vana 95% mõõtmistest, juhtimiskäsk saab kontrollerilt kinnituse või tagasilükkamise põhjuse kuni 5 sekundiga ning lubatud käskude loetelu, hind ja litsentsitingimused esitab tootja kirjalikult

Komponent	Valmistoode	Kohandus või liidestus	Uus arendus ja selle kontroll
Käsuvärav ja juhtimisõiguse haldus	Juhtimiskäskude edastus ja juhtimisrežiimi vahetus on keskhaldusplatvormide ja adaptiivsete süsteemide tootesisene funktsioon (näiteks muudavad Helsingi operaatorid OMNIA kaudu programmi või lülitavad ristmiku kollasesse vilkumisse [2]). Kahe käsuallika vaheline juhtimisõiguse haldus, käsu eelkontroll ja ühine käsulogi on Tallinna arhitektuuri jaoks eraldi tehtav osa	Liidestus kontrollerite ja keskhaldusega	Uus komponent mõlemas arhitektuurivariandis
Adaptiivne juhtimisloogika	Turul on mitme tarnija tooteid	Ristmikupõhine seadistus ja valideerimine	Kinnisõidu ennetuse ja koridorikoordineerimise tõendamine Tallinna ristmikel. Koridori koordineerimine on adaptiivsete toodete põhifunktsioon: tootja võrdluskatses Inglismaal lühendas uue põlvkonna süsteem varasema adaptiivse juhtimisega võrreldes sõiduaega tipptundidel 3 kuni 14% ja kogu päeva lõikes 5 kuni 8% [41], Pittsburghi katses paranesid sõiduaeg, peatused ja ooteaeg üle 25% [42] ning Vilniuses vähenes ühe koridori summaarne ooteaeg 90 minutit tunnis [2]. Kinnisõidu ennetuseks kasutatakse sissevoolu piiramist kriitilise lõigu ees ja väljasõidu blokeerumise vältimist [43]. Tallinna testalal tõendatakse: kolme nädala kaamerapildi võrdluses tuvastatakse vähemalt 90% blokeerumisohu sündmustest ja ekslikke sekkumisi on kuni 10%; koridori läbimise aeg ja peatumiste arv paranevad baastasemega võrreldes. Katse on vajalik, sest Reidi tee katses tuli arvutuslik 280-sekundiline tsükkel lühendada 140 sekundini
Loendus ja tuvastus	Loendusandurid olemas; jalakäijate ja jalgratturite andurid on turul	Signaaligruppidega sidumine ja paigaldus	Tuvastustäpsus Tallinna oludes: kontroll-loendus hommikusel tipptunnil, päevasel tunnil, pimedal tunnil ning lume või lörtsi ajal; hälve sõidukitel ja ühistranspordil kuni 5%, jalgratturitel ja jalakäijatel kuni 10%, etalonläbimistest tuvastatakse vähemalt 95%. Testala kontrollerite logis moodustasid andurite rikked 67,5% veasündmustest, seega kuulub tuvastuse juurde ka anduri tööoleku automaatne seire

Komponent	Valmistoode	Kohandus või liidestus	Uus arendus ja selle kontroll
Andmekiht (kvaliteedimärgis, andmeladu, avaandmete liides)	Andmeplatvormid on turul	Liidestus seireplatvormi ja keskhaldusega; liiklusandmete avaandmed riiklikule juurdepääsupunktile DATEX II vormingus, mida kasutab ka Transpordiameti liiklusinfosüsteem [22, 44]	Kvaliteedimärgis ning mõõdetud ja taastatud väärtuste eristus kogu ahelas
Ühistranspordi prioriteet	Seadmed ja keskne prioriteedisüsteem olemas; hilinemist arvestav prioriteet on turul valmistoote funktsioon (Vilniuses eelistatakse sama liini kahest bussist rohkem hilinenut)	Kohaliku ja keskse ahela korrastus ja koordineerimine	Sõiduplaanist kõrvalekalde arvutus Tallinna andmetest: sõiduplaan GTFS vormingus ja sõidukite reaalajas asukoht linna avaandmetest või pardaseadmete süsteemist [45]; Vilniuse nõue on asukoht iga 5 sekundi järel ja prioriteedikäsk kuni 1 sekundiga [2]. Tallinna reaalajavoo vorming ja värskus kinnitatakse andmeomanikult enne hanke väljakuulutamist
Operaatori töölaud ja häirehaldus	Töölaua tooted on turul	Häirete registri liides, kaamerapildi sidumine ning eestikeelne kasutajaliides, kasutusjuhend ja koolitusmaterjal	Uus osa on DLJ olekute, automaatsete otsuste selgituse ja andmete kvaliteedimärgise koondamine ühte töölauavaatesse koos häirete registri liidesega; häirete registri liitmine Opinfoga on linna tellitud arendus; vahearuande järgi pidi häirete menetlus liikuma Opinfo moodulisse 2026. aasta mai lõpus [2]; DLJ töölaud liidestatakse kehtiva häirete registriga (Opinfo moodul). Kontroll: kuvatava väärtuse vanus kuni 10 sekundit 95% ja kuni 30 sekundit 99% mõõtmistest, operaatori tühistuskäsk jõuab kontrolleri kinnituseni kuni 5 sekundiga, vaated vastavad WCAG 2.1 tasemele AA ning kasutusjuhend ja koolitus on eesti keeles
Modelleerimisliides	Linna modelleerimistarkvara olemas	Masinloetav andmeväljastus	Adaptiivse loogika kirjeldamine mudelis
Masinõppe analüütika	Turul on liiklusprognoosi tarkvara 5 kuni 60 minuti horisondiga, andmepõhised fooriprogrammide soovitusteenused ja keskhaldussüsteemide prognoosimoodulid [46, 47]. Vilniuse keskhaldus kohandab ajalooliste andmete põhjal fooriprogramme enne tipptundi ning andmepõhise soovitusteenuse esimene tulemus oli ühel ristmikul 16% lühem ooteaeg [2]	Andmete ettevalmistus	Tallinna andmetel treenitud prognoosi- ja anomaaliamudel on uus osa. Keskhalduses säilivad olekuandmed 2 kuni 3 kuud ja ajalugu on alates 2019. aastast katkendlik, seetõttu kogutakse treeningandmestik testala baastaseme mõõtmisel vähemalt nelja nädala jooksul. Vastuvõtukriteerium: nõudlusprognoosi keskmine absoluutne protsentuaalne hälve kuni 15% 15 minuti ja kuni 25% 60 minuti horisondil; anomaaliatest tuvastatakse vähemalt 90% ja kinnitamata häireid on kuni 20%

Komponent	Valmistoode	Kohandus või liidestus	Uus arendus ja selle kontroll
Rohelise tule prognoos ja kuva	Turul on masinloetava fooriprognoosi teenuseid ja sõidukisse edastatavaid fooriteateid: Ingolstadtis ja Düsseldorfis kuvab autotootja teenus juhile rohelise ootamise aega ja soovituskiirust ka liiklusest sõltuva juhtimisega fooridel [48]; fooriseisundi ja ristmiku kaardi sõnumite vorm on Euroopa C-ITS standardis kirjeldatud [49]. Prognoosi täpsus sõltub juhtimisviisist: fikseeritud ja tavapärase liiklusest sõltuva juhtimise korral on see kõrge, mudelipõhise optimeeriva juhtimise korral madalam [50, 51]	Tänavaseade	Uus osa on juhtimisloogika, mis tagab kuvatud sekundinäidu vastavuse tegelikule tule vahetumisele (näiteks faasi lõpu kinnituspunktiga), ja sellega seotud kuva. Õiguslik alus on olemas: liiklusseadus ja ministri määrus lubavad sekundinäidikut ümar- ja nooltuledega sõidukifooridel, jalgrattafooridel ja jalakäijafooridel ning lisateatetahvel „Ooteaeg" näitab punase tule pikimat võimalikku kestust. Kriteerium: rohelise alguse ja lõpu prognoosi hälve kuni 2 sekundit vähemalt 95% prognoosidest kümne tööpäeva logis ning liiklejale kuvatud sekundinäit vastab tavarežiimis alati tegelikule tule vahetumisele. Tänavaseadme paigalduse kinnitab liikluskorralduse eest vastutav asutus ristmiku projekti kaupa

Turukonsultatsioonis ja pakkumuste hindamisel kontrollitakse Tallinna eripärasid: kasutajaliides, kasutusjuhend ja koolitus eesti keeles; seadmete töötemperatuur -30 °C kuni +50 °C ja kaitseaste vähemalt IP65; tuvastustäpsus kontroll-loendusega, hälve sõidukitel kuni 5% ning jalgratturitel ja jalakäijatel kuni 10%, ka pimedas ning lume või lörtsi ajal; vilkuva rohelise ja liiklejale kuvatava aja õiguslik käsitlus; isikuandmete ja avaandmete nõuded. Tootja andmeleht tõendab temperatuuri ja kaitseastet, tuvastustäpsus tõendatakse testala katses.



Tallinna liiklusjuhtimise sihtolukord

civitta

2 Tallinna liiklusjuhtimise sihtolukord

2.1 Sihtolukorra eesmärk ja muutuse põhjendus

Tallinna DLJ sihtolukorras seotakse liikluse mõõtmine, foorijuhtimine, operaatori töö ja tulemuste hindamine ühtseks toimimisahelaks. Eesmärk on ennetada ristmike kinnisõitu, kasutada rohelist aega vastavalt liiklusnõudlusele, toetada ühistranspordi eelisläbipääsu ning parandada jalakäijate ja jalgratturite teenindamist. Linnale peab lahendus andma võimaluse põhjendada juhtimisotsuseid kontrollitavate andmetega ja hinnata, kas saavutatud kasu õigustab investeeringut ning järgnevaid püsikulusid.

Lähteolukorra kirjeldus tugineb 2026. aasta juunis linnale esitatud vahearuandele ja AS-IS arhitektuurile. Osal Tallinna ristmikel on kasutusel kohalik anduripõhine juhtimine ning eri piirkondades liikluse mõõtmise ja seire vahendid. Kavandatav muutus seisneb nende paremas sidumises: värske ja kontrollitud info peab jõudma juhtimisse, juhtimisotsuse rakendumine peab olema jälgitav ning tulemust peab saama võrrelda varasema olukorraga. Olemasolevat taristut täiendatakse vastavalt funktsioonide vajadustele.

Vahearuandes tuvastatud liidestuspiirangud, tuvastuse ja andmekvaliteedi lüngad ning käsitsi andmevahetus takistavad sellise terviku toimimist. Osa puudusi saab kõrvaldada hoolduse, seadistuste ja olemasolevate funktsioonide kasutuselevõtuga; ristmikeüleseks andmepõhiseks juhtimiseks on vaja ka täiendavaid liideseid ja juhtimisvõimekust. Seetõttu soovitame parandada vajalikud alusandmed ja ühendused ning katsetada lisanduvat juhtimisvõimekust kahel piiritletud testalal, Pronksi–Liivalaia koridoris ja Sadama piirkonnas, mille valikut põhjendab testpiirkonna valiku peatükk. Piloot peab eristama taristu korrastamisest saadavat kasu uue juhtimisloogika lisamõjust.

2.2 Fooriandmete ja juhtimise liidestus: kaks arhitektuurivõimalust

Eesmärk on saada juhitavate ristmike tegelikust olekust usaldusväärne ülevaade ja võimaldada jälgitavat masinloetavat juhtimist. Kontrollerid töötavad kohaliku juhtimisega; tootja pakub kolmanda osapoole lahendustele tasulist välisliidest (API), mille funktsioonid, lubatud käsud, jõudlus ja hind selguvad tarnija kirjalikust kinnitusest ja liidese tõendustestist; osa nõudlusinfost jääb kontrolleri kohalikku juhtimisse. Sihtolukorras loetakse signaaligruppide olekut, kehtivat programmi, juhtimisrežiimi ja häireid ning edastatakse lubatud juhtimiskäske. Käsu saatmine, vastuvõtmine ja tegelik rakendumine salvestatakse eraldi, et oleks võimalik kontrollida kogu juhtimisahela toimimist. OMNIA kaudu tehakse juba praegu kontrollerite kaughaldust ja programmide uuendamist [2]; hooldusleping järgi tagab OMNIA liidestatud seadmete kaugjuhtimise reaalajas ning hooldus partner teeb tellija korraldusel foorilülitusi.

Arhitektuurivariantide võrdluse esitab Tabel 9.

Tabel 9. Arhitektuurivariantide A ja B toimimine ning eeldused.

Valik	Kavandatud toimimine ja võimalik eelis	Eeldused ning piirangud
A: juhtimine OMNIA välisliidese kaudu	DLJ lahendus loeb kontrollerite olekut ja saadab juhtimiskäsud OMNIA välisliidese (API) kaudu; OMNIA edastab käsud kontrolleritele olemasoleva ühenduse kaudu. Võimaldab kasutada olemasolevat keskhalduse ühendusahelat.	Välisliides on tootja tasuline lisavõimalus, mida kolmanda osapoole lahendus vajab. Avalikest allikatest leiti vaid näiteid, kus OMNIA projektis kasutatakse tootja enda adaptiivset lahendust (näiteks Ho Chi Minh, 239 ristmikku [52]); kolmanda osapoole adaptiivne juhtimine OMNIA kaudu oleks Tallinnas uus lahendus. OMNIA ja kontrolleri vahelise protokolli käsud on programmi, liiklusolukorra ja režiimi tasandil [39], seetõttu küsitakse tarnijalt kirjalikult, kas välisliides võimaldab ka rohelise aja pikendamist ja lühendamist, ning liidese hind, kontrolleripõhised litsentsid ja viivitus. Lahendus sõltub OMNIA ja selle serveri toimimisest.

Valik	Kavandatud toimimine ja võimalik eelis	Eeldused ning piirangud
B: kontrolleri otsejuhtimine	DLJ lahendus suhtleb kontrolleritega otse avatud protokolli kaudu (näiteks RSMP, OCIT-O või NTCIP); vanemate kontrollerite puhul kontrollitud protokolliadapteri kaudu. Juhtimiskäsud liiguvad OMNIA välisliidesest eraldi. Kontrollerite olemasolev seadistus (fooriprogrammid, kaitseajad ja ohutusloogika) jääb kasutusse; kontrollerisse lisatakse avatud protokolli sideseadistus ning vanema püsivaraga ITC2 kontrolleril uuendatakse püsivara.	Avatud protokolliga otseühendus on kasutusel Rootsis ja Helsingis: Rootsi Transpordiamet ühendab oma ligikaudu 527 foorikontrollerit RSMP kaudu alates 2011. aastast [53], Stockholmi linna valitud foorikeskus hakkab tarnija teatel enam kui 500 foori kontrolleritega suhtlema RSMP kaudu [54] ning Helsingi 2023. aasta kontrollerihange nõudis RSMP tuge [55]. Tootja dokumentide järgi toetavad ITC3 ja püsivara 6.94 või uuemaga ITC2 kontrollerid RSMP-d [38] ning ITC3 andmelehe järgi töötab kontroller ka teiste tootjate keskjuhtimissüsteemidega [56]; EC1 ja ITC2b vajavad adapterit või asendust. Vilniuses osutus ligikaudu 290 viie tootja kontrolleri ühendamiseks kavandatud kuus kuud liiga lühikeseks ja tootjate protokolliteostused erinesid [2], seetõttu kontrollitakse testala kontrollerite püsivara ja protokolli funktsioone seadmekaupa; lahendada tuleb paralleelne haldus OMNIA-ga ja üleminek. Tallinnas on ka avatud protokolliga otseühendus uus: testala kontrollerite RSMP tugi põhineb tootja dokumentidel ja kontrollitakse katsega.

Mõlemale arhitektuurivariandile kehtivad samad juhtimise tulemusnõuded ning ohutuse, andmekvaliteedi ja töökindluse nõuded. B-variandis võib OMNIA jääda kasutusse seireks ja halduseks; kontrolleri samaaegne ühendus OMNIA ja DLJ lahendusega tuleb tõendada. Fooriprogrammid, kaitseajad ja ohutusloogika asuvad kontrolleri seadistuses, mis koostatakse tootja programmeerimistööriistaga ja laaditakse kontrollerisse kohapeal või üle võrgu. Seadistus säilib kontrolleris sõltumata juhtimiskäsu teest, seetõttu jääb olemasolev seadistus kasutusse mõlemas variandis; püsivara uuendamise järel laaditakse seadistus uuesti ja asendatava kontrolleri seadistus koostatakse uue seadme jaoks. Variandid erinevad juhtimiskäsu edastamise tee poolest. Kui osa ristmike käsud liiguvad OMNIA kaudu ja osa otse, on tegemist A/B kombinatsiooniga, mille ulatus ja vastutus tuleb eraldi määrata. Variandi määrab juhtimiskäsu edastamise tee; oleku lugemine võib toimuda teise liidese kaudu.

Soovitame võrrelda A- ja B-varianti sama testala, funktsioonide ning teenuse osutamise perioodi alusel. Otsus peab põhinema testala kontrolleritel mõõdetud liidese toimimisel (olekuandmete värskus, käsu kinnituse aeg, lubatud käsud), kasutusõigustel, ohutul üleminekul, hooldatavusel ja elukaarekulul. Variandi hinna ja töökindluse eeliseid hinnatakse konkreetse teostuse põhjal. Enne hanke väljakuulutamist määrab linn, kas lubatakse üht varianti või võrreldavaid alternatiive. Iga juhitava kontrolleri kohta peab korraga olema üks aktiivne keskne käsuandja; kontrolleri kohalik ohutusloogika jääb sõltumatuks.

Eeluuring tugines dokumentide, süsteemilogide ja intervjuude analüüsile. Teada on, et kolmanda osapoole ligipääs eeldab tootja tasulist välisliidest. Tallinna paigalduses testitakse testala kontrollerite püsivara ja protokollituge, avatud protokolli funktsioone Tallinna seadistuses, OMNIA välisliidese tingimusi ning kontrolleri samaaegset ühendust OMNIA ja teise keskusega. Linna kaardistuse järgi pakub tootja välisliidest tasu eest, kuid välisliidese funktsioonid, lubatud juhtimiskäsud, jõudlus ja hind on linnale teadmata ning tootja kirjalik kirjeldus on vaja küsida. Vahearuande järgi oli kasutuslitsents vormistatud vahendaja nimele. Seetõttu kontrollitakse mõlemat varianti enne käsutee kinnitamist liidese tõendustestis ning A-variandi tingimused kinnitab tarnija kirjalikult.

Enne A-variandi valimist soovitame teha piiratud ulatusega liidese tõendustesti ühel või kahel testala kontrolleril, millest üks on uuema ja teine vanema põlvkonna kontroller, testkeskkonnas või kinnitatud katserežiimis väljaspool tipptunde. Test kontrollib, kas OMNIA välisliides väljastab signaaligruppide oleku, juhtimisrežiimi, kehtiva programmi ja häired, milline on nende värskus ja viivitus ning kas lubatud juhtimiskäsk (näiteks programmi vahetus) jõuab kontrollerisse ja tagastab kinnituse või tagasilükkamise

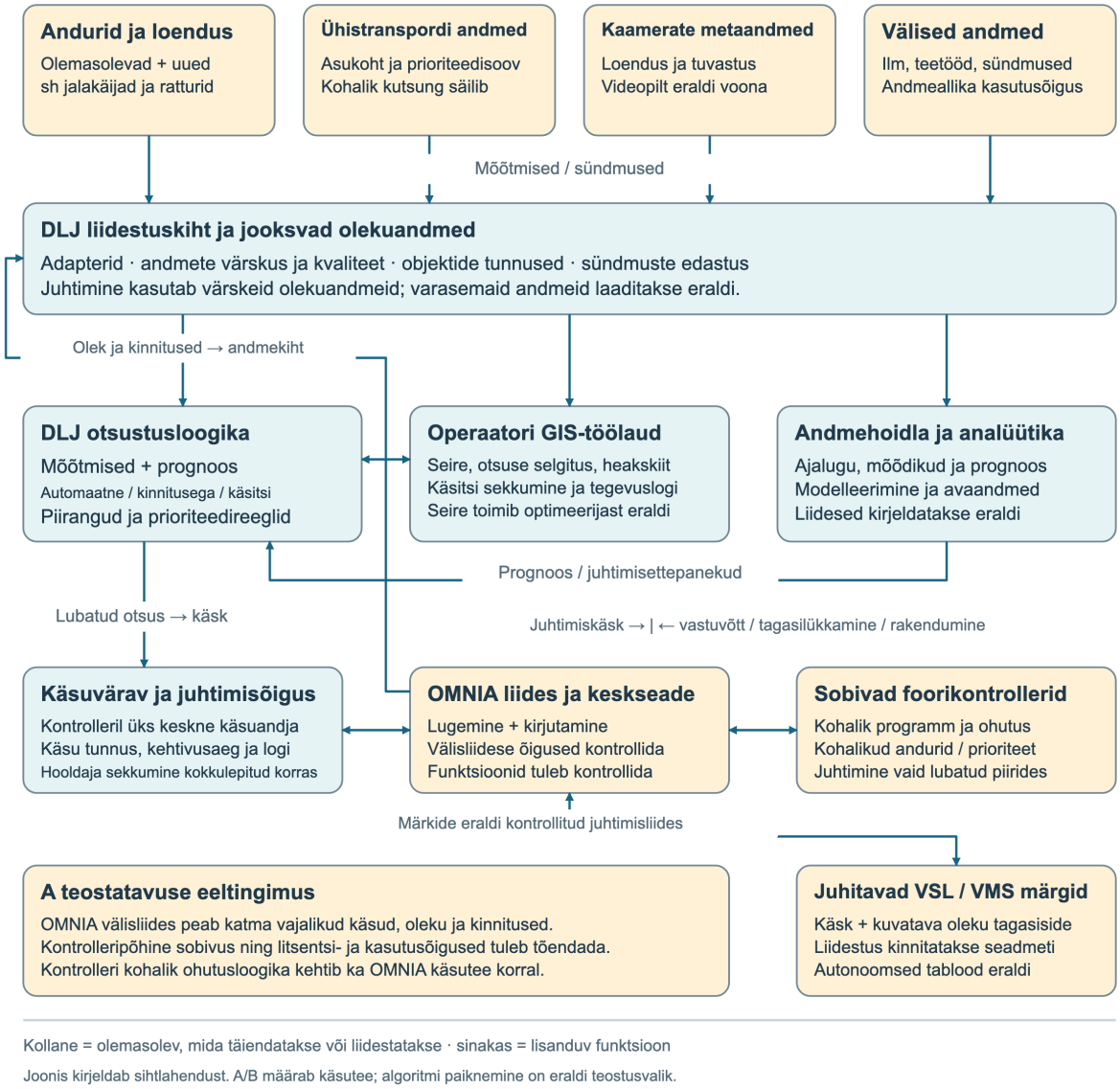
põhjuse. Samal kontrolleril kontrollitakse otseliidest, et test annaks võrdlusaluse mõlemale variandile. Tulemus on funktsioonide tabel, mõõdetud viivitused, õiguste kirjeldus ning tarnija kirjalikud litsentsi- ja hinnatingimused. Eeluuringu hinnangul kestab test 6 kuni 10 nädalat; kui test enne hanke väljakuulutamist ei toimu, tehakse sama sisuga test hankelepingu esimeses etapis ja selle põhjal kinnitatakse käsutee ristmike kaupa. Testi mõõdetavad lävendid on nõuete dokumendis: olekukirje vanus otsustushetkel kuni 3 sekundit 95% mõõtmistest ning käsu vastuvõtu või tagasilükkamise kinnitus kuni 5 sekundiga.

Konkurentsineutraalsuse tagamiseks avaldatakse testi plaan, protokoll, tulemused, kasutatud liidese spetsifikatsioon ning litsentsi- ja juurdepääsutingimused hanke alusdokumentides kõigile pakkujatele ning otseliidese variandi kohta esitatakse samaväärne lähteteave. Tehnilise kirjelduse ja hindamiskriteeriumid koostavad isikud, kes testis ei osalenud. Nii on kõigil pakkujatel sama teave.

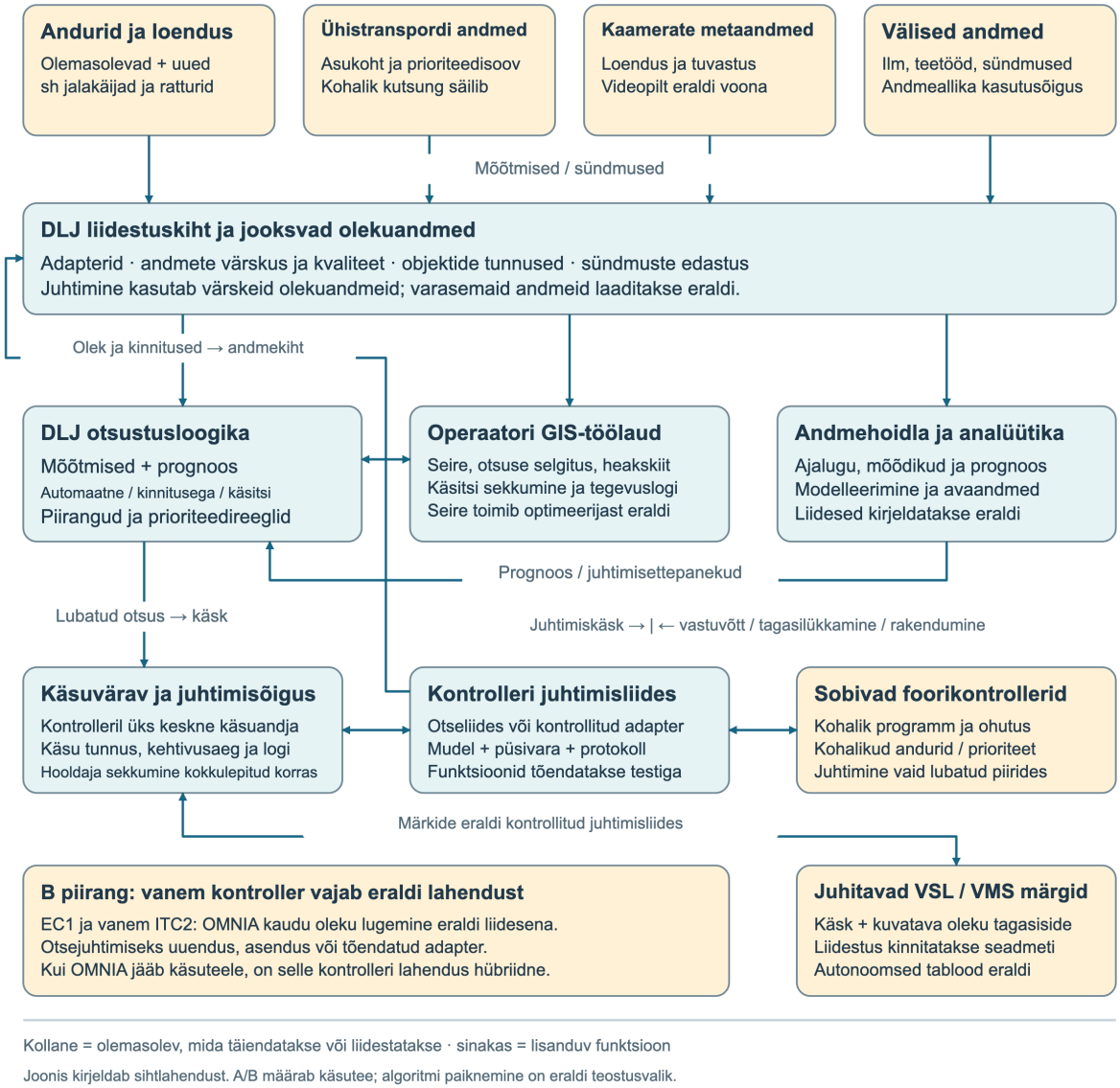
Täieliku masinloetavuse sammud sõltuvad kontrolleripõlvkonnast. ITC2 kontrollerite otseühenduse võimaluse määrab püsivara versioon (tootja juhendi järgi toetab püsivara alates versioonist 6.94 nii STCIP-i kui ka RSMP-d), EC1 ja ITC2b kontrollerite puhul hinnatakse adapteri töökindluse tõstmist või asendust ning ITC2.5 kontrollerid ühenduvad otse. Tootja andmelehe järgi saab ITC3 kontrollerit ühendada ka teiste tootjate keskusega, sealhulgas NTCIP-, SCATS- ja SCOOT-põhisega [56], ning püsivara juhendi järgi toetab see RSMP-d ja UTMC-d [38]; NTCIP versioon ja funktsioonid ning OCIT-O tugi kantakse sobivusmaatriksisse ja kontrollitakse katsega. A-variandis on vaja OMNIA tasulist välisliidest koos lugemis- ja kirjutamisõigustega, olekuvoo sekundilist värskust, serveri ja STCIP adapteri töökindluse tõstmist, olekuandmete pikemat säilitust või väljastust välisesse andmekihti, muudatuste logi ja kontrolleripõhiseid liidestuslitsentse. Põlvkondade kaupa sammud on esitatud nõuete dokumendis; tööde maksumus ja tingimused vajavad tarnija kinnitust.

Kõik piloodi kohustuslikud tulemused tuleb tõendada sõltumata valitud arhitektuurivariandist. Kohustuslikud miinimumnõuded tuleb täita ka siis, kui nende ületamise eest antakse pakkumuse hindamisel lisapunkte. Laiendusvõime nõuded hõlmavad juba piloodis nimetatud liideseid, demonstratsioone, modelleerimist, kavasid ja koormuskatseid. Edasiste piirkondade kasutuselevõtt otsustatakse eraldi. Arvulised lävendid kinnitab linn koos mõõtmismeetodiga enne hanke väljakuulutamist [4].

Joonistel on mõlemale variandile ühised andmekiht, operaatori töölaud, andmeanalüüs ning häirete käsitlemine ja tegevuslogid. A-variandis liiguvad juhtimiskäsud OMNIA välisliidese kaudu (Joonis 3). B-variandis suhtleb lahendus kontrolleritega otse avatud protokolli või kontrollitud adapteri kaudu (Joonis 4); vanemate kontrollerite lahendus tõendatakse eraldi. Juhtimiskäsu tee ei määra automaatselt adaptiivjuhtimise katvust ega algoritmi paiknemist. Joonistel tähistab kollane olemasolevat lahendust, mida täiendatakse või liidestatakse (näiteks andurid, ühistranspordi andmed, OMNIA, foorikontrollerid, VSL / VMS märgid), ja sinakas lisanduvat funktsiooni.



Joonis 3. Sihtarhitektuur A: juhtimine OMNIA välisliidese kaudu.



Joonis 4. Sihtarhitektuur B: kontrolleri otsejuhtimine.

Sihtarhitektuuri tehniline alus on linnale eraldi üleantav A/B arhitektuurikomplekt ja Lisa 2 [4]. Käesoleva aruande skeemid selgitavad juhtimiskäsu alternatiivseid teid. Üksikasjalik joonis ei asenda liidese spetsifikatsiooni ega tõenda seadme sobivust.

2.3 Loendus ja liiklejate tuvastus

Eesmärk on anda juhtimisele piisavalt värske ja asukohaga seotud info liiklejate nõudluse, järjekordade ning väljasõidu vaba ruumi kohta. Loendus kirjeldab liiklusmahtu ja koosseisu, juhtimisandur tuvastab näiteks ootava liikleja või ületusalal viibimise. Statistiliseks loenduseks sobiv andmestik ei pruugi olla piisavalt kiire või detailne faasijuhtimiseks. Vahearuandes kirjeldatud olemasolevad loendus- ja anduriahelad on osaliselt eraldatud ning liiklejagruppide tuvastuses esineb lünki.

Testalal seotakse sobivad olemasolevad allikad juhtimisega ja täiendatakse puuduvat tuvastust. Jalakäijate, jalgratturite ja kergliikurite käsitlus määratakse vastavalt liikluskorraldusele ning mõõteülesandele. Seadmevalik põhineb asukohal, katvusel, täpsusel, ilmastikutaluvusel ja hooldatavusel; üks tehnoloogia ei pea sobima igale ristmikule. Liikuvusameti ülesanne on koos piloodi teostajaga siduda tuvastusalad teenindatavate suundadega ja kinnitada tuvastuse täpsuse kontrollimeetod: andurite tulemust

võrreldakse sõltumatu kontroll-loendusega ning jalakäijate ja jalgratturite puhul etalonläbimistega. Tulemuseks peab olema sõltumatu mõõtmisega tõendatud sisend ning teeninduse säilimine ka tuvastusrikke korral. See vajadus on ühine A- ja B-variandile.

Piloodi liikumisuuring seob mõõdetud pöördeliikumised, järjekorrad ja ületusajad juhtimisparameetritega ning võimaldab juurutuse järel võrdlust. Seadmete lisamise, vahetuse ja eemaldamise ajalugu säilitatakse koos andmetega, et mõõtmise muutust ei tõlgendataks ekslikult liiklusmuutusena. Välisseadmete sobivus ja hooldus peavad katma ka keerulised keskkonnatingimused, näiteks tiheda lumesaju, anduri jäätumise ja udu, mille korral videoandur ei pruugi sõidukit tuvastada; tuvastuse kadumisel rakendub kinnitatud varurežiim.

2.4 Andmekvaliteet ja juhtimist toetav andmeanalüüs

Eesmärk on vältida juhtimisotsuseid aegunud või ekslikult mõõdetuks peetud andmete põhjal ning võimaldada tulemusi hiljem kontrollida. Vahearuande järgi täidetakse osa loendusandmete lünki arvutuslikult, mistõttu tuleb mõõdetud ja taastatud andmed selgelt eristada. Sihtolukorra andmekiht seob kirje asukoha, aja ja allikaga, kontrollib selle kvaliteeti ning säilitab kvaliteedimärgise ka koondamisel. Kiire juhtimise andmetöötlus eraldatakse ajaloolistest analüüsipäringutest.

Andmete säilitamisel eristatakse vahetut juhtimist teenindavat kihti, algse detailsusega ajalugu ja pikaajalisi koondnäitajaid. Säilitusajad ning andmete liikumise reeglid kinnitatakse andmeliikide kaupa. Linnal peavad olema kokkulepitud õigused andmeid, mudeleid ja kirjeldusi kasutada ning neid avatud vormingutes eksportida. Säilitamise ja üleandmise toimimist kontrollitakse piloodis. Andmeallikate kava (avaandmed, linna mõõtevõrk ja eraallikad, näiteks navigatsiooniteenuste anonüümitud sõiduandmed) ja eraallika kasutamise tingimused on esitatud nõuete dokumendis; andmekoostöö lepingud sõlmib linn.

Masinõppe ja tehisintellektil põhinevate funktsioonide usaldusväärne kasutamine eeldab konkreetseks ülesandeks piisavaid ja sobiva kvaliteediga andmeid. Suur andmemaht üksi ei taga sobivust: ajalooline liiklusloendus ei asenda kiireks faasijuhtimiseks vajalikku värsket kohaloluinfot. Enne iga masinõppel või tehisintellektil põhineva funktsiooni arendamist II etapis määrab teostaja funktsiooni andmevajaduse, ajalise ja ruumilise täpsuse, katvuse ning lubatud puudujäägid ja linn kinnitab need. Kui need eeldused ei ole täidetud, tuleb parandada mõõtmist ja andmevoogu või piirata funktsiooni kasutusulatust. Mudeli valikule peab eelnema lähteandmete sobivuse kontroll. Andmete esinduslikkuse, hindamise sõltumatuse ja kasutusaegse seire põhimõtteid toetab NIST-i tehisintellekti riskijuhtimise raamistik [16].

Mudeli arendus- ja hindamisandmed peavad esindama kavandatud kasutustingimusi: eri liiklejagruppe, ristmikke, koormusi ning asjakohaseid ilma- ja hooajaolusid. Andmete päritolu ja töötlus dokumenteeritakse. Mudeli õpetamiseks, arendusaegseks kontrolliks ja lõplikuks hindamiseks kasutatakse eraldi andmestikke, et sama sündmuse kasutamine mitmes etapis või tulevikuinfo kaasamine ei moonutaks hinnangut. Mudeli tulemust võrreldakse sõltumatu võrdlusandmestiku ja sobiva lihtsama lahendusega. Keskmise täpsuse kõrval hinnatakse eraldi olulisi liiklejagruppe ning suure mõjuga eksimusi. Tõendatud toimivuse ulatus piiritletakse katsetatud tingimustega [16].

Andmete ja mudeli kvaliteeti seiratakse kogu kasutusaja jooksul. Kontroll hõlmab sisendite värskust, andmelünki ja mõõtevigu ning liiklusmustrite muutumist ja mudeli tegelikku tulemuslikkust. Anduri vahetus, uus hooaeg või liikluskorralduse muudatus võib nõuda mudeli uut sobivuskontrolli. Kvaliteedi languse korral kõrvaldatakse põhjus, hinnatakse mudelit uuesti ning vajaduse korral treenitakse see ümber või piiratakse funktsiooni kasutamist. Juhtimises rakendatakse ebapiisava sisendi korral kinnitatud ohutut varurežiimi. Andmete kogumise, kvaliteedikontrolli ja seire püsikulu tuleb seetõttu arvestada lahenduse elukaarekulusse.

Operatiivset juhtimist toetav andmeanalüüs hõlmab liiklusnõudluse prognoosimist, korduvate mustrite ja kõrvalekallete tuvastamist ning juhtimise muutmise ettepanekute koostamist. Need funktsioonid võivad kasutada reeglipõhiseid või masinõppel põhinevaid meetodeid, kuid nende toimimine ja nõutav tulemus tuleb tõendada. Prognoosi- ja mustrituvastusmudelite treenimiseks kasutatakse mõõdetud andmeid, mille kvaliteet on hinnatud ja märgitud. Analüüsi tulemusi kasutatakse järgmises alapeatükis kirjeldatud juhtimisfunktsioonides üksnes kontrollitud funktsiooni ja kinnitatud kasutusreeglite piires.

2.5 Nõudluspõhine juhtimine ja prioriteedid

Eesmärk on kohandada ristmike teenindust tegeliku nõudlusega ja arvestada naaberristmike olukorda. Lahendus jaotab rohelist aega, vähendab põhjendamatut nõudluseta teenindust, koordineerib koridori läbivat voogu ning piirab sissevoolu blokeeritud väljasõiduga suunda. Jalakäijate ja jalgratturite teenindamist toetavad nende nõudluse tuvastamine, ooteaja järelevalve ja ohutud ületusajad. Vajaduse korral kasutatav prognoos täiendab mõõdetud olukorda; prognoos ei anna õigust ohutuspiire ületada.

Ühistranspordi kohalik ja keskne kutsungiahel on erinevad; vahearuandes kirjeldatud keskse ahela probleeme ei saa üldistada kõigi kohalike prioriteedifunktsioonide puudumiseks. Sihtolukorras tõendatakse vajalikud kutsungiteed, seotakse sama läbimise taotlused ning välditakse sama taotluse alusel korduvat sekkumist. Linn kinnitab prioriteetide rakendamise põhimõtted, mille järgi lahendatakse eri suundade ja liiklejagruppide konkureerivad vajadused.

Lahendus peab avaldama rohelise tule alguse ja lõpu prognoosi masinloetavalt koos usaldusväärsuse teabega. Piloodis tõendatakse ka ooteaja kuva toimimine vähemalt ühe ristmiku andmetega füüsilisel või samaväärsel katseseadmel. Prognoos ja siduv sekundinäit on erinevad: näidiku kuvatud aega peab juhtimine suutma ohutult järgida, vastasel korral kasutatakse neutraalset kuva. Tänavale paigaldatavate kuvaseadmete (näiteks sekundinäidikute) arvu ja hinnastamiseks vajalikud liikluskorralduslikud lähtetingimused määrab linn enne hanke väljakuulutamist, sest need muudavad seadmete mahtu ja pakkumuste võrreldavust; lõplik projekt kinnitatakse enne paigaldamist.

Kõigi liiklejate ooteaja samaaegset vähendamist ei saa igas olukorras eeldada. Ühistranspordi eelistus võib suurendada ristuva suuna viivitust ning kinnisõidu ennetamine võib piirata sissevoolu naaberristmikul. Seetõttu peab hindamine näitama kasu ja võimalikku halvenemist liiklejagruppide ning suundade kaupa. Ohutus on ülimuslik; teeninduspiirid ja lubatud kompromissid määratakse linna prioriteedipoliitikas, mille linn koostab hanke lähtealusena enne hanke väljakuulutamist ja mis tugineb linna otsustele ühistranspordi ning jalakäijate ja jalgratturite prioriteedi kohta, ning täpsustatakse juhtimise seadistamisel. Juhtimistulemuse eesmärgid on A ja B puhul samad, erineb käsu edastamise tee.

Tsüklita juhtimise korral hinnatakse teenindusintervalle ja tegelikke faasiüleminekuid; puuduvale tsüklipositsioonile ei looda näivväärtust. Sama ooteaja, koordineerimise ja ohutuse tulemus peab olema tõendatav ka selle juhtimisviisi korral.

2.6 Operaatori töö ja vastutuse muutus

Praegu on Liikuvusametil seire ja järelevalve roll ning hoolduspartneril ööpäevaringse teabe vastuvõtu ja rikkehalduse roll. Liikuvusameti spetsialistid jälgivad foorikontrollerite, ühenduste ja kaamerate olekut OMNIA veebiliidese ja teiste töövahendite kaudu ning teevad hoolduslepingu järelevalvet. Hoolduspartner võtab liikluskorraldusvahenditelt laekuva teabe ööpäevaringselt vastu ja töötleb seda, kõrvaldab rikked, kannab häired registrisse ning muudab tellija korraldusel infotabloode, muutuva kiiruspiirangu märkide, muutteabega liiklusmärkide ja fooride režiimi. Fooriprogrammid koostab ja kinnitab Liikuvusameti foorisüsteemi spetsialist koos modelleerimismeeskonnaga. Juhtimisotsuste tegemine ja jooksev sekkumine on sihtolukorra uus operaatori funktsioon; selle täitja (Liikuvusamet või valitud variandi järgi

teenuseosutaja), töömahu ja vastutaja määrab linn enne hanke väljakuulutamist, sest need mõjutavad pakkumuse hinda.

Sihtolukorras on eesmärk muuta kõrvalekalde põhjus, mõju ja lahendamise vastutus operaatorile üheselt nähtavaks. Ühine töölaud seob foorioleku, juhtimisrežiimi, andmekvaliteedi, võtmenäitajad ja vajaduse korral kaamerapildi. Häire liigub määratud vastutajale, menetluse käik säilib ning operaatori sekkumine on tagantjärele kontrollitav. Nii väheneb vajadus sama juhtumi infot eri töövahenditest käsitsi kokku koguda.

Operaatori vaade peab olema ligipääsetav ja kasutatav ka värve eristamata ning klaviatuuriga. Häirekirjed liiguvad kokkulepitud registriga mõlemas suunas, säilitades ühise tunnuse ja vältides korduskirjeid. Vahetuse üleandmise koond seob lahtised juhtumid, sekkumised ning tehtud muudatused; selle automaatne koostamine ei asenda operaatori kinnitust. Häired klassifitseeritakse raskusastme järgi; klasside aegmäärad, eskaleerimine ja vastutajad on esitatud nõuete dokumendis.

Automatiseerimise tase määratakse funktsiooni kaupa: lahendus võib tegutseda kinnitatud piirides automaatselt, oodata operaatori kinnitust või toetada käsitsi juhtimist. Operaatorikäsul on volitus ja kehtivusaeg; selle lõppedes kontrollitakse varasema režiimi eeldusi. Liikuvusameti foorisüsteemi spetsialist vastutab oma pädevuse piires liikluskorralduslike parameetrite ja muudatuste kinnitamise eest, hoolduspartner seadmete ning kokkulepitud teenuste eest. Operaatori rolli täitja, töömahu ja kättesaadavuse variandi määrab linn enne hanke väljakuulutamist; täpse tööjaotuse ja probleemide edasisuunamise korra kinnitab linn enne kasutuselevõttu.

Operaatori põhiülesanded ja otsused tulenevad nõuete dokumendi operaatorinõuetest ning on koondatud järgmisesse tabelisse. Tabelis tähendab operaator rolli, mida täidab Liikuvusamet või valitud variandi järgi teenuseosutaja (hoolduspartner või teostaja, olenevalt sellest, kummasse lepingusse operaatoriteenus lisatakse). Rolli täitja valib linn enne hanke väljakuulutamist, vastutuse täpse jaotuse kinnitab linn enne kasutuselevõttu.

Tabel 10. Operaatori põhiülesanded ja otsused häirete käsitlemisel.

Olukord	Operaatori ülesanne	Otsus	Oskus ja koolitus
Liiklusjuhtimist otseselt mõjutav häire	Võtab häire vastu ja kontrollib mõju koondvaates	Kinnitab sekkumise, annab käsitsi käsu või suunab juhtumi tehnilise lahenduse algatamiseks hoolduspartnerile	Töölaua kasutus, käsitsi sekkumine ja tagasipöördumine baasprogrammile
Andmekvaliteedi või seadme hoolduse häire	Kinnitab teavituse ja suunab selle vastutajale	Hindab mõju juhtimisele	Andmekvaliteedi põhimõtted ja häirete menetlus
Poolautomaatse funktsiooni ettepanek	Kontrollib sisendväärtusi ja kvaliteedimärgiseid	Kinnitab või lükkab tagasi koos põhjusega	Otsuse selgituse lugemine
Käsitsi sekkumine	Annab käsu kinnitusdialoogis ja määrab kehtivusaja	Käsu lõppedes kontrollib varasema režiimi eeldusi	Kinnitusdialoog ja kehtivusaeg
Vahetuse lõpp	Kinnitab vahetuse koondi	Annab lahtised juhtumid üle	Intsidendi menetlus
Teiste teenistuste teavitamine	Käivitab teavituse kokkulepitud kanalis	Teeb ettepaneku ajutise liikluskorralduse vajaduse kohta	Eskaleerimiskord

Variandis 1 teeb tabelis nimetatud kinnitamist vajavaid otsuseid tööajal Liikuvusameti operaator; väljaspool tööaega võtab hoolduspartner häire vastu, algatab tehnilise lahenduse ja täidab etteantud stsenaariume,

kinnitust vajavad otsused jäävad tööaega. Variandis 2 teeb tabeli otsuseid ööpäevaringselt operaatorirolli täitja; prioriteedipoliitika, ohutusparameetrite ja uue mudeli kasutuselevõtu otsused jäävad linnale.

Rutiinse andmeedastuse vähenemise kõrval lisanduvad andmekvaliteedi, mudelite ja liideste haldamise ülesanded. Lahendus vajab koolitust, juhendeid ja määratud vastutajaid; automatiseerimine ei tõenda iseenesest personali- või hoolduskulu vähenemist. Piloodis tuleb mõõta ka operaatori sekkumisi ja haldustöö mahtu, et hinnata vajalikku püsivat töökorraldust.

Operaatori kättesaadavus, oskused ja koolitus

Ohutu juhtimine on operaatori kohalolekust sõltumatu: kontrolleri kohalik ohutusloogika ja kinnitatud varuprogramm toimivad ka siis, kui kinnitus või sekkumine viibib; kinnitust ootav ettepanek jääb rakendamata ja käsitsi sekkumine lõpeb kehtivusaja möödudes. Kättesaadavuse tase määratakse häire raskusastme järgi. Piloodis on kriitilised funktsioonid poolautomaatsed. Operaatori kättesaadavuse korraldamiseks on kaks varianti, mille vahel linn valib enne hanke väljakuulutamist.

Variant 1. Tööajal töötab Liikuvusameti operaator. Väljaspool tööaega võtab hooldusparter häired ööpäevaringselt vastu, algatab tehnilise lahenduse, täidab etteantud stsenaariume ja eskaleerib kriitilised häired linna valvekontaktile (linna määratud kontaktisik, kes võtab eskaleeritud häire vastu). Kinnitust vajavad otsused jäävad tööaega ning seni rakendub kehtiv fooriprogramm või baasprogramm. Eeldused: hooldusepingu teenuse täpsustus (kehtiv leping sisaldab ööpäevaringset teabe vastuvõttu ja etteantud stsenaariumide täitmist, DLJ häirete eskaleerimine lisatakse), tegevusjuhend raskusastme kaupa ja valvekontakti nimetamine.

Variant 2. Operaatori töö on ööpäevaringne: Liikuvusameti operaatorid töötavad vahetustega või operaatori töö ostetakse teenusena (teenuseosutaja on hooldusparter või teostaja, olenevalt sellest, kummasse lepingusse teenus lisatakse). Prioriteedipoliitika, ohutusparameetrite ja uue mudeli kasutuselevõtu otsused jäävad linna pädevale rollile. Eeldused: töökorraldus või volituste piirid hankes ja vastutusmaatriks. Ühe ööpäevaringse töökoha katmiseks on vaja ligikaudu 5,5 täistööajaga töötajat (arvutuslik hinnang: 8 760 tundi aastas, töötaja tegelik tööaeg ligikaudu 1 600 tundi; eeldus vajab kinnitust).

Eeluuring soovitab piloodi lähtekohaks varianti 1; linn kinnitab piloodi korralduse enne hanke väljakuulutamist ja püsiva korralduse piloodis mõõdetud sekkumiste arvu ja ajakulu põhjal. Enne linnaülest laiendust hinnatakse ööpäevaringset korraldust uuesti, sest 414 ristmiku reaalajas haldamine ületab vahearuande järgi ühe operaatori võimekuse. Senise kulubaasi arvutusmudelis on ööpäevaringse valmisoleku ja operatiivkäsitluse rida 294 902 eurot aastas (kinnitamata); see sisaldub hooldusepingu kuumaksetes, mistõttu tuleb variandis 2 operaatoriteenuse ostmisel vältida topeltarvestust; piloodi lisanduva aastakulu arvutusnäites tõendamata personalisäästu ei arvestata.

Operaatori vajalikud oskused on foorijuhtimise ja liikluskorralduse alused, töölaua ja häirete menetluse kasutamine, otsuse selgituse lugemine, käsitsi sekkumine ja tagasipöördumine baasprogrammile. Teostaja koolitab rollid ja korraldab tüüpolukordade harjutuse; koolitus ja harjutus lõpevad vähemalt neli nädalat enne testala käivitamist. Oskuste ja koolituse nõuded rollide kaupa on nõuete dokumendis.

2.7 Modelleerimine ja juhtimislahenduste ettevalmistamine

Liiklusmodelleerimise eesmärk on toetada juhtimislahenduste kavandamist: võrrelda võimalikke juhtimisviise, hinnata nende mõju eri liiklejagruppidele enne nende katsetamist liikluses. Modelleerimine ei kuulu kavandatud lahenduse vahetusse juhtimisahelasse ega tee jooksvaid foorijuhtimise otsuseid. Selle tulemused jõuavad juhtimisse Liikuvusameti foorisüsteemi spetsialisti kinnitatud fooriprogrammide ja juhtimisparameetrite (näiteks rohelise aja piiride, tsüklipikkuse ja nihete) kaudu; mudeli ja juhtimissüsteemi vahel reaalajaühendust ega kindlat modelleerimistarkvara ei eeldata. Igapäevased juhtimisotsused

tehakse operatiivses juhtimissüsteemis liiklusandmete ja kinnitatud juhtimisreeglite alusel, säilitades foorikontrollerite kohaliku ohutusloogika.

Adaptiivne foorijuhtimine kasutab otsusteks reaalajas anduriandmeid; modelleerimist kasutatakse enne liikluses rakendamist juhtimisalternatiivide ja parameetrite eelhindamiseks ning hiljem tulemuste võrdlemiseks. Eelhindamine on vajalik sõltumata sellest, kas juhtimisotsuseid teeb reeglipõhine algoritm või masinõppe mudel.

Vahearuandes kirjeldatud seireandmete ebaühtlane katvus ja kvaliteet mõjutavad ka modelleerimise lähtealuse usaldusväärsust. Kui andmed ei kirjelda piisavalt uuritava ala liiklusvooge, pöördeliikumisi ja nõudluse ajalist muutumist, suureneb ebakindlus nii olemasoleva olukorra kirjeldamisel kui ka kavandatavate muudatuste mõju hindamisel. Seetõttu täidetakse andmelüngad täiendava vaatluse või uuringuga, näiteks droonivideo, käsiloenduse või olemasoleva kaamerapildi töötluse abil. Arendusvajadus on andmeahelas: mõõteandmed (seire.tallinn.ee) ja fooriprogrammid peavad jõudma PTV Visumi, PTV Vissimi ja LISA M keskkonda masinloetavalt ja kontrollitud kujul, nii et nende ettevalmistamine ja ülekandmine nõuaks vähem käsitööd; arenduse objekt on andmeahel.

Piloodi modelleerimise tööpaketi alguses hindab teostaja, kas olemasolevad andmed on testalade ja hankes määratud juhtimisstsenaariumide jaoks piisavad, ajakohased ja esinduslikud, ning teeb vajaduse korral täiendavaid mõõtmisi; Liikuvusameti modelleerija annab lähtemudeli ja andmed. Mõõteandmete alusel kalibreeritakse lähteolukorra mudel ning selle vastavust tegelikele liiklusoludele kontrollitakse eraldi andmestikuga. Selline alus võimaldab juhtimisalternatiive usaldusväärsemalt võrrelda ja vähendab riski, et prognoositud paranemine tuleneb mudeli ebatäpsusest. Modelleerimise tulemuste juures tuleb esitada ka andmete ja mudeli piirangud.

Lisaks lähteandmete kvaliteedile vajab parandamist nende liikumine süsteemide vahel. Vahearuandes kirjeldatud töövoos hõlmab andmete ja fooriprogrammide edastamine käsitsi eksportimist ning kordussisestamist. Sihtolukorras edastatakse mõõteandmed ja juhtimisplaanid modelleerimiskeskkonda masinloetavalt. Modelleerimise tulemused ja seadistusettepanekud läbivad enne kasutuselevõttu Liikuvusameti foorisüsteemi spetsialisti kontrolli ja kinnitamise. Fooriprogrammide versioonihaldus tähendab, et iga programmiversioon salvestatakse koos koostaja, kinnitaja ja kuupäevaga; register näitab iga kontrolleri kohta, milline versioon on kinnitatud ja milline kontrolleris tegelikult töötab, ning tuvastab nende erinevuse. Andmevahetuse automatiseerimine ei asenda mudeli koostamist, kalibreerimist ega selle sobivuse kontrollimist.

Piloodi mahtu kuuluvad masinloetav andmevahetus modelleerimiskeskkonnaga: fooriprogrammide, juhtimisplaanide ja loendusandmete väljastus linna modelleerimistarkvara loetavas vormingus (näiteks failina) ja eelhindamise tulemuse tagasitoomine, selle toimimise demonstreerimine ning hankes määratletud juhtimisstsenaariumide (fooriprogrammi muudatuste, mis muudavad tsüklipikkust, faaside järjekorda või koordineerimise nihkeid rohkem kui ühel ristmikul) eelhindamine enne liikluses katsetamist. Selleks tuleb esmajärjekorras kasutada Tallinna olemasolevat modelleerimisvõimekust, hinnates kasutatavate tarkvaraversioonide, moodulite ja liideste sobivust piloodi ülesannetega. Teostaja kavandab modelleerimise eraldi tööpaketina, mis hõlmab lähteandmete kvaliteedi kontrolli ja vajaduse korral täiendavaid mõõtmisi, eelhindamise mudeli kalibreerimist linna lähtemudeli põhjal ja kontrollimist ning juhtimisalternatiivide võrdlemist.

Liikuvusameti modelleerija annab lähtemudeli ja andmed ning kontrollib lähteandmeid ja tulemusi; Liikuvusameti foorisüsteemi spetsialist kinnitab rakendatava seadistuse. Teostaja valib modelleerimisvahendid ja adaptiivse loogika kirjeldusviisi ning tagab oma juhtimisloogika katsetatavuse linna modelleerimiskeskkonnas tarkvaralise emulaatori, välise signaalijuhtimise liidese või samaväärse lahendusena; kui see ei ole võimalik, teeb teostaja eelhindamise oma simulatsioonikeskkonnas ja annab

linnale üle lähteandmed ja tulemused. Kas adaptiivse loogika kirjeldus peab olema linna mikromudelisse üleantav, otsustab linn enne hanke väljakuulutamist. Tööjaotus kinnitatakse enne hanke väljakuulutamist.

Modelleerimisest eraldi mõiste on digitaalne kaksik: liiklusala digitaalne esitus, mida ajakohastatakse pidevalt või korrapäraselt mõõteandmete ja tegelike juhtimisseadistuste alusel ning mis vajab eraldi andmevahetust, hooldust ja vastutajat. Eelhindamiseks kasutatav liiklusmudel on kalibreeritud simulatsioonimudel. Digitaalset kaksikut võib kaaluda edasise arendusvõimalusena. Selle võimalik lisaväärtus on vähendada korduvate analüüside ettevalmistustööd, katsetada muudatusi ajakohasel lähtealusel ning võrrelda prognoositud mõju liikluses mõõdetud tulemustega. Sellise lahenduse põhjendatust tuleb hinnata analüüside sageduse, ajakohastamisest saadava kasu ning andmevahetuse, mudeli hooldamise ja kvaliteedikontrolli kulude alusel. Samuti tuleb määrata, kes vastutab mudeli ajakohasuse ja usaldusväärsuse eest. Piloodi stsenaariumide eelhindamine ei eelda eraldiseisva digitaalse kaksiku platvormi rajamist.

2.8 Töökindlus, andmete kasutamine ja laiendatavus

Eesmärk on säilitada ohutu juhtimine ka side, sisendandmete või kesksete teenuste rikke korral. Selleks määratakse varurežiimid, seire, varundus, taastamine ja kontrollitud muudatuste kord. Töökorras kontroller jätkab keskse ühenduse katkemisel kinnitatud kohalikku juhtimist; kohaliku ühistranspordiprioriteedi säilimine eeldab ka toimivat kutsungiahelat. Ohutu varurežiim ei tähenda, et adaptiivne teenus toimib katkestuseta: katkestused ja mõju kajastatakse eraldi.

Piloodis peavad olema katsetatud kesksete kriitiliste komponentide dubleerimine, automaatne ümberlülitus ja taastamine. Muudatusi kontrollitakse eraldi testkeskkonnas, mille andmed ja käsud on tegelikust liiklusjuhtimisest eristatavad. Katkestused kajastatakse teenuse kvaliteedi aruandes ka siis, kui kontrolleri kohalik ohutu töö jätkus. Hooldus, kasutajatugi ja turvaparanduste kord kuuluvad lahenduse püsiva käitamise korraldusse.

Juhtimisvõrk, andmeteenused ja avalikud liidesed eraldatakse nende riskide järgi, ligipääsud on rollipõhised ja toimingud jälgitavad. Operaatori videopilt ning avaldamiseks sobivad liiklusnäitajad on erinevad andmekasutused. Kasutusõigused, säilitamise ja avaldamise tingimused määrab Liikuvusamet vastutava töötleja ja teabevaldajana koos Tallinna Digiteenistuse, teostaja ja hoolduspartneriga; arvesse võetakse OMNIA litsentsi valdaja ja tarnija tingimusi, kolmandate andmeallikate lepinguid ning avaldamisel Transpordiameti kui riikliku juurdepääsupunkti haldaja nõudeid. PPA kaasatakse PPA võrgus olevate kaamerate korral. Osapoolte rollid koondab piloodi ettevalmistamisel kaasatavate asutuste tabel. Dokumenteeritud liidesed ning kokkulepitud andmete ja konfiguratsiooni üleandmine peavad võimaldama sõltumatut kontrolli ja teenuse jätkamist.

Andmetöötluses eristatakse tegelikult anonüümseid andmeid isikuga seostatavatest andmetest. Tunnuse asendamine koodiga ei taga anonüümsust. Avalik väljund ning juhtimise sisend peavad säilitama andmete päritolu, mõõdetud ja taastatud väärtuste eristuse ning nende kasutamise piirangud.

Laiendusvõime tõendamiseks tehakse piloodis nõuetes kirjeldatud koormuskatsed ning esitatakse seadmete sobivuse, uue ristmiku lisamise ja püsiva haldamise plaan. A puhul hõlmab kontroll ka OMNIA välisliidese ja OMNIA serveri kaudu toimivat ahelat, B puhul otseliideseid ja adaptereid. Koormuskatse võib kasutada kokkulepitud katseandmeid; see ei tähenda kõigi linna ristmike tegelikku ühendamist piloodis. Koridorikoordineerimise hindamiseks katsetatakse mitut omavahel seotud ristmikku.

2.9 Peamised muutused olemasolevast olukorrast sihtolukorda

Muutused lähteolukorrast sihtolukorda võtab kokku Tabel 11.

Tabel 11. Peamised muutused hetkeolukorrast sihtolukorda.

Valdkond	Vahearuandes kirjeldatud lähteolukord	Kavandatud muutus
Fooriliidesed	Tootja pakub kolmanda osapoole lahendustele tasulist välisliidest (API), mille funktsioonid, lubatud käsud, jõudlus ja hind selguvad tarnija kirjalikust kinnitusest ja liidese tõendustestist; osa nõudlusinfost jääb kohalikku juhtimisse.	Oleku lugemine ja jälgitav käsuahel: A-variandis OMNIA välisliidese kaudu, B-variandis otse avatud protokolli või kontrollitud adapteri kaudu.
Mõõtmine	Loendus- ja juhtimisahelad on osaliselt eraldatud; liiklejagruppide tuvastuses on lünki.	Funktsioonipõhine andmekatvus, vajalikud täiendavad andurid ja sõltumatult kontrollitud täpsus.
Andmekvaliteet	Arvutuslikult täidetud lüngad vajavad mõõdetud andmetest eristamist.	Päritolu- ja kvaliteedimärgis, automaatne seire ning kasutuse piiramine sobimatu sisendi korral.
Prioriteet	Kohalik ja keskne ahel erinevad; keskse ahela toimimine ja prioriteetide koordineerimine vajavad parandamist.	Tõendatud kutsungiteed, seotud taotlused ja linna kinnitatud liiklejate teenindamise põhimõtted.
Operaatoritöö	Liikuvusametil on seire ja järelevalve roll, hoolduspartneril teabe vastuvõtu ja rikkehalduse roll.	Ühine olukorrapilt, jälgitav menetlus ja selgelt jaotatud sekkumisvastutus operaatori (Liikuvusamet või valitud variandi järgi teenuseosutaja), Liikuvusameti foorisüsteemi spetsialisti ja hoolduspartneri vahel; juhtimisotsuste tegemine on uus operaatori funktsioon.

2.10 Piloodi väljundid ja järgmise etapi otsused

Järgmises etapis rakendatakse ja katsetatakse piiritletud testalade lahendust. Piloot hõlmab vajalikku liidestamist, mõõtmist, juhtimisfunktsioone, operaatoritöö tuge ning ohutuse ja rikkekäitumise kontrolli. Lisaks tõendatakse nõutud laiendusvõime ja koostatakse edasise kasutuselevõtu kava. Pakkuja valib tehnilise teostuse, näiteks andurite tehnoloogia ja paigalduskohad, protokolliprofiili, andmeväljastuse vormingu ja prognoosimeetodi, kui lahendus täidab linna kinnitatud testalade, lubatud arhitektuurivariantide ja tulemusnõuete tingimused.

Piloodi lõpuks peab linn saama lisaks töötavale lahendusele katseprotokollid, mõju- ja kuluhinnangu, dokumenteeritud liidesed ja konfiguratsiooni, koolituse ning käitus- ja hoolduskorralduse. Üleandmine peab näitama, millistes tingimustes on toimimine tõendatud, millised piirangud jäävad ning millist lisatööd vajab laiendamine. Kohustusliku tulemuse täpne ulatus ja vastuvõtt määratakse järgmise hanke ettevalmistamisel.

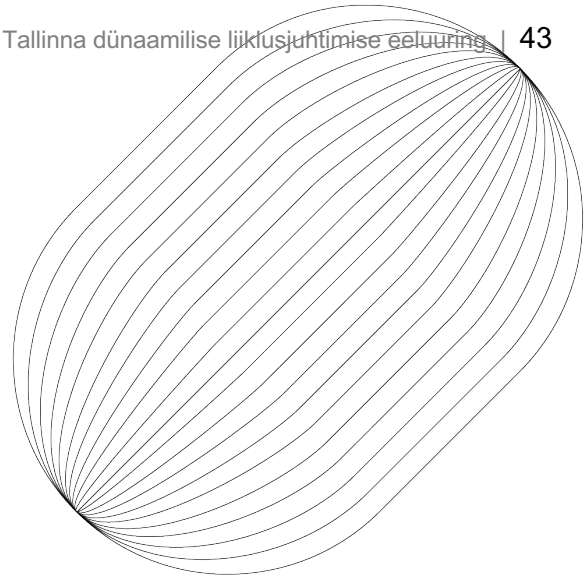
Piloodi ettevalmistamisel vajalikud otsused koondab Tabel 12.

Tabel 12. Piloodi ettevalmistamise otsused ja vajalikud tõendid.

Otsus või tegevus	Eeluuringu soovitus ja põhjendus	Mida tuleb kinnitada või tõendada
Testala ja võrdlusalus	Valida ala, kus saab kontrollida kavandatud kasutusjuhte ja eristada uue juhtimise lisamõju.	Objektide loetelu, baastase, katsekorraldus ja väliste muutuste arvestus enne sekkumist.
A/B arhitektuur	Võrrelda lubatud variante sama mahu ja teenustaseme alusel.	Liideste funktsioonid ja õigused, vajalikud uuendused, vastutus ning võrreldav elukaarekulu.
Andmed ja automaatfunktsioonid	Lubada kasutusse ainult piisava sisendi ja tõendatud toimimisega funktsioonid.	Andmekatvus, kvaliteedipiirid, valideerimine ja käitumine kvaliteedi languse korral.
Liiklejate teenindamise põhimõtted	Määrata eesmärkide vaheline prioriteet enne algoritmi hindamist.	Ohutuspiirid, liiklejagruppide teenindamine ja lubatud kompromissid.
Käitamine ja rahastus	Planeerida arendusega koos töökorraldus ja püsikulud.	Rollid, teenuse osutamise periood, litsentsid, seire, hooldus ja sõltuvate osapoolte kohustused.

Otsus või tegevus	Eeluuringu soovitus ja põhjendus	Mida tuleb kinnitada või tõendada
Laiendamine	Otsustada mõõdetud mõju, töökindluse, halduskoormuse ja kulu alusel.	Kas laiendada, täiendada ja uuesti katsetada või piirata lahenduse kasutusala.

Piloodi tulemus peab näitama, millistes tingimustes lahendus toimib ohutult, milline on selle liiklusmõju ja milliseid kulusid see nõuab. Ka piiratud kasutusala või täiendava arenduse vajaduse tuvastamine annab linnale otsustamiseks vajalikku teavet. Piloodis kontrollitakse, kas liiklusvoog muutub stabiilsemaks ja prognoositavamaks (viivitus, peatumiste arv, koridori peatumata läbimiste osakaal ja ristmike kinnisõidu sündmused) ning kas liiklejagruppide teenindus paraneb (ooteaeg ja selle 95. protsentiil).



Dünaamilise liiklusjuhtimise pilootprojekti testpiirkonna valik

civitta

3 Testpiirkonna valik ja põhjendus

Testala analüüs hindab linnalt saadud lähteala sobivust ning põhjendab kahe piiritletud ala ettepanekut. Käsitlus seob katsetatavad funktsioonid, mõõtmisvajaduse ja käivitamise eeldused. Aruande ettepanek ei asenda linna otsust hanke lõpliku ulatuse kohta [1].

Linn kinnitab enne hanke väljakuulutamist testala piirid, töömahu ja liideste lähteandmed. Olemasolevaid mõõteandmeid saab kasutada ettevalmistuseks juba varem; piloodi ametlik baastase kogutakse kinnitatud mõõtmiskava järgi enne juhtimisloogika muutmist.

Testala ettepaneku alus on esitatud vahearuanne, sihtolukorra nõuded, linnalt saadud seadmete ja liikluskorralduse teave ning võrdluslinnade kogemus. Ajaloolisi koridorianalüüse kasutatakse kandidaatide leidmiseks, mitte praeguse liiklusmõju või tasuvuse tõendina.

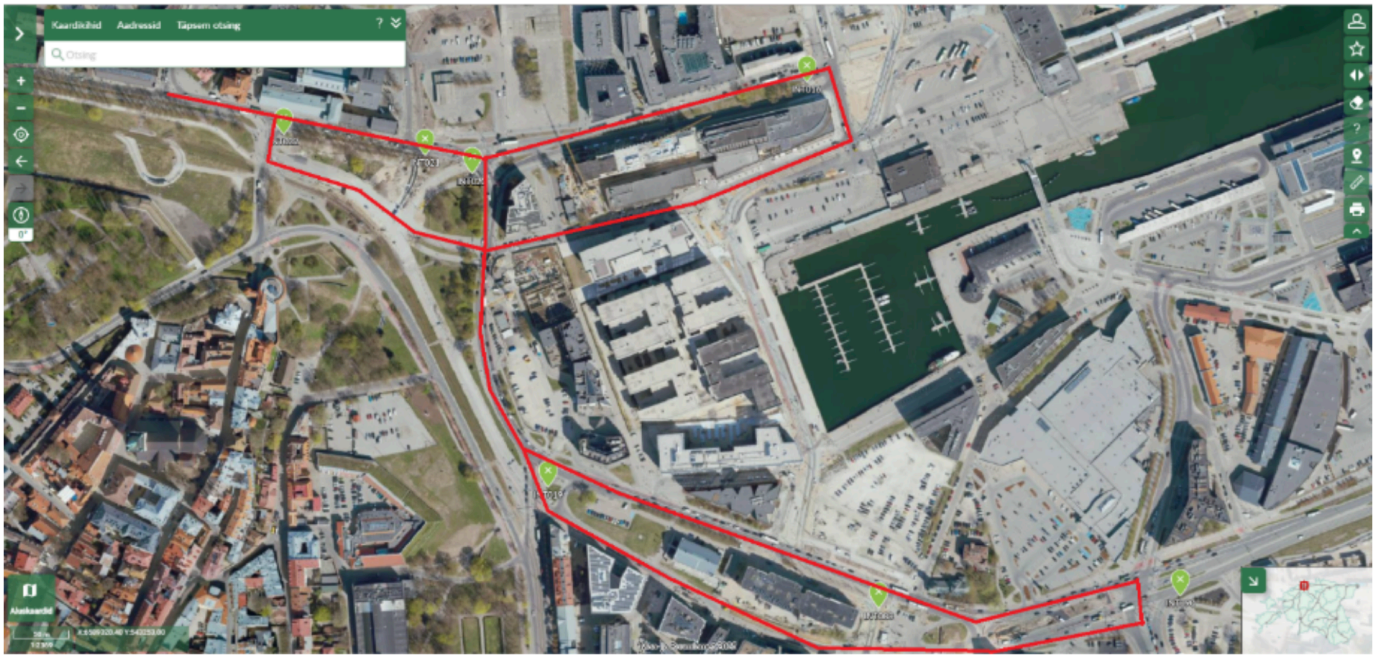
3.1 Hindamisraamistik

Hindamisraamistik koosneb viiest kriteeriumist. Kaalud on eeluuringu ettepanek, mille linn saab ala lõpliku valiku juures kinnitada või põhjendatult muuta. Käesolev hinnang on kvalitatiivne: kaalude esitamine ei tähenda, et kõigi alternatiivsete alade kohta oleks tehtud võrreldava andmestikuga punktiarvutus. Kriteeriumid esitab Tabel 13.

Tabel 13. Testala hindamise kriteeriumid ja kaalude ettepanek.

Kriteerium	Hinnatav asjaolu	Kaalu ettepanek	Tähendus valikule
Mõõdetavus	Nelja eesmärgi näitajate mõõdetavus, võrdlusandmete kvaliteet ja väliste mõjurite arvestamise võimalus.	30%	Mõju peab olema hinnatav koos ebakindluse ja kõrvalmõjudega.
Tehniline valmisolek	Kontrollerid, vajalikud liidesed, andurid, side ja ajasünkroonsus.	25%	Näitab enne juhtimiskatset vajalikku ettevalmistust.
Liidestamistöö maht	Süsteemide ühendamine, kasutusõigused ja objektipõhised seadistused.	20%	Mõjutab arenduse ajakava, maksumust ja sõltuvusi.
Tulemuse rakendatavus mujal	Korduvad ristmikutüübid, kasutusjuhud ja lahenduse laiendusvõime.	15%	Aitab hinnata, millistes järgmistes piirkondades saab tulemust kasutada.
Katsetingimuste stabiilsus	Teetööd, ehitus, liinivõrgu ja muu liikluskorralduse muutused.	10%	Määrab võrdlusperioodid ja täiendavate mõõtmiste vajaduse.

Linna esialgne Sadama piirkonna ettepanek hõlmab erineva iseloomuga liiklusvooge: läbivat liiklust, laevade saabumisega seotud nõudlust, jalakäijate liikumist ja trammiühendusi. Selline ala on oluline katsekeskkond, kuid paljude samaaegsete muutuste tõttu tuleb katsetatavad funktsioonid ja hindamise piirid selgelt määrata. Esialgse ala ulatust näitab Joonis 5.



Joonis 5. Linna esialgne Sadama testpiirkonna ettepanek.

Soovitame alustada piiratud tehnilistest katsetest ning laiendada pilooti kasutusjuhtude hindamiseks vajalikule ulatusele. See vähendab korraga lahendatavate ühenduste ja seadistuste hulka, säilitades võimaluse hinnata tegelikke koridoriprobleeme. Ettepanekut põhjendavad järgmised asjaolud.

3.1.1 Mõju eristamine muudest liiklusmuutustest

Liiklusnäitaja muutust võivad põhjustada nii uus juhtimisloogika kui ka laevagraafik, teetööd, ilm või ühistranspordikorraldus. Mõõtmiskava peab võimaldama neid mõjusid arvestada, kasutades sobivaid võrdlusperioode ja võimaluse korral kontrollala. Kõigi väliste tingimuste muutumatust ei saa eeldada; nende mõju tuleb kirjeldada ning järelduse ebakindlust hinnata.

3.1.2 Tallinna varasemate katsetuste arvestamine

Vahearuandes kirjeldatud Reidi tee kogemus osutab vajadusele kontrollida tsüklipikkuste ja juhtimiseesmärkide sobivust tegelike liiklusvoogudega. Sellest ei saa ilma eraldi põhjusanalüüsita järeldada, et probleem tulenes üksnes algoritmist või üksnes prioriteetide kokkuleppe puudumisest. Uues piloodis tuleb mõõta eri suundade ooteaegu ja järjekordi ning määrata lubatud kompromissid enne katset.

3.1.3 Võrdluslinnade juurutamiskogemus

Vahearuandes kirjeldatud Vilniuse etapiviisiline üleminek ja Helsingi arenduskogemus näitavad, et seadmete ühendamine ja adaptiivse juhtimise kasutuselevõtt vajavad eraldi aega. Tallinna jaoks tähendab see piiratud katseid, toimiva kohaliku juhtimise säilitamist ning järgmisse etappi liikumist kontrollitud tulemuste alusel [2].

3.1.4 Kandidaatalade võrdlus ja rakendamise keerukus

Hindamisraamistikku rakendati kahe ala kohta kvalitatiivse hinnanguna. Järgmine tabel esitab hinnangu kriteeriumide kaupa ning testalade rakendamise keerukuse; arvuline punktiarvutus eeldaks mitme ala kohta võrreldavat andmestikku.

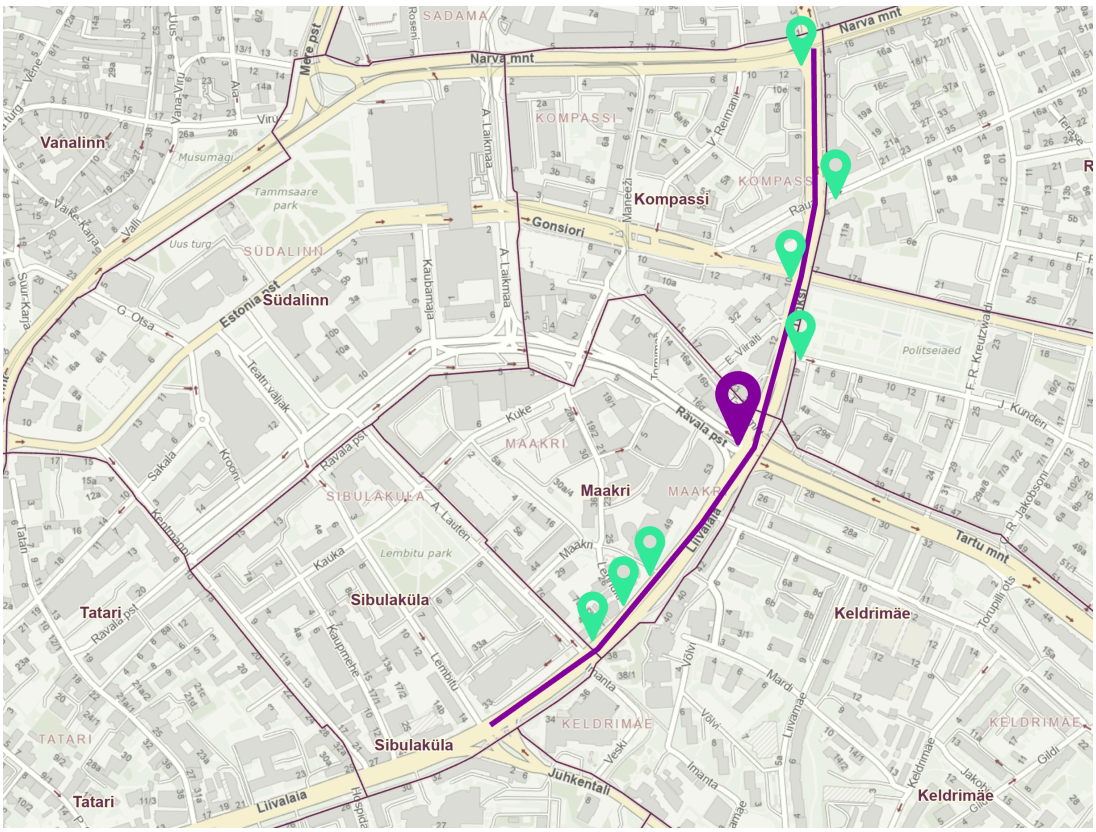
Tabel 14. Kandidaatalade kvalitatiivne hinnang ja rakendamise keerukus.

Kriteerium või aspekt	Pronksi–Liivalaia koridor	Sadama piirkond
Mõõdetavus (30%)	Kõrge: mitu seotud ristmikku ja ühistranspordi läbimised; mõju saab muudest muutustest eristada võrdlusperioodide abil	Keskmine: laevagraafik ja sündmused muudavad nõudlust, mõju eristamine on keerukam
Tehniline valmisolek (25%)	Keskmine: tuvastuse katvus ja olemasolevate andurite kasutus juhtimises vajavad kinnitust	Keskmine: kolm kontrollerit; tuvastuse katvus ja olemasolevate andurite kasutus juhtimises vajavad kinnitust
Liidestamistöö maht (20%)	Suurem: seitse ristmikku, seitse kontrollerit ja üheksa fooriobjekti (arvutusnäite jaotus, vajab kinnitust)	Väiksem: kolm kontrollerit ja üheksa fooriobjekti
Tulemuse rakendatavus mujal (15%)	Kõrge: korduvad ristmikutüübid ja kasutusjuhud	Keskmine: piirkonnale omane nõudlus
Katsetingimuste stabiilsus (10%)	Selgitamisel: ehitus- ja rekonstrueerimiskavad vajavad linna kinnitust	Selgitamisel: ehitus- ja rekonstrueerimiskavad vajavad linna kinnitust
Tehnilised väljakutsed	Kaks kontrolleritüüpi (ITC3 ja ITC2 Linux), liidestus ja tuvastuse katvus; enamik ristmikke töötab fikseeritud fooriprogrammiga	Kaks kontrolleritüüpi (ITC3 ja ITC2 Linux); laevaliiklusest tingitud nõudluse mõõtmine; Mere pst–Sadama–Kai ja Põhja pst–Sadama–Kursi kontrollerid suhtlevad füüsilise signaali kaudu (vaskkaabel trammi kohaloleku teabe edastamiseks)
Koordineerimisvajadus	Kõrge: koridori koordineerimine, tramm ja ühistransport, mõju naaberristmikele	Keskmine: sadama ja ühistranspordi voogude koordineerimine
Ajaline keerukus	Keskmine: mõõtmiskava ühe koridori kohta	Kõrge: mõõtmiskava sõltub laevagraafikust
Kulutase (objektitööde arvutusnäide)	239 000 € (9 fooriobjekti)	195 000 € (9 fooriobjekti); platvorm ja litsentsid 975 000 € on mõlemale alale ühised
Peamised riskid	Kontrollerite liidestus, tuvastuse katvus, mõju eristamine muudest muutustest	Samaaegsed muutused, laevagraafiku mõju võrreldavusele, prioriteedi mõju teistele suundadele

Pronksi–Liivalaia koridor esindab kesklinna ja põhimagistraalide koridore, kus ristmikud paiknevad lähestikku ning ühistranspordi ja trammi prioriteet ja jalakäijate teenindamine on koridori osa; nõudluspõhise jaotuse, koordineerimise, kinnisõidu ennetamise ja ühistranspordi prioriteedi tulemusi saab kasutada järgmise analüüsi kandidaatkoridoride hindamisel. Sadama piirkond esindab perioodilise ja piirkonnale omase nõudlusega kohti; selle tulemused kanduvad laiendusse kasutusjuhtude kaupa (ühistranspordi prioriteet ja jalakäijate teenindamine nõudluse tipus). Laiendamisel arvestatakse kontrolleripõlvkondade erinevust, lisanduvat tuvastust ja koridori ristmike vahekaugust; kandidaatkoridoride sobivus hinnatakse laiendusalade võrdluskriteeriumide alusel.

3.2 Ettepanek dünaamilise liiklusjuhtimise testala koosseisu kohta

Soovitame kasutada kahte teineteist täiendavat testala. Pronksi–Liivalaia koridor ulatub Narva mnt–Jõe–Pronksi ristmikust Liivalaia–Juhkentali ristmikuni (Joonis 6). Koridori keskne katsekoht on Liivalaia–Tartu mnt–Pronksi ristmik, kus hinnatakse ühistranspordi eelisläbipääsu ja ristmiku kinnisõidu ennetamist. Naaberristmike kaasamine võimaldab kontrollida koordineerimist ning mõju kõrvalsuundadele ja juhtimisala piiridele. Kohalikku juhtimist saab katsetada üksikul ristmikul, kuid koridorimõju hindamiseks on vaja mitut seotud ristmikku.



Joonis 6. Pronksi–Liivalaia testala piiritlus.

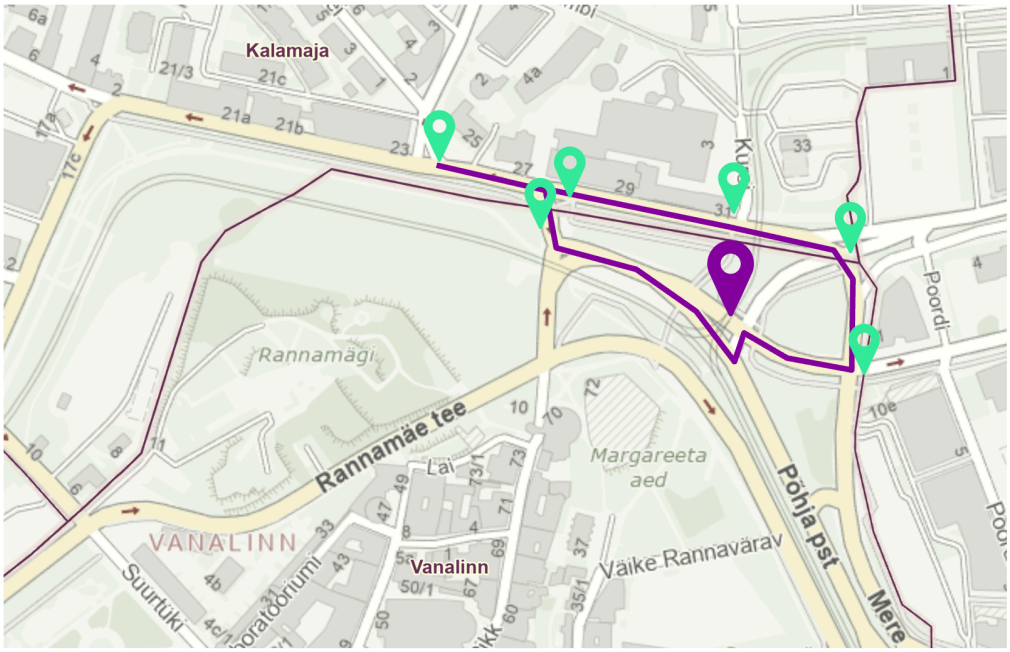
Pronksi–Liivalaia testala ristmikud ja nende ülesanded esitab Tabel 15. Kontrolleritüüp ja INT-number on eeluuringu analüüsi järgi (ristmike tehnilised joonised ja hoolduspartneri teave); kontrolleri mudel ja püsivara versioon selgitatakse enne hanke väljakuulutamist; tegelik liidesefunktsioonide sobivus tõendatakse koos püsivara ja seadistusega.

Tabel 15. Pronksi–Liivalaia testala ristmikud ja katseülesanded.

Ristmik	Ülesanne piloodis	Hinnatav tulemus	Kontroller
Narva mnt–Jõe–Pronksi (INT078)	Juhtimisala põhjapoolne piir.	Saabuva voo ja naaberristmikule kanduva järjekorra mõju.	ITC3
Pronksi–Raua (INT102)	Nõudluspõhine jaotus ja koridori koordineerimine.	Ooteaeg, kasutamata roheline aeg ja peatumised.	ITC3
Pronksi–Gonsiori (INT103)	Nõudluspõhine jaotus ja koridori koordineerimine.	Ooteaeg ja koordineerimise mõju eri suundadele.	ITC3
Pronksi–Kunderi (INT201)	Väiksema nõudlusega suundade teenindamine.	Nõudlusega suuna teenindamine ja ooteaja piirid.	ITC3
Liivalaia–Tartu mnt–Pronksi (INT104)	Kinnisõidu ennetamine ning trammi ja muu ühistranspordi eelisläbipääs.	Blokeerumise kestus, järjekord ja ühistranspordi viivitus.	ITC2 Linux
Liivalaia–Lauteri–Lennuki (INT202)	Jalakäijate ja jalgratturite teenindamine koridori osana.	Tuvastatud nõudluse teenindamine ning oote- ja ületusaeg.	ITC2 Linux
Liivalaia–Juhkentali (INT105)	Juhtimisala lõunapoolne piir.	Väljuva voo mõju ja naaberalale kanduv järjekord.	ITC3

Sadama testala hõlmab Mere pst–Sadama–Kai, Põhja pst–Sadama–Kursi ning Põhja pst–Suur-Rannavärava–Kalasadama ristmike ümbrust (Joonis 7). Lähteandmetes on selle ala kohta kirjeldatud kolm kontrollerit ja üheksa fooriobjekti; kontrolleri ja fooriobjekti arvestus tuleb hoida eraldi. Katsetes hinnatakse laevade saabumisega seotud muutuvat nõudlust, ühistranspordi prioriteeti ja jalakäijate teenindamist.

Laevagraafik annab nõudluse kohta eelteavet, kuid tegelik saabumisaeg, maht ja liikumiste jaotus varieeruvad. Seetõttu tuleb enne-pärast võrdluses arvestada nii graafiku kui ka mõõdetud liiklusvooga.



Joonis 7. Sadama testala piiritlus.

Sadama testala ülesanded esitab Tabel 16. Kontrolleritüübid ja INT-numbrid on eeluuringu analüüsi järgi (ristmike tehnilised joonised ja hooldusparteri teave)

Tabel 16. Sadama testala ristmikud ja katseülesanded.

Ristmik	Ülesanne piloodis	Hinnatav tulemus	Kontroller
Mere pst–Sadama–Kai (INT020)	Sadama ja kesklinna suundade ning jalakäijate teenindamine.	Muutuva nõudluse, prioriteedi ja ületusnõudluse koosmõju.	ITC3
Põhja pst–Sadama–Kursi (INT021)	Ühistranspordi prioriteet Põhja pst suunal.	Ühistranspordi viivitus ja jalakäijate ooteaeg sekkumise ajal.	ITC3
Põhja pst–Suur-Rannavärava–Kalasadama (INT022)	Juhtimisala piir, jalakäijate teenindamine ja trammi prioriteet Kopli suunalt kesklinna (vajab kinnitust).	Naaberristmiku sekkumise mõju, trammi viivitus Kopli suunalt kesklinna ning teiste suundade ooteaja piirid.	ITC2 Linux

3.2.1 Liikluskoormus ja liiklusmuster testaladel

Pronksi–Liivalaia koridor on kesklinna idaosa läbiv koridor, mille ristmikel sõidavad tavaliiklusega koos tramm ja bussid ning on jalakäijate ja jalgratturite ületusnõudlus. Liivalaia–Tartu mnt–Pronksi ristmik on trammi ja ühistranspordi prioriteedi ning kinnisõidu ohu keskne katsekoht, Pronksi–Raua ja Pronksi–Gonsiori ristmikud on koridori koordineerimise sõlmed ning Liivalaia–Lauteri–Lennuki ristmik on jalakäijate ja jalgratturite teenindamise koht. Liivalaia–Pärnu mnt ja Tartu mnt on fikseeritud nihkega koordineeritud rohelise laine koridorid, mis testala koridoriga ristuvad või sellega liituvad.

Liivalaia tänav on magistraal, mille koormus jaotub tööpäeva jooksul suhteliselt ühtlaselt, mistõttu päevase ja tipptunni koormuse vahe on väike [60]. Õhtusel tipptunnil moodustab märkimisväärse osa liiklusest transiit Pärnu mnt ja Tartu mnt vahel. Liivalaia–Tartu mnt–Pronksi ristmik töötab siis osa suundade puhul läbilaskevõime piiril, kusjuures ülekoormus tekib linnast väljuvas suunas [60]. Liiklejatüüpide jaotust kujundavad sellel ristmikul ristuvad trammi- ja bussiliinid ning Liivalaia ristmike jalakäijate ja jalgratturite

ületused. Liivalaial ei ole ühistranspordiradu ja Tartu mnt ristmikul puudub eraldi jalgrattaületus, mistõttu bussid ja jalgratturid jagavad läbilaskevõimet sõiduautodega [60].

Eeluuringu analüüsi järgi on Pronksi–Liivalaia testalal seitse kontrollerit (viis ITC3 ja kaks ITC2 Linux) ja Sadama testalal kolm (kaks ITC3 ja üks ITC2 Linux). Pronksi–Raua, Pronksi–Gonsiori, Liivalaia–Tartu mnt–Pronksi, Liivalaia–Lauteri–Lennuki, Liivalaia–Juhkentali ja Põhja pst–Suur-Rannavärava–Kalasadama ristmiku kontrollerid töötavad fikseeritud fooriprogrammidega; Põhja pst–Sadama–Kursi ristmikul on aktiveeritav fooriprogramm. Olemasolevate andurite sisendi kasutus juhtimises vajab kinnitust. Sadama testala kolm kontrollerit on ühendatud fiibriga ning Mere pst–Sadama–Kai ja Põhja pst–Sadama–Kursi kontrolleri vahel liigub trammi kohaloleku teave vaskkaabli kaudu.

Sadama testala koormust kujundab Vanasadama reisiliiklus, mille ajaline muster tuleneb laevagraafikust. Tallinna Sadama saabuvate liinireiside nimekirjas oli analüüsi ajal 14 Helsingist ja Stockholmist saabuvat reisilaeva, neist kuus A-terminali ja kaheksa D-terminali [61]. Nimekirja kellaaegade järgi jaotusid saabumised hommikust kuni pärast südaööd ning päevasel ajal saabus laev ühte kahest terminalist enamasti poole tunni kuni kolme tunni järel [61]. Graafik muutub nädalapäeva ja hooaja järgi. Näiteks on Viking Line'i Helsingi liinil reedeti lisaväljumine ja suvel lisanduvad liinile ajutiselt täiendavad laevad [67].

Laeva saabumise mõju avaldub testala eri osades sõltuvalt terminalist. A-terminali, mida kasutavad Eckerö Line ja Viking Line, sõidukid liiguvad Mere puiesteelt Sadama ja Logi tänava kaudu [64], mistõttu A-terminali saabumine koormab Mere pst–Sadama–Kai ristmikku linna suunas. D-terminal asub Uus-Sadama tänaval [62] ja selle voo osakaal testala ristmikel avalikest allikatest ei selgu, mistõttu see määratakse baastaseme mõõtmisel. Terminali ette pääsevad lühiajaliselt ainult bussid ja lepingulised taksod, eraautod ja sõidujagamisteenused [62]. Vanasadama trammiliin läbib alates 1.12.2024 Kai tänavat ja peatub A-terminali ees [62] [66], mistõttu laeva saabumisel kattuvad terminali lähistel sõidukite, trammi ja jalakäijate vood.

Reisiliikluse koormus on hooajaline. 2025. aastal teenindati Tallinn–Helsingi liinil 7,3 miljonit reisijat ning kruiisilaevad tegid Tallinna 125 külastust ligikaudu 190 000 reisijaga [68]. Kruiisireisijate arv kasvas 2024. aastaga võrreldes ligikaudu veerandi võrra ja hooaeg ulatus ka talve, sest IV kvartalis oli 10 külastust [68]. 2026. aasta III kvartalis teenindati Tallinn–Helsingi liinil üle 40 % üheksa kuu reisijatest [63]. Kruiisilaevad külastavad Tallinna 2026. aastal märtsi lõpust detsembrini ja aasta jooksul oodatakse 143 külastust [65]. Aastases mahus moodustavad kruiisireisijad alla 3 % Helsingi liini reisijate arvust, mistõttu Sadama testala igapäevast koormust kujundab liinilaevade graafik ning kruiisi mõju avaldub peamiselt külastuspäevadel ja jalakäijate voogudes. Eeldatavalt suurendab kruiisireisijate liikumine Vanasadamast kesklinna ja vanalinna suunas suvel jalakäijate nõudlust testala ülekäikudel. Kruiisilaevade kai ja kruiisireisijate peamine liikumistee testala ristmike suhtes vajab kinnitust.

Analüüsi põhjal ei selgu, kui kaua laeva saabumisest tingitud puhang testala ristmikel kestab ja millal see pärast saabumist tipneb. Puhangu kestus ja tipp mõõdetakse baastasemes, sidudes loendusandmed laeva tegeliku saabumisajaga.

Testala püsiloenduse seirepunktid on Narva mnt–Jõe–Pronksi (12 andurit), Liivalaia–Tartu mnt–Pronksi (18 andurit), Pronksi–Kunderi (2 andurit, ühendatud Liivalaia–Tartu mnt–Pronksi foorikappi) ja Põhja pst–Suur-Rannavärava–Kalasadama (7 andurit). Vahearuande viie nädala valimis oli Narva mnt–Jõe–Pronksi ja Põhja pst–Suur-Rannavärava–Kalasadama punktis üksikutel anduritel kahtlaseid väärtusi. Seirepunktid annavad sõidukite 15-minutilised loendusandmed seireplatvormile ja on kontrolleri juhtimisanduritest eraldi kiht; kontrolleri juhtimisandurite kasutus juhtimises vajab kinnitust. Sadama ala ristmikel kajastavad jalakäijate nõudlust nupuvajutuste logid; Pronksi–Liivalaia ristmikel mõõdetakse kergliikluse nõudlus piloodis; olemasolevad nõudenupud ja nende kasutus juhtimises selgitatakse kohavaatlusel. Kergliikluse

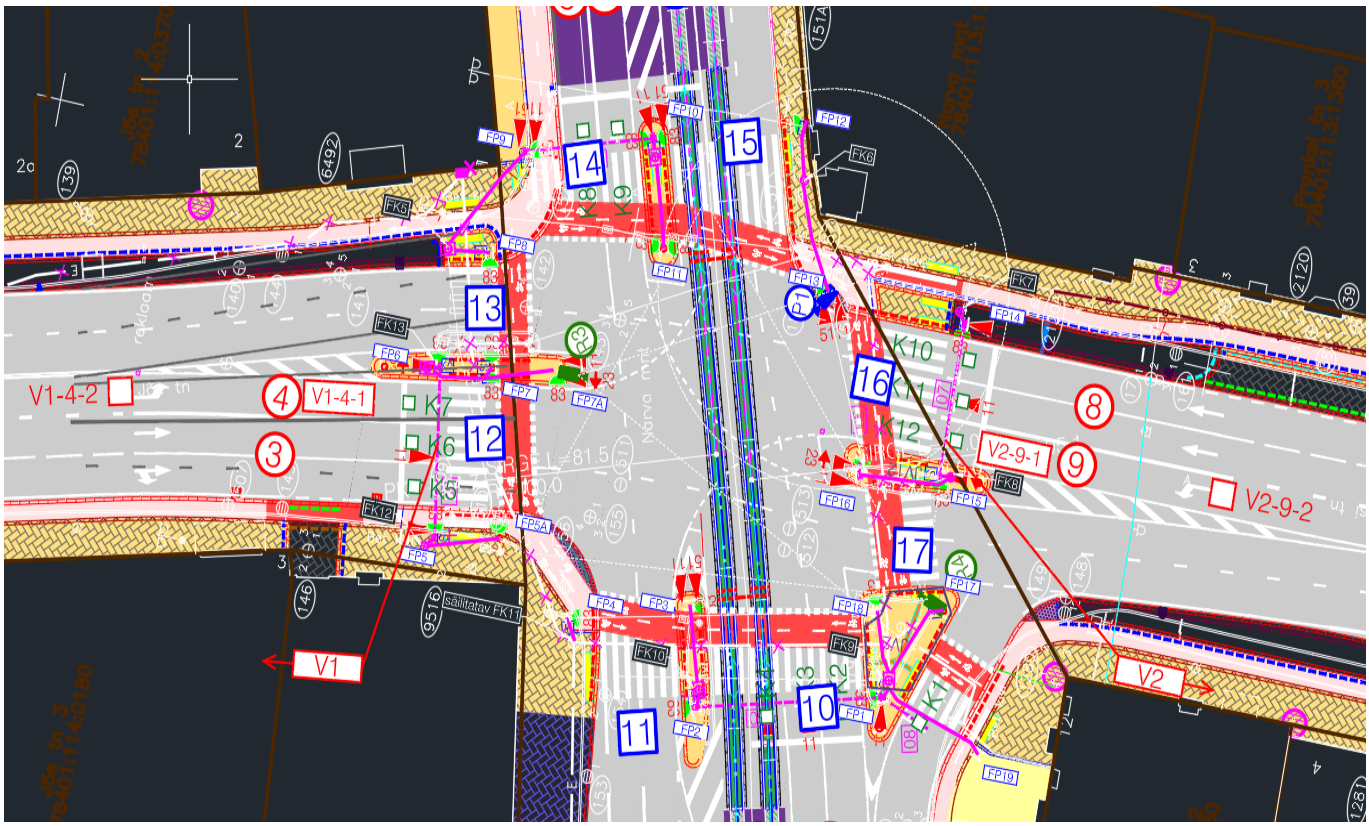
püsiloendusandurid paiknevad testaladest väljas. Tipptundide, suunajaotuse ja liiklejatüüpide arvuline jaotus selgitatakse seire.tallinn.ee loendusandmete väljavõtte põhjal ja kinnitatakse baastaseme mõõtmisel enne juhtimisloogika muutmist.

Baastaseme ja piloodiperioodi võrdluses eristatakse Pronksi–Liivalaia testalal tööpäeva tipptunde ja päevast aega ning Sadama testalal laeva saabumisega ja ilma saabumiseta ajavahemikke. Kuna baastaset mõõdetakse väljaspool koolivaheaegu, jääb Sadama testala suvine tipp sellest välja. Tipphooaja hindamiseks on vaja eraldi mõõtmisperioodi.

3.2.2 Testalade ristmike taristu ja tehnilised eeldused

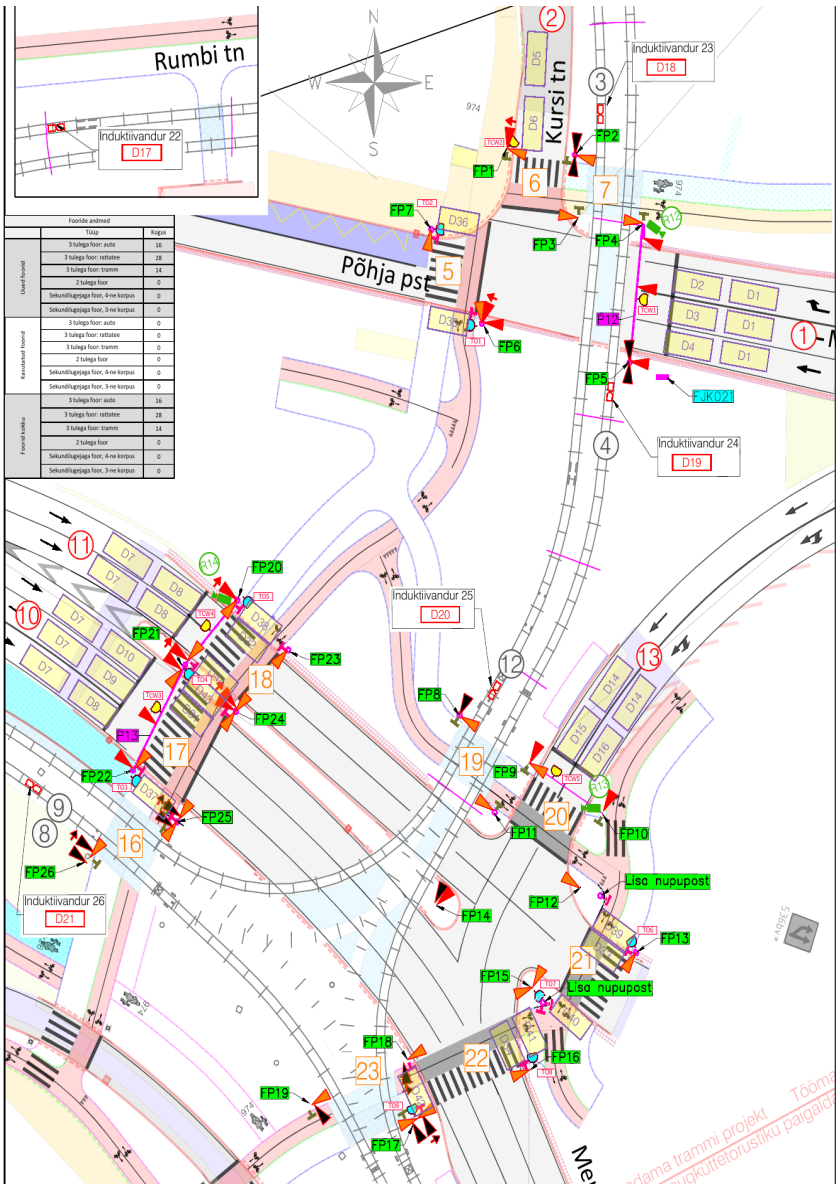
Tabel „Testalade ristmike taristu, olemasolevad seadmed ja täiendused" (jooniste järel) koondab testala ristmike kaupa kontrolleri ja selle töörežiimi, olemasolevad tuvastus- ja seireseadmed, side, adaptiivse juhtimise lünga ning potentsiaalselt hangitavad seadmed ja tööd. Kogused on esitatud signaaligruppide kaupa eeluuringu hinnanguna; andurite arv sõltub valitud tehnoloogiast ja paigaldusest. Testalade seadmete loetelu on eeluuringu analüüs ristmike tehniliste jooniste ja hoolduspartneri teabe põhjal ning hetke parim teave; seadmete ametlikku registrit eeluuringu koostajale teadaolevalt ei ole. Loetelu on mittetäielik; seadmed, nende seisukord ja kasutus juhtimises kinnitatakse kohavaatlusel enne hanke väljakuulutamist. Hoolduspartneri teabest pärinevad andmed (kontrolleri tüüp, töörežiim, side ja trasside seisukord) vajavad kinnitust; trasside seisukord on eeluuringu hinnang, mis kinnitatakse kohavaatlusel. ITC3 kontrolleritele lisatakse B-variandis avatud protokolli sideseadistus (tootja juhendi järgi valitakse protokollirežiim sideparameetrites) ja võimalik litsentsitingimus vajab tootja kinnitust, ITC2 Linux kontrollerite puhul määrab otseühenduse sobivuse püsivara versioon ning A-variandis liiguvad käsud OMNIA välisliidese kaudu.

Analüüsi aluseks olevate tehniliste jooniste sisu illustreerivad kaks järgmist näidet. Kõigi testala ristmike joonised on eeluuringu lähteandmetes ja antakse pakkujatele üle.



Joonis 8. Testala ristmiku tehnilise joonise näide: Narva mnt–Jõe–Pronksi (INT078).

Joonisel on punase ringiga numbrid sõidukite signaaligrupid, sinise ringiga numbrid trammi signaaligrupid ja sinises ruudus numbrid jalakäijate ja jalgratturite signaaligrupid. FP-tähised on foorimastid ja -postid, FK-tähised kaablikaevud ning lillad jooned kaablitrassid. V1 ja V2 on videoandurid vasakpöörde tuvastamiseks (tuvastusalad V1-4-1, V1-4-2, V2-9-1 ja V2-9-2), K-tähised on loenduspunkti seireandurid (ADEC), R2- ja R3-tähised ristmikukaamerad ning sinise ringiga P1-tähis võib tähistada PPA kaamerat (vajab kinnitust). Tähiste tõlgendus on eeluuringu analüüs ja vajab kinnitust.



Joonis 9. Testala ristmiku tehnilise joonise näide: Põhja pst–Sadama–Kursi (INT021; joonise pealkirjas Mere–Sadama–Põhja pst–Kursi).

Joonisel on D-tähised (D1 kuni D44) videoanduri tuvastusalad sõiduridadel ja tähised „Induktiivandur 22" kuni „Induktiivandur 27" (D17 kuni D22) trammi tuvastus. Punase ringiga numbrid on sõidukite signaaligrupid, halli ringiga numbrid trammi signaaligrupid ja oranžid numbrid ülekäikude signaaligrupid; FP-tähised on foorimastid ja -postid. TCW-tähised on sõidukite videoandurid, TO-tähised jalakäijakaamerad ja R-tähised ristmikukaamerad. Joonise vasakus servas on fooride koguste tabel.

Tabel 17. Testalade ristmike taristu, olemasolevad seadmed ja täiendused.

Ristmik	Kontroller ja töörežiim	Olemasolevad tuvastus- ja seireseadmed	Side ja trassid	Adaptiivse juhtimise lünk	Potentsiaalselt hangitav	Kinnitamist vajab ja peamine risk
Narva mnt–Jõe–Pronksi (INT078)	ITC3, kaheraamiline; juhib ka testalavälist Narva mnt–Kreutzwaldi ristmikku	Kaks videoandurit vasakpöördel; seirepunkt, 12 andurit; trammirajal asunud anduri kirje annab nullväärtusi (andur on vahearuande järgi eemaldatud); ristmikukaamerad ja tähis, mis tähistab PPA kaamerat	Fiiber; trassid ehitatud Pronksi tänava rekonstrueerimisel ning heas korras	Viie sõidukigrupi ja kahe trammigrupi tuvastus on tehnilisel joonisel märkimata; kaheksa ülekäigugrupi kergliikluse tuvastus on märkimata; järjekord naaberristmiku suunal	Sõidukituvastus ja järjekorra mõõtmine; trammi kutsungi tuvastus; kergliikluse tuvastus ülekäikudel	Töörežiim, videoandurite tüüp, trammi tuvastus, kaamerate kuuluvus; juhtimisala piir Narva mnt–Kreutzwaldi suunal
Pronksi–Raua (INT102)	ITC3; fikseeritud fooriprogramm	Tehnilisel joonisel on fooripostid, kaablikaevud ja kaablitrass	Fiiber; trassid ehitatud Pronksi tänava rekonstrueerimisel, pigem heas korras	Kolme sõidukigrupi ja kuue ülekäigugrupi tuvastus	Sõidukituvastus ja järjekorra mõõtmine koridori suunal koordineerimiseks; kergliikluse tuvastus; nõudluspõhine seadistus kontrolleris	Kaablitrassi vaba ruum uutele kaablitele; kahe joonisel oleva tähise tähendus; nõudenupud
Pronksi–Gonsiori (INT103)	ITC3; fikseeritud fooriprogramm	Tehnilisel joonisel on fooripostid ja signaaligrupid	Fiiber; trassid ehitatud Pronksi tänava rekonstrueerimisel, pigem heas korras	Seitsme sõidukigrupi, nelja jalgrattagrupi ja kaheksa ülekäigugrupi tuvastus	Sõidukituvastus; jalgratturite ja jalakäijate eristav tuvastus	Jalgrattagruppide liik, fooritüübid
Pronksi–Kunderi (INT201)	ITC3	Videoandur vasakpöördel; seirepunkt, 2 andurit, ühendatud Liivalaia–Tartu mnt–Pronksi foorikappi	Fiiber; trassid ehitatud Pronksi tänava rekonstrueerimisel, pigem heas korras	Ühe sõidukigrupi ja ülekäigu tuvastus	Sõidukituvastus; kergliikluse tuvastus; seirepunkti loendusvoo kasutus sisendina platvormi kaudu (valik)	Töörežiim, videoanduri tüüp
Liivalaia–Tartu mnt–Pronksi (INT104)	ITC2 Linux; fikseeritud fooriprogramm	Seirepunkt, 18 andurit, ja Pronksi–Kunderi seirepunkti andurid samas kapis; tehniline joonis on osaline	Fiiber; trasside seisukord suuresti teadmata	Väljasõidu vaba ruum ja järjekord kinnisõidu ennetamiseks; trammi ja bussi kutsung; kümne sõidukigrupi ja 14 ülekäigugrupi tuvastus	Väljasõidu ja järjekorra tuvastus ummistusohtlikes suundades; trammi ja bussi kutsungiandurid ning prioriteediahela korrastus; sõiduki- ja kergliikluse tuvastus; püsivara uuendus vajaduse korral	Täielik seadmejoonis, trammigrupid, püsivara versioon; osalise joonise tõttu teadmata seadmed
Liivalaia–Lauteri–Lennuki (INT202)	ITC2 Linux; fikseeritud fooriprogramm	Skeemil on foorid (12 V Futurit-tüüpi, osa LED) ja foorikapp	DSL-liin; trasside seisukord suuresti teadmata	Seitsme ülekäigugrupi ja kaheksa sõidukigrupi tuvastus; side võimekus	Kergliikluse tuvastus; sõidukituvastus; vajaduse korral fiiberühendus	Püsivara versioon, side võimekus, sümboli „100” tähendus; olekuvoo värskus DSL-liinil
Liivalaia–Juhkentali (INT105)	ITC3; fikseeritud fooriprogramm	Videoandur Juhkentali väljasõidul bussi eelisläbipääsuks; tuvastusalad Lembitu ja Juhkentali tänava sõiduradadel	DSL-liin; trasside Juhkentali poolne osa pigem heas korras, Liivalaia alune osa teadmata	Väljuva voo ja järjekorra mõõtmine teistel suundadel; viie ülekäigugrupi tuvastus; side võimekus	Sõidukituvastus ja järjekorra mõõtmine; kergliikluse tuvastus; vajaduse korral fiiberühendus	Tuvastusalade töökord, bussi tuvastuse seos fooriprogrammiga, gruppide 1 ja 9 juures olevate tähiste tähendus; olekuvoo värskus DSL-liinil

Ristmik	Kontroller ja töörežiim	Olemasolevad tuvastus- ja seireseadmed	Side ja trassid	Adaptiivse juhtimise lünk	Potentsiaalselt hangitav	Kinnitamist vajab ja peamine risk
Mere pst–Sadama–Kai (INT020)	ITC3, signaaligrupid kuni üheksa	Vanal skeemil olnud 17 induktiivsilmust on eeluuringu analüüsi järgi praeguseks eemaldatud; jalakäijate väljakutsenupud; trammi kohaloleku teave Põhja pst–Sadama–Kursi ristmikult	Fiiber; vaskkaabel Põhja pst–Sadama–Kursi ristmikuga trammi kohaloleku teabe edastamiseks; trasside seisukord teadmata	Sõidukituvastus, sealhulgas sadamast väljuval suunal; ülekäikude kergliikluse tuvastus	Sõidukituvastus; kergliikluse tuvastus	Praegune ristmiku skeem, töörežiim, nuppude arv
Põhja pst–Sadama–Kursi (INT021)	ITC3; aktiveeritav fooriprogramm	Uued foorid: 16 sõiduki-, 28 jalgratta- ja 14 trammifoori; kuni 44 tuvasseadet, -ala (videoandurid, induktiivsilmused) sõiduridadel; 6 induktiivsilmust; videoandurid sõidukitele, jalakäijakaamerad ja ristmikukaamerad	Fiiber; trassid rajatud Sadama rekonstrueerimisel, pigem heas korras	Andurite töökord ja seos kontrolleri sisendiga; trammiprioriteedi kõrvalmõju teistele suundadele ja sadama väljumissuunale; kontrollerite omavahelise ühenduse töökindlus	Liidestus ja seadistus; vana põlvkonna videoandurite asendus; kohavaatlusel leitud rikkis andurite parandus	Andurite tüüp, põlvkond, töökord ja kasutus juhtimises; trammiprioriteedi kõrvalmõju teistele suundadele
Põhja pst–Suur-Rannavärava–Kalasadama (INT022)	ITC2 Linux; fikseeritud fooriprogramm	Seirepunkt, 7 andurit, ühel anduril kahtlased perioodid; lisaandurid väljaspool fooriprogrammide sisendit; toidab Mere pst–Sadama–Kai kollast vilkurit	Fiiber; trasside seisukord pigem teadmata	Seadmete loetelu skeemilt; jalakäijate tuvastus; trammi kutsung Kopli suunalt kesklinna (vajab kinnitust)	Olemasolevate andurite taaskasutus või asendus; trammi kutsungiandur; kergliikluse tuvastus	Skeemi läbivaatus, andurite seisukord, püsivara versioon

Eeluuringu analüüsi järgi on mõlema testala kontrollerid ITC3 või ITC2 Linux tüüpi; eeluuringu hinnangul saab ITC3 ristmikel kasutada olemasolevat kontrollerit; kolmel ITC2 Linux ristmikul sõltub see püsivara versioonist (vanema püsivara korral uuendus või asendus). Vajadus seisneb peamiselt tuvastuse lisamises, kontrolleri liidestuses ja seadistuses. Pronksi–Liivalaia alal töötab viis ristmikku seitsmest fikseeritud fooriprogrammiga ning tehnilistel joonistel on videoandur märgitud kolmel sõidukigrupil, Liivalaia–Juhkentali skeemil on tuvastusalad kahe tänava sõiduradadel ja hooldus partneri teabe järgi on Liivalaia–Juhkentali ristmikul bussi eelisläbipääsu videoandur. Sadama alal on tuvastus koondunud Põhja pst–Sadama–Kursi ristmikule. Valmidusklasside järgi on eeluuringu hinnangul Põhja pst–Sadama–Kursi liidesevalmiduse kandidaat, kui olemasolevad andurid töötavad ja annavad sisendi kontrollerile, ning ülejäänud üheksa ristmikku on tuvastust vajavad. Teadmata seisukorraga trasside korral (Liivalaia–Tartu mnt–Pronksi, Liivalaia–Lauteri–Lennuki, Liivalaia–Juhkentali Liivalaia alune osa, Mere pst–Sadama–Kai ja Põhja pst–Suur-Rannavärava–Kalasadama) võib andurite paigaldus vajada trassitöid. Lisanduva tuvastuse orienteeruv kulu on piloodi investeeringu arvutusnäites objektitüüpide ühikuhindades (10 000 kuni 45 000 eurot fooriobjekti kohta); ühikuhinna sisu ja objektitüüpide seos ristmikega kinnitatakse koos kohavaatluse tulemusega enne hanke väljakuulutamist. Orienteeruv lisavajadus testalade kaupa on järgmine.

Tabel 18. Testalade orienteeruv lisavajadus.

Testala	Sõidukituvastus	Kergliikluse tuvastus	Kinnisõidu tuvastus	Ühistranspordi kutsung	Side	Kontroller
Pronksi–Liivalaia (7 ristmikku)	Kuni 42 sõidukigrupile (45 sõidukigrupist on tehnilisel joonisel videoandur märgitud kolmel, vajab kinnitust; Liivalaia–Juhkentali tuvastusalade katvus selgub mõõtmisel)	Kuni 49 ülekäigugrupile ja 4 jalgrattagrupile (jalgrattagruppide liik vajab kinnitust)	Liivalaia–Tartu mnt–Pronksi väljasõitudel; suunad selguvad kohavaatlusel	Trammi ja bussi kutsungi kontroll ja vajaduse korral lisamine Narva mnt–Jõe–Pronksi ja Liivalaia–Tartu mnt–Pronksi ristmikul	Side võimekuse kontroll kahel DSL-ristmikul, vajaduse korral fiiberühendus	ITC3 (5): olemasolev kontroller, B-variandis avatud protokolli sideseadistus ITC2 Linux (2): püsivara versiooni kontroll, vanema püsivara korral uuendus või asendus
Sadama (3 ristmikku)	Mere pst–Sadama–Kai kõigil sõidukigruppidel praeguse skeemi järgi; Põhja pst–Sadama–Kursi andurite töökorra kontroll ja vana põlvkonna videoandurite asendus (vajab kinnitust); Põhja pst–Suur-Rannavärava–Kalasadama andurite taaskasutus või asendus seisukorra järgi	Kõigil ülekäikudel; kogus selgub Mere pst–Sadama–Kai praegusest skeemist, Põhja pst–Sadama–Kursi ja Põhja pst–Suur-Rannavärava–Kalasadama skeemi läbivaatusest ja kohavaatlusest	Vajadust hinnatakse kohavaatlusel	Trammi kutsung Kopli suunalt kesklinna Põhja pst–Suur-Rannavärava–Kalasadama ristmikul (vajab kinnitust)	Fiiber kõigil kolmel ristmikul; trammi kohaloleku teave liigub vaskkaabli kaudu	ITC3 (2): olemasolev kontroller, B-variandis avatud protokolli sideseadistus; ITC2 Linux (1): püsivara versiooni kontroll, vanema püsivara korral uuendus või asendus

3.3 Piloodi vastuvõtt ja liiklusmõju hindamine

Piloodi hindamine hõlmab kõiki nelja liikluseesmärki ja võrgu üldnäitajaid. Mõõdikud seotakse testala andmeallikatega ning nende alusel hinnatakse nii rakendamiseelset olukorda kui ka piloodi tulemust [4].

Piloodi hindamisel eristatakse tehnilist vastuvõttu ja liiklusmõju hindamist. Tehniline vastuvõtt kontrollib, kas lahendus täidab kokkulepitud funktsiooni-, ohutus- ja kvaliteedinõudeid. Liiklusmõju hindamine selgitab, kas ja millistes tingimustes parandab lahendus liiklejate teenindamist võrreldes varasema juhtimisega. Näiteks nõudluse tuvastamist kontrollitakse tehnilise katsena, ooteaja muutust aga liiklusmõju mõõtmisega.

Vastuvõtukriteeriumid ja nõutavad tõendid määratakse enne hanke väljakuulutamist. Mõõtmiskava täpsustatakse ja kinnitatakse enne baastaseme mõõtmist, et sama metoodika alusel saaks võrrelda rakendamiseelset ja -järgset olukorda. Kava määrab mõõdetavad ristmikud ja koridorid, liiklejagrupid, näitajate arvutusreeglid, andmeallikad, mõõtmisperioodid, andmekvaliteedi nõuded ning võrdlusmeetodi.

Eeluuringus koostatud nõuete järgi on baastaseme mõõtmise lähteettepanek vähemalt neli järjestikust nädalat väljaspool koolivaheaega ja riigipühi ning iga näitaja alusandmetes vähemalt 80% mõõdetud kirjeid. Mõõdetud, taastatud ja puuduvad väärtused tuleb eristada ning osakaalu arvutamise alus üheselt määratleda. Need lävendid kinnitab tellija enne hanke väljakuulutamist. Piloodi tulemusmõõtmise kestus määratakse eraldi, arvestades võrreldavust baasperioodiga, liiklusolude varieeruvust ja hinnatava mõju suurust. Neljanädalane periood ja 80% andmekatvus ei taga iseenesest tulemuste esinduslikkust ega statistilist usaldusväärsust.

Sihtväärtused esitatakse kolmes osas. Esiteks kehtivad nõuetes määratud tehnilised piirväärtused, näiteks ooteaja ülempiir jalakäijatel ja jalgratturitel 90 sekundit ja sõidukisuundadel 140 sekundit, tsükli ülempiir 140 sekundit, ristmiku blokeerumise tuvastus vähemalt 90% juhtudest ja rohelise tule prognoosi hälve kuni 2 sekundit 95% prognoosidest. Teiseks määratakse liiklusmõju sihtväärtus baastaseme suhtes: iga eesmärgi põhinäitaja paraneb baastasemega võrreldes kokkulepitud määral ning ükski suund ega

liiklejagrupp ei halvene üle kokkulepitud piiri. Paranemise määra kinnitab linn valideerimise töötoas pärast baastaseme mõõtmist ja enne juhtimisloogika käivitamist, sest mõõdetud lähtetasemeta ei ole arvväärtus põhjendatav. Liiklusmõju sihtväärtus on linna laiendusotsuse alus; teostaja lepinguline vastuvõtt tugineb hankes määratud tehnilistele piirväärtustele ja kinnitatud mõõtmiskavale. Kolmandaks soovitame üldreeglit, et piloot on liiklusmõju poolest edukas, kui vähemalt kolme eesmärgi põhinäitaja paraneb ja neljas ei halvene; ohutuse puudujääki teiste näitajate paranemine ei korva. See reegel on eeluuringu ettepanek ja vajab linna kinnitust.

Tabel 19. Piloodi eesmärgid, mõõdikud ja andmeallikad.

Nr	Eesmärk	Näitajad	Andmeallikas testalal
E1	Ristmike kinnisõidu ennetamine	Blokeerumise sündmuste arv ja kestus, jääkjärjekord tsükli või samaväärse teenindusintervalli lõpus ning järjekorra pikkus.	Andurid, juhtimislogi, salvestatud kaamerapilt
E2	Rohelise aja sihipärane kasutus	Küllastusaste faaside kaupa, nõudluseta rohelise aja osakaal, tsüklipikkuse jaotus	Juhtimislogi, olekuvoog, loendusandmed
E3	Ühistranspordi prioriteetne läbipääs	Eelisläbipääsu saanud läbimiste osakaal, ühistranspordi viivitus ristmikul ja koridoris, sõiduplaanist kõrvalekalde muutus	Lokaalne kutsungiahel, ühistranspordi asukohaandmete teenus
E4	Jalakäijate ja jalgratturite teenindamine	Ooteaeg keskmisena ja 95. protsentiilis, taotluse ja rohelise tule vahe ning teenindatud ületusnõudluse osakaal.	Jalakäijate ja jalgratturite tuvastus, nupuvajutuste ning juhtimise logid.
Üldine	Võrgu üldnäitajad	Läbilaskvus, viivitus, peatumiste arv, koridori peatumata läbimiste osakaal	Loendusandmed, juhtimislogi, liikumisuuring

Baastaseme mõõtmisega seotud kohustuslik liikumisuuring mõõdab enne juhtimisloogika käivitamist pöördeliikumisi, järjekordi, jalakäijate ja jalgratturite ületusteid ja ületusaegu ning konfliktsituatsioone. Uuring seotakse baastaseme mõõtmisega ja juhtimisparameetrite põhjendusega ning korratakse pärast kasutuselevõttu võrreldavatel ristmikel ja aegadel. Jalakäijate ja jalgratturite ning konfliktide mõõtmine tehakse kohapeal; teiste suuruste puhul võib kasutada tõendatud katvusega sobivaid välisallikaid. Täpne meetod ja töömaht kinnitatakse enne hanke väljakuulutamist [4].

Tabel 20 koondab tehnilise toimimise ja liiklusmõju hindamise põhiaspektid nelja eesmärgi kaupa. Näitajate arvutusreeglite lähtekuju on esitatud allpool; täpsed valemid, ümardus ja vastuvõtulävendid kinnitab linn enne baastaseme mõõtmist ning need viiakse hankedokumentidesse. Arvutusreeglite ja lävendite ettepanek on eeluuringu tulemus; linn kinnitab need valideerimise töötoas ja kaasab vajaduse korral sõltumatu hindaja.

Tabel 20. Tehnilise vastuvõtu ja liiklusmõju hindamise eristus.

Eesmärk	Tehnilise toimimise kontroll	Liiklusmõju näitaja	Hindamise alus ja sihtväärtus
Kinnisõidu ennetamine	Järjekorra ja väljasõidu olukorra tuvastus; lubatud ennetava sekkumise rakendumine.	Ristmiku blokeerumise sündmuste arv ja kestus, järjekorra pikkus ning jääkjärjekord tsükli lõpus.	Sõltumatu kontrollmõõtmine ja võrreldavad liiklusolud; arvestatakse ka naaberristmikele kanduvat mõju. Sihtväärtus: blokeerumise tuvastus vähemalt 90% sündmustest ja valepositiivseid kuni 10%; blokeerumise kestuse paranemise määr kinnitatakse pärast baastaseme mõõtmist.

Eesmärk	Tehnilise toimimise kontroll	Liiklusmõju näitaja	Hindamise alus ja sihtväärtus
Rohelise aja sihipärane kasutamine	Rohelise aja kohandamine nõudlusele, järgides ohutuspiire ja kinnitatud teenindusreegleid.	Nõudluseta rohelise aja osakaal, küllastusaste, tsükli pikkuse jaotus, viivitus ja peatumiste arv.	Suuna- ja ajavahemikupõhine võrdlus, mis hõlmab ka kõrvalsuundade võimalikku halvenemist. Sihtväärtus: tsükli ülempiir 140 sekundit; viivitus ja peatumiste arv ei halvene ühelgi suunal üle kokkulepitud piiri ning paranemise määr kinnitatakse pärast baastaseme mõõtmist.
Ühistranspordi eelisläbipääs	Kutsungi vastuvõtmine, topelttaotluste vältimine ja prioriteedi rakendumine lubatud tingimustel.	Eelisläbipääsu saanud läbimiste osakaal, ühistranspordi viivitus ristmikul ja koridoris ning sõiduplaanist kõrvalekalde muutus.	Võrreldavad läbimised ja liiklusolud; hinnatakse ka mõju teistele liiklejagruppidele. Sihtväärtus: ühistranspordi viivituse paranemise määr ja teiste liiklejagruppide halvenemise piir kinnitatakse pärast baastaseme mõõtmist.
Jalakäijate ja jalgratturite teenindamine	Nõudluse tuvastamine, teeninduse tagamine ning ohutute ületusaegade järgimine.	Keskmine ooteaeg ja ooteaja 95. protsentiil, aeg taotlusest rohelise alguseni ning teenindatud ületusnõudluse osakaal.	Liiklejagrupi-, suuna- ja ajavahemikupõhine mõõtmine, mis võimaldab hinnata ka pikimaid ooteaegu. Sihtväärtus: ooteaja ülempiir jalakäijatel ja jalgratturitel 90 sekundit ilma rikkumisteta; keskmise ooteaja paranemise määr kinnitatakse pärast baastaseme mõõtmist.

Rohelise tule prognoosi ja selle katseseadmel kuvamise toimimist kontrollitakse eraldi tehnilise katsena. Selle demonstratsioon ei tõenda iseenesest jalakäijate või jalgratturite ooteaja vähenemist. Tänavapaigalduse ulatus määratakse enne hanke väljakuulutamist.

Näitajate arvutusreeglite lähtekuju esitab järgmine tabel. Definitsioonid on eeluuringu ettepanek; näitajate koosseisu, protsentiilid ja arvutusreeglid kinnitab linn enne baastaseme mõõtmist.

Tabel 21. Näitajate arvutusreeglite lähtekuju.

Näitaja	Definitsioon ja arvutus	Andmeallikas	Agregeerimine ja andmekvaliteet
Nõudluseta rohelise aja osakaal	Rohelise aja sekundid, mil faasi nõudlusandur nõudlust ei registreerinud, jagatud faasi rohelise aja kogusekunditega samas ajavahemikus; protsentides	Juhtimislogi, olekuvoog	Faasi ja 15-minutilise intervalli kaupa; vähemalt 80% mõõdetud kirjeid
Ooteaeg ja ooteaja 95. protsentiil	Aeg taotluse (nupuvajutus või tuvastus) ja rohelise alguse vahel; 95. protsentiil on väärtus, mida 95% mõõdetud taotlustest ei ületa; sekundites	Nupuvajutuste ja tuvastuse logi, olekuvoog	Ülekäigu, suuna ja ajavahemiku kaupa; vähemalt 80% mõõdetud kirjeid
Ristmiku blokeerumise sündmused	Sündmuste arv ja kogukestus, kui väljasõidu ala on hõivatud ja suund ei saa rohelise ajal liikuda; minutites	Kaamerapilt, tuvastus, juhtimislogi	Ristmiku ja päevaosa kaupa; kontroll sõltumatu kaamerapildi valimiga
Ühistranspordi viivitus ristmikul	Tegeliku ja vaba läbimise aja vahe ristmiku sisse- ja väljasõidu punkti vahel sekundites; lisaks eelisläbipääsu saanud läbimiste osakaal	Ühistranspordi asukohaandmed, kutsungiahela logi	Liini, suuna ja ajavahemiku kaupa
Küllastusaste	Faasi läbinud sõidukite arv jagatud faasi läbilaskevõimega samas ajavahemikus	Loendusandmed, olekuvoog	Faasi ja 15-minutilise intervalli kaupa

Liiklusmõju hinnatakse rakendamiseelse võrdlustaseme ning võimaluse korral sobiva kontrollala või ohutult kavandatud võrdlusperioodide abil. Kontrollala sobivust tuleb põhjendada liiklusnõudluse, liikluskorralduse

ja väliste mõjurite võrreldavusega. Modelleerimine võib hindamist toetada, kuid ei asenda põhjenduseta tegeliku lähteolukorra mõõtmist [17].

Taristu korrastamise ja uue juhtimisloogika kasutuselevõtu aeg dokumenteeritakse eraldi ning võrdlus kavandatakse võimaluse korral nii, et nende mõju saaks eristada. Mõõtmise ajal fikseeritakse kehtivad fooriprogrammid, teetööd, liikluskorralduse muudatused, ilmastik, üritused ja liiklusnõudluse muutused ning hinnatakse nende mõju tulemustele. Üksnes enne ja pärast rakendamist mõõdetud erinevus ei tõenda uue juhtimise põhjuslikku mõju.

Piloodi tulemusaruanne esitab kõigi nelja eesmärgi tulemused, eristades mõõdetud muutust, arvutuslikku hinnangut ja tulemuse tõlgendust. Iga näitaja juures tuuakse välja andmekatvus, mõõtmisperiood ja tulemuse ebakindlus. Andmestik, arvutuskäigud ja mõõtmistingimuste kirjeldus antakse tellijale üle sõltumatut kontrollimist võimaldaval kujul, sealhulgas andmed masinloetavas vormingus. Piiratud valimist või lühikesest katseajast tulenevad piirangud esitatakse koos tulemustega; kõiki soovitud mõjusid ei pruugi olla võimalik ühe piloodiga tõendada.

Laiendamisotsus tugineb tehnilisele vastavusele, ohutusele, andmetöötluse nõuete täitmisele, usaldusväärselt hinnatud liiklusmõjule ning rakendamise ja käitamise kuludele. Linn määrab eelnevalt, milline paranemine on sisuliselt oluline ja millised kõrvalmõjud on vastuvõetavad. Hinnata tuleb kõiki nelja eesmärki: kõigi eesmärkidega seotud kohustuslikud nõuded tuleb täita ka siis, kui mõne näitaja paranemine on teistest suurem. Kui mõju jääb ebaselgeks, tuleb enne laiendamist täpsustada lahendust või koguda täiendavaid tõendeid.

3.4 Testala käivitamise eeldused ja ajastus

Piloodi käivitamise eeldused jagunevad linna kinnitatavateks lähteotsusteks ja teostaja tõendatavateks tulemusteks. Tabel 22 seob need ajastuse ja vastutusega. TO-BE dokumendis pakutud kestused ja lävendid kinnitatakse enne hanke väljakuulutamist; need ei ole siin käsitletud linna juba tehtud otsustena. Tabeli näidiskuupäevad põhinevad tegevuskava näidiskalendril (ettevalmistuse algus oktoobris 2026) ega ole linna kinnitatud ajakava.

Tabel 22. Piloodi käivitamise eeldused ja vastutuse korraldus.

Eeldus	Vastutaja	Ajastus	Tulemus
Testala piirid, objektid ja lubatud A/B variandid	Linn	Enne hanke väljakuulutamist (näidis: detsember 2026)	Üheselt hinnastatav töömaht.
Lävendid, mõõtmisviis ja vastuvõtt	Linn koos tehniliste spetsialistidega	Enne hanke väljakuulutamist (näidis: detsember 2026)	Kõigile pakkujatele samad tingimused.
Liideste funktsioonid, ligipääs ja kasutusõigused	Linn koos süsteemide valdajatega	Enne hanke väljakuulutamist; läbirääkimistega menetluses hiljemalt enne lõplike pakkumuste esitamist (näidis: jaanuar kuni juuli 2027)	A puhul OMNIA välisliidese tingimused, B puhul otseliidese eeldused; mõlemas vajalikud muud ühendused.
Häireregister ja kaameravoo kasutamine	Linn koos andmevaldajatega	Lähteandmed enne hanke väljakuulutamist (näidis: detsember 2026), katse enne kasutamist	Dokumenteeritud andmevahetus ja lubatud andmetöötlus.
Prioriteetide rakendamise põhimõtted	Linn	Põhimõtted enne hanke väljakuulutamist (näidis: detsember 2026); seadistused enne juhtimisloogika käivitamist (näidis: mai 2028)	Liiklejagruppide eelistused ja lubatud kompromissid.

Eeldus	Vastutaja	Ajastus	Tulemus
Andmekaitse ning turbe lähtealus	Linn ja teostaja oma rollides	Hinnastatav lähtealus enne hanke väljakuulutamist (näidis: detsember 2026); töötluse alus enne asjaomast töötlust	Töötluse alus, vajalikud hinnangud ja rakendatud kaitsemeetmed.
Seadmete sobivus ja ajasünkroonsus	Teostaja koostöös hoolduspartneriga	Enne juhtimisloogika käivitamist (näidis: mai 2028)	Katsetega tõendatud liidesed ja ühtne ajabaas.
Modelleerimisliides ja stsenaariumide eelhindamine	Teostaja ja linna modelleerija	Tööjaotus enne hanke väljakuulutamist (näidis: detsember 2026); eelhindamine enne vastavate juhtimismuudatuste rakendamist	Masinloetav andmeväljastus ja dokumenteeritud eelhinnang.
Koolitus ja harjutus	Teostaja, osalejad määrab linn	Lõpeb vähemalt neli nädalat enne testala käivitamist (näidis: aprill 2028); nõuete dokumendi ettepanek	Kasutajad täidavad oma rolli ülesandeid iseseisvalt.
Baastase ja ohutuskatsed	Teostaja; kinnitab linn	Enne juhtimisloogika käivitamist; baastase vähemalt neli järjestikust nädalat (näidis: tehnilise piloodi lõpuosa, käivitamine mai 2028)	Võrreldav mõõtmisalus ja lubatud katsetamisrežiim.
Testala tähistus ja liiklejate teavitus	Linn	Tahvlite arv, asukohad ja sisu enne hanke väljakuulutamist (näidis: detsember 2026); paigaldus enne testala käivitamist (näidis: mai 2028)	Liiklejad on pilootist teavitatud ja saavad anda tagasisidet.

3.5 Piirangud

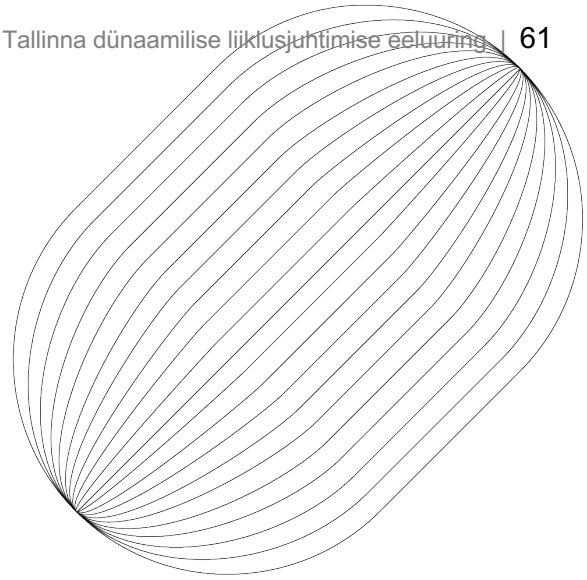
AS-IS hinnangu ulatus on järgmine. Andmekvaliteedi kvantitatiivne hinnang tehti valimil: foorisüsteemis testala seitsme kontrolleri 1206 sündmuse põhjal ja loenduses loendusandmete valimil; kogu linna kohta on hinnang kvalitatiivne. Topeltkirjete osakaal on 1,6%; vigaste ja puuduvate kirjete osakaal selgub OMNIA aruandluse täienduse või eraldi andmeväljavõtte põhjal. Loendusandurite vigade päritolu on kirjeldatud kategooriate kaupa (riistvara ja paigutus, andmeedastus, tarkvara töötlus ja välised tingimused); kalibreerimise ja üksikute rikete algpõhjuse üheseks tuvastamiseks on vaja võrdlusmõõtmist kohavaatluse või drooniga. Kohalikud kohandused (keel, andmevormingud ja liiklusseadusandlus) on kirjeldatud Vilniuse kohta; Helsingi ja Kopenhaageni kohta selgitatakse need lisapäringuga võrdluslinnadele või turukonsultatsioonis. Võrdlusmõõtmised ning kaamera- ja ühistranspordi andmete kvaliteedi mõõtmine tehakse II etapis ristmikupõhise eelkontrolli ning mõõtmise ja tuvastuse tööpaketi käigus enne baastaseme mõõtmist.

Testala hinnang tugineb dokumendi- ja süsteemilogide analüüsile ning ristmike tehnilistele joonistele ja hoolduspartneri teabele. Enne ala lõplikku kinnitamist tuleb täpsustada järgmised asjaolud.

- Seadmete seisundit käsitlev teave pärineb ristmike tehnilistest joonistest ja hoolduspartneri teabest. Kohapealne ülevaatus võimaldab täpsustada andurite, ühenduste ja kaablitrasside seisundit ning vajalike tööde ulatust. Kohavaatlus tehakse enne testala lõplikku kinnitamist ning selle tulemus koondatakse testala seadmete inventuuri, mis on hinnavormi aluseks; inventuur koostatakse kohavaatluse põhjal enne hanke väljakuulutamist; kui see ei ole võimalik, koostab selle piloodi teostaja lepingu esimeses etapis ristmikupõhise eelkontrolli osana ja hinnavorm kasutab seni kõigile pakkujatele ühtset arvestuslikku kogust. Testalade seadmete loetelu on eeluuringu analüüs ristmike tehniliste jooniste ja hoolduspartneri teabe põhjal ning hetke parim teave; seadmete ametlikku

registrit eeluuringu koostajale teadaolevalt ei ole. Loetelu on mittetäielik; seadmed, nende seisukord ja kasutus juhtimises kinnitatakse kohavaatlusel enne hanke väljakuulutamist.

- Katsealade sobivuse kinnitamisel tuleb kontrollida katseperioodile kavandatud ehitustöid, ajutist liikluskorraldust ja ühistranspordi muudatusi. Oluline muutus võib vajada mõõtmisperioodi või võrdlusviisi kohandamist. Ala valik ja katse ajakava tuleb seetõttu kooskõlastada linna asjaomaste üksustega. Testalade kavandatud ehitus- ja rekonstrueerimistööde loetelu piloodi ajaks esitab linn enne testala haldusotsust; katsetingimuste stabiilsuse hinnang lõpetatakse selle põhjal.
- Olemasoleva loendusvõrgu koguarv ei tõenda piloodi kõigi suundade ja liiklejagruppide mõõtmise piisavust. Andmekatvus kontrollitakse enne ametlikku baastaseme mõõtmist; vajaduse korral lisatakse ajutised mõõtmised. Mõõtmisperioodi alguse kontroll kinnitab, et kavandatud andmeallikad tegelikult töötavad.



Dünaamilise liiklusjuhtimise piloot, rakendamise õiguslik raamistik ning hankestrateegia valik

civitta

4 Piloodi õiguslik raamistik ning innovatsioonihanke strateegia valik

4.1 Lühikokkuvõte

Piloodi õiguslik ettevalmistus hõlmab osapoolte vastutust, ohutut katsetamist, andmetöötluse alust ja vajaduse korral tehisintellektisüsteemi liigitust. Kohustused ja nende tähtajad määratakse konkreetse funktsiooni ning kasutuselevõtu järgi. Operaatori kinnitust vajav juhtimine võib vähendada riske, kuid süsteemi õiguslikku liigitust tuleb hinnata eraldi.

Isikuandmete töötlemise ja tehisintellekti kasutamise nõuded võivad puudutada juhtimisahela eri osi. Vajalikud hinnangud ja kaitsemeetmed kavandatakse hanke ettevalmistamisel ning täpsustatakse enne asjaomase töötluse või kasutuse algust.

Linna ja teostaja õigused, kohustused ning teenuse jätkamise tingimused tuleb viia tehniliste nõuete ja hankelepingusse. Andmejagamisel määratakse eraldi avaldamiseks sobiv teave ning kaitstud juhtimis- ja tegevusandmed.

Hankemenetluse valik sõltub vajaduse kirjeldamise võimalusest, turul pakutavatest lahendustest ja kohaldatavast õiguslikust alusest. Menetluste võrdlus ning soovitus on esitatud hankestrateegia alapeatükis.

4.2 Sissejuhatus

4.2.1 Analüüsi eesmärk ja ulatus

Õigusanalüüs käsitleb kehtiva õiguse rakendatavust, vastutust, andmejagamist, andmekaitset, tehisintellekti nõudeid, automatiseerimist, treeningandmeid, kooskõlastusi, standardeid ja ohtude juhtimist. Hankestrateegia, õiguste jaotus ning tegevuskava seovad need teemad järgmise etapi ettevalmistusega.

Analüüs on õiguslik eelhinnang, mitte õiguslik arvamus konkreetse lahenduse kohta. Iga järeldus, mis puudutab konkreetse süsteemi vastavust, tuleb enne piloodi käivitamist kinnitada tellija andmekaitsespetsialisti ja juristiga ning vajaduse korral Andmekaitse Inspektsiooni (AKI) ja Transpordiametiga.

4.2.2 Metoodika ja allikad

Õigusanalüüs seob eeluuringu tehnilised lähtekohad riigihangete, liikluskorralduse, andmekaitse ja tehisintellekti õigusraamistikuga. Kasutatud õigusaktid ja ametlikud selgitused on esitatud allikate loetelus. Võrdluslinnade kogemus toetab praktilisi soovitusi, kuid ei ole Eesti õiguse tõlgendamise alus.

4.2.3 Piirangud

Analüüs ei asenda konkreetse lahenduse andmekaitsealast mõjuhinnangut ega vastavushindamist. Nende vajadust ja lähteülesannet hinnatakse juba hanke ettevalmistamisel ning hinnanguid täpsustatakse valitud lahenduse põhjal enne asjaomase töötluse või kasutuse algust. Isikuandmete kogumise vajadus, tehisintellektisüsteemi riskiklass ja kohaldatavad tähtajad tuleb dokumenteerida.

4.3 Rakendatavus kehtivas õiguslikus raamistikus

Liikluse nõudluspõhine juhtimine kuulub liikluskorralduse ülesannete hulka. Eeluuring ei tuvastanud üldist vajadust uue seaduse järele, kuid konkreetse piloodi lubatavus sõltub lahendusest, töödest, andmetöötlusest ja kohaldatavatest nõuetest. Enne käivitamist kinnitatakse teeomaniku otsused, vajalikud kooskõlastused ning ohutu töö ja tagasipöördumise kord.

Piloodi rakendatavus sõltub sellest, kas tagatud on selge vastutus, ohutus ja läbipaistvus. Tingimused tulenevad liiklusõigusest, isikuandmete töötlemise ja tehisintellekti nõuetest ning avaliku ülesande täitmist ja vastutust reguleerivatest õigusnormidest.

4.3.1 Liikluskorralduse õiguslik alus

Tallinna linnatänavate liikluskorraldus kuulub teeomaniku ja tema volitatud asutuste ülesannete hulka. Automatiseeritud juhtimine ei muuda fooritule õiguslikku tähendust ega kõrvalda ohutu liikluskorralduse kohustust. Konkreetse funktsiooni lubatavus sõltub selle toimest, projektist, kasutatavatest andmetest ja kohaldatavatest nõuetest.

Testala kohta vormistatakse pädevate linnaorganite otsused, milles määratakse ulatus, funktsioonid, mõõtmisperiood ja üleminek tavajuhtimisele. Teeomaniku otsus ei asenda vajaduse korral nõutavaid ehitus-, andmekaitse- ega muid kooskõlastusi.

4.3.2 Foorijuhtimise erisus: vilkuv roheline ja liiklejale kuvatav aeg

Fikseeritud fooritsükli korral on tulede vahetumise ajad ette määratud ning sekundinäidik saab kuvada tule vahetumiseni jäävat aega. Dünaamilise foorijuhtimise korral võib faasi kestus sõltuvalt liiklusolukorrast muutuda. Kui sekundinäidik põhineb muutuval prognoosil, võib kuvatav aeg hüppeliselt lüheneda või pikeneda ning tegelik tule vahetumine toimuda näidatud ajast erineval hetkel. Selline käitumine võib liiklejat eksitada.

Vilkuv roheline tuli annab märku lubava tule peatsest lõppemisest. Samas, vilkuva rohelise tule kasutamine võib sõltuvalt juhtimisloogikast piirata faasi paindlikkust, st piirata dünaamilise juhtimise võimalusi faasi kiiresti lõpetada. See võib sõltuvalt juhtimisloogikast mõjutada ristmiku läbilaskevõime. Vilkuva rohelise tule kasutamise mõju ristmiku läbilaskevõimele ja liiklusohutusele tuleb hinnata konkreetse juhtimislahenduse alusel.

Seetõttu tuleb eristada masinloetavat fooriprognoosi, mille väärtus võib muutuda, ja liiklejale kuvatavat sekundinäitu, mis peab vastama tegelikule tule vahetumiseni jäävale ajale.

Liiklusseaduse § 7 reguleerib fooritulede tähendust ja sekundinäidiku kasutamist. Vilkuv roheline lubab liikuda ning teatab peatsest kollase tule süttimisest. Fooride tehnilisi nõudeid täpsustab määrus „Liiklusmärkide ja teemärgiste tähendused ning nõuded fooridele". Määruse § 29 punkti 1 kohaselt võib ümartuledega fooridel 11 ja 12 vilkuv roheline puududa. Samuti võib vilkuvale rohelisele või kollasele tulele järgneda uuesti roheline tuli. Jalakäijafooride vilkumist käsitleb määruse § 37. Seega ei eelda vilkuva rohelise ärajätmine määruse § 29 reguleeritud fooridel üldist õigusaktide muutmist. Konkreetne lahendus tuleb siiski hinnata fooriliigi, ristmiku liikluskorralduse ja liiklusohutuse seisukohast [18, 19].

Kavandatavas lahenduses määratletakse masinloetava fooriprognoosi kvaliteedi ja usaldusväärsuse nõuded ning prognoosi avaldamine lõpetatakse, kui selle täpsus ei vasta kehtestatud nõuetele. Tänaval kasutatav sekundinäidik on eraldi liikluskorralduslik lahendus, mille toimimine peab olema kooskõlas

tegeliku foorijuhtimisega. TO-BE nõuded ei asenda õigusaktidele vastavuse ega konkreetse liikluskorraldusprojekti kontrolli.

Liiklusseaduse § 7 lõike 10 ja ministri määruse § 28 lõike 5 kohaselt võib fooride 1, 2, 8 ja 9 juures kasutada sekundinäidikut, mis näitab tule vahetumiseni jäävaid sekundeid. Õigusaktid ei sätesta otseselt sekundinäidiku kasutamise keeldu dünaamilise juhtimise korral ega nõua faasi lõpu eelnevat fikseerimist. Samas peab kuvatav teave vastama sekundinäidiku õigusaktis kirjeldatud funktsioonile ega tohiks liiklejat eksitada.

Dünaamilise või adaptiivse foorijuhtimise korral võib sekundinäidiku usaldusväärsuse tagamiseks kasutada faasi lõpu kinnituspunkti, millest alates tule vahetumise aega enam ei muudeta. Sekundinäidikut kasutatakse üksnes juhul, kui tule vahetumiseni jääv aeg on usaldusväärselt määratav. Kui seda ei ole võimalik tagada, sekundinäidikut ei kasutata. Faasi lõpu kinnituspunkt on üks võimalik tehniline lahendus, mitte õigusaktist tulenev kohustus. Punase tule pikima võimaliku kestuse näitamiseks võib kasutada lisateatetahvlit 889 „Ooteaeg”.

Vilkuva rohelise tule kasutamise tingimused määratakse eraldi, arvestades konkreetse foorilii gi nõudeid, juhtimisloogikat ja liiklusohutust. Selle ärajätmise või ajastuse muutmise mõju hinnatakse ristmiku põhiselt. Vajaduse korral viiakse läbi katsetamine koos liiklejate käitumise ja liiklusohutuse mõju hindamisega. Lõpliku lahenduse kinnitab pädev liikluskorralduse eest vastutav asutus.

Avalik tõendusmaterjal toetab seda ettevaatlikku käsitlust: 2023. aasta rahvusvahelise ülevaate järgi on sõidukite sekundinäidikute mõju vastuoluline (osa uuringuid näitab kiiremat liikumahakkamist, teised punase tule eiramise ja varaste startide kasvu ning soodne mõju võib mõne kuuga hajuda) ja mõju liiklusest sõltuva juhtimise korral on vähe uuritud [57]. USA liikluskorraldusvahendite juhendi 2009. aasta väljaanne lubab sekundinäidikut üksnes jalakäijafooril [57]. Karlsruhe linn otsustas 2015. aastal jätta jalakäijafooride sekundinäidikud kasutusele võtmata, sest peaaegu kõik linna foorid töötavad liiklusest sõltuva juhtimisega ja ooteaeg selgub alles juhtimise käigus [58]. SWARCO andmelehe järgi väljastab ITC-3 kontroller rohelise ja punase tule alguseni jääva aja masinloetavalt [56]; uuringute järgi saab seda aega prognoosida ka liiklusest sõltuva juhtimise korral ning täpsus sõltub juhtimisviisist [51, 59].

4.3.3 Standardid

OMNIA välisliidese (API) kasutamine on tootjaga sõlmitava lepingu ja litsentsi küsimus. Arhitektuurivariandi A teostatavuseks tuleb tõendada välisliidese vajalikud lugemis- ja kirjutamisfunktsioonid ning kasutusõigused. Variandis B tuleb tõendada kontrolleripõhine otseliidese või adapteri sobivus. Liidese tasulisus ei tõenda iseenesest funktsiooni puudumist ega anna alust konkurentsita ostuks.

Liidestamisel hinnatakse kasutatava protokolli, näiteks OCIT-i või RSMP konkreetse versiooni ja funktsioonide sobivust. Avalik spetsifikatsioon ei tõenda selle toetust kõigis paigaldatud seadmetes. Seda riski maandatakse seadmepõhiselt: enne hanke väljakuulutamist koostatakse testala kontrollerite sobivusmaatriks (mudel, püsivara, toetatud protokoll ja funktsioonid), pakkuja tõendab pakkumuses profiili toe sama maatriksi alusel ja teostaja katsetab sobivust enne juhtimisfunktsioonide käivitamist; kui inventuur enne hanke väljakuulutamist ei valmi, koostatakse maatriks lepingu esimeses etapis ristmikupõhise eelkontrolli osana. Turbe lähtealusena kasutatakse TO-BE dokumendis Eesti infoturbestandardit E-ITS. Liidesed, infoturve ja sõiduki ning taristu omavaheline side on eri teemad; neid ei käsitleta ühe standardi või ühe vastavustõendina.

Protokollide ja liideste sobivuse hinnangu esitab järgmine tabel. Kontrolleri ja keskse lahenduse vahel sobivad reaalajas oleku lugemiseks ja juhtimiskäskudeks avalikud kontrolleriprotokollid, mis erinevad kättesaadavuse ja litsentsi poolest; Tallinna seadmepargi kohta saab neid eelistada alles pärast toe tõendamist.

Tabel 23. Protokollide ja liideste sobivus Tallinna sihtolukorras.

Protokoll või standard	Kasutus ja tugi Tallinnas	Roll sihtolukorras	Piirang
STCIP	SWARCO protokoll kontrolleri ja keskhalduse vahel; EC1 ja ITC2b ühenduvad adapteri kaudu, ITC2 alates püsivarast 6.94 (tootja juhendi järgi) ning ITC2.5 ja ITC3 otse	Testala kontrollerite olemasolev SWARCO protokoll ja variandi A praegune side OMNIA-ga; uute liideste puhul lubatud üleminekuprofiilina koos protokolliadapteriga	Tootja protokoll; krüpteerimata SNMP v2c; signaaligrupi tasandi käskude ulatus ja spetsifikatsiooni edasiandmise õigus vajavad kinnitust
RSMP	ITC2 püsivara alates versioonist 6.94 ja ITC3 püsivara toetavad tootja juhendi järgi; Kopenhaagenis kasutusel	Avalik kontrolleriprofiil oleku ja käskude jaoks	Litsentsitasudeta ja avalik; konkurentsi annab siis, kui seda rakendab mitu tarnijat
OCIT-O	ITC3 tugi kantakse sobivusmaatriksisse ja kontrollitakse katsega (vahearuandes teisene viide [2]); Vilniuses kasutusel eri tootjate kontrolleritega	Avalik kontrolleriprofiil	Kasutamise õigused ja tasud määrab OCIT arendajate ühendus; linna kasutusõiguse vajadus vajab kinnitust; tootjate teostused erinevad
NTCIP 1202 ja NTCIP 1211	Tootja andmelehe järgi saab ITC3 kontrollerit ühendada NTCIP-põhise keskusega [56]; NTCIP versioon ja funktsioonid kantakse sobivusmaatriksisse ja kontrollitakse katsega	Avalik kontrolleriprofiil; ühistranspordi prioriteet NTCIP 1211 kaudu	Spetsifikatsioonid on saadaval NEMA kaudu; kasutustingimused vajavad kinnitust; tugi Tallinna püsivaras vajab kinnitust
OpenAPI 3, AsyncAPI 3, DATEX II, SIRI või GTFS Realtime, OAuth 2.0 ja OpenID Connect	Platvormi päringu- ja sündmusliidesed, riikliku juurdepääsupunkti liiklusandmed ja ühistranspordi reaalajaandmed	Lahenduse liideste kirjeldus, avaandmed ja autentimine	Versioonihaldus ja tagasiühilduvus määratakse nõuetes

Soovitame seada järgmises hankes kontrolleri ja keskse lahenduse vahelisele liidesele avatud ja dokumenteeritud miinimumprofiili: spetsifikatsioon on avalik või antakse linnale koos edasiandmise õigusega, versioon on fikseeritud, pakkuja esitab funktsioonimaatriksi seadme ja püsivara kaupa ning toetus tõendatakse katsega. Sobivad profiilid on näiteks RSMP, OCIT-O ja NTCIP 1202 koos NTCIP 1211-ga või samaväärne; STCIP on testala kontrollerite olemasolev SWARCO protokoll ja variandi A praegune side OMNIA-ga; uute liideste puhul eelistatakse avatud profiili ning STCIP on lubatud üleminekuprofiilina koos protokolliadapteriga, kui selle spetsifikatsioon ja kasutusõigus antakse linnale samadel tingimustel. Eri protokolliga seadmed ühendatakse eraldi asendatava protokolliadapteri kaudu; kontrolleri ohutusloogika jääb adapterist sõltumatuks. Nõude sõnastus, sealhulgas liidese eelmise põhiversiooni toe kestus (lähteettepanek 12 kuud) ja muudatusest etteteatamine (lähteettepanek 3 kuud), on nõuete dokumendis.

4.4 Vastutus ja kindlustus

Vastutuse korraldus peab võimaldama tuvastada, kes kinnitab liikluskorralduslikud piirid, arendab juhtimisloogika, haldab liideseid ja seadmeid ning lahendab tõrked. Sama intsidendi põhjus võib paikneda mitme osapoole tegevuse ühenduskohas.

Vastutuse jaotuse lähtekuju osapoolte ja valdkondade kaupa esitab järgmine tabel; lõplik jaotus määratakse hankelepingus.

Tabel 24. Vastutuse jaotus osapoolte kaupa.

Valdkond	Linn (Liikuvusamet)	Teostaja	Hoolduspartner
Liikluskorraldus	Teeomanikuna tagab liikluse korraldamise ja liikluskorraldusvahendite korrasoleku; kinnitab liikluskorralduslikud piirid, prioriteedipoliitika ja juhtimisrežiimid	Rakendab kinnitatud piire ja ohutuspiiranguid	Täidab tellija korraldusi oma teenuste piires
Juhtimisloogika ja nõuetele vastavus	Kinnitab vastuvõtu	Vastutab lepingu alusel lahenduse nõuetele vastavuse, ohutuspiiride rakendamise, logimise ja tõrgete kõrvaldamise eest	Kontrolleri seadistus oma hoolduse ulatuses
Seadmed ja liidesed	Määrab liidesepõhise vastutusmaatriksi (omanik, tõrke lahendaja, muudatused, versioonid)	Oma liideste ja adapterite tõrkeparandus	Hooldatavad seadmed ja oma tööd hooldusleping järgi
Isikuandmete töötlemine	Vastutav töötleja: määrab eesmärgi ja vahendid	Volitatud töötleja isikuandmete kaitse üldmääruse artikli 28 kohase lepingu alusel	Volitatud töötleja, kui töötleb isikuandmeid
Intsidendi põhjuse tõendamine	Kasutab logisid ja lepingut kahju tagasinõudeks	Tagab otsuse- ja käsulogi ning selle tervikluse kaitse	Annab hooldusandmed ja rikketeabe
Tehisintellekti määruse rollid	Juurutaja; võib olla ka tehisintellekti määruse tähenduses pakkuja, kui laseb eritellimuslahendus e välja töötada ja võtab selle kasutusele oma nime all	Üldjuhul tehisintellekti määruse tähenduses pakkuja; rollid kinnitatakse pärast liigituse otsust	Selgitamisel
Operaatori töö	Määrab operaatori rolli täitja, töömahu, vastutaja ja kättesaadavuse variandi; kinnitab prioriteedipoliitika, ohutusparameetrid ja uue mudeli kasutuselevõtu; nimetab operaatorid, kui operaator on Liikuvusamet	Koolitab rollid ja korraldab harjutuse; osutab operaatoriteenust, kui see on lisatud teostaja lepingusse	Variandis 1 võtab väljaspool tööaega häired vastu, algatab tehnilise lahenduse ja täidab etteantud stsenaariume; variandis 2 osutab operaatoriteenust, kui see on lisatud hooldusleping

Automatiseerimine ei kõrvalda linna kohustusi liikluse korraldajana. Kahju hüvitamise alus, vastutav isik ja võimalik tagasinõue sõltuvad konkreetsetest asjaoludest ning kohaldatavast avalik- või eraõiguslikust

vastutusrežiimist [25, 26]. Tarnijaga sõlmitud leping määrab pooltevahelised kohustused, kuid ei saa välistada kolmandate isikute seadusest tulenevaid õigusi.

Lepingus määratakse tellija ja tarnija kohustused, lahenduse nõuetele vastavuse kontroll ning puuduste kõrvaldamise ja vastutuse tingimused. Mõõdetavad vastuvõtukriteeriumid ja katseprotokollid annavad aluse hinnata, kas tarnija on oma kohustused täitnud [25].

Lisaks tellija ja tarnija vahelisele lepingulisele vastutusele võib asjaoludest sõltuvalt tekkida tootja või muu isiku vastutus kolmandate isikute ees. Vastutuse ja kindlustuse ulatus tuleb määrata konkreetse lahenduse, riskide ja kohaldatava õiguse järgi.

Soovitame nõuda lepingus teostajalt vähemalt üldist tsiviilvastutuskindlustust kolmandatele isikutele ja tellija varale tekitatud kahju vastu kogu lepingu ajaks ning kutsealast vastutuskindlustust lahenduse projekteerimis-, seadistus- ja tarkvaravigade katmiseks; kutsealase vastutuskindlustuse tõendit saab nõuda ka kvalifitseerimisel. Paigaldustööde ajaks nõutakse tsiviilvastutuskindlustust, mis katab ka tänavatöödel tekkiva kahju. Tootevastutuse, küberriski ja seadmete varakindlustuse vajadus otsustatakse lahenduse ja vastuvõtukorra järgi. Linna hooldusleping on tsiviilvastutuskindlustuse hüvitispiir 100 000 eurot; DLJ lepingu hüvitispiiri ja täitmise tagatise määrab linn riskihinnangu põhjal ning see võib olla kõrgem.

4.4.1 Automatiseerimise taseme ja operaatori rolli side vastutusega

Lahendus peab võimaldama täisautomaatset, poolautomaatset (operaatori kinnitusega) ja käsitsi juhtimist; tase on seadistatav funktsiooni kaupa ja selle muutmine on linna määratud rolli õigus. Režiim määratakse funktsiooni ja juhtimisala kaupa. Automatiseerimise kasv suurendab vajadust jälgitava otsustusahela ja toimiva järelevalve järele, kuid ei määra üksi õigusliku vastutuse jaotust.

Otsuse ja käsu logi peab võimaldama seostada algataja, sisendid, juhtimisõiguse, ajatemplid ning vastuvõtu ja rakendumise tulemuse. Tegevusjälg toetab vastutuse ja intsidendi põhjuste hindamist; selle puudumine raskendab tõendamist, kuid ei muuda teisi tõendeid automaatselt kasutuks.

Enne pilooti määratakse iga funktsiooni juhtimisrežiim, operaatori õigused, ohutuspiirid, logimine ja vastutus. Kiireid ohutusfunktsioone ei saa rajada eeldusele, et inimene jõuab iga käsu kinnitada. Operaatori kinnitust kasutatakse sobivates töövoogudes; automaatne juhtimine toimub valideeritud loogika ja kohalike ohutuspiirangute järgi. Režiimi muutmine eeldab omaette kontrolli. Linna kohustus liiklejate ees jääb automatiseeritud juhtimisel kehtima; tarnijaga sõlmitud leping, logid ja kindlustus võimaldavad kahju tagasi nõuda ning tõendada intsidendi põhjust.

4.5 Andmejagamise õiguslikud alused

Andmeid eristatakse esmalt isikuga seostatavuse järgi: isikuseoseta andmed ja isikuandmed. Nende päritolu ning kasutusõigusi hinnatakse eraldi, sest kolmandatelt osapooltelt võivad pärineda mõlemat liiki andmed.

Isikuseoseta andmed on näiteks piisavalt koondatud loendused ja kontrolleri olekuandmed, kui inimese tuvastamine ei ole mõistlikult võimalik ka teiste andmetega ühendamisel. Koondamise või tunnuse asendamise piisavust tuleb hinnata kogu andmekoosseisu alusel. Avaldamisel arvestatakse lisaks turvet, juurdepääsupiiranguid ja kolmandate isikute õigusi.

Isikuandmeid võivad sisaldada liikluskaamerate videopilt, sõiduki registreerimisnumbri tuvastamise tulemus ning isikuga seostatav asukohateave. Nende kasutamisel ja jagamisel tuleb järgida isikuandmete kaitse üldmäärust ning kohaldatavaid riigisiseseid nõudeid [8].

Kolmandate osapoolte andmete puhul kontrollitakse kasutusõigust, kvaliteeti, edasijagamise võimalust ja teenuse jätkumise tingimusi. Isikuandmete korral määratakse lisaks töötlemise õiguslik alus ning osapoolte rollid.

4.5.1 Avaandmed ja masinloetav liiklusinfo

Avaldamiskiht väljastab kontrollitud masinloetavaid liiklusnäitajaid vastavalt kasutusõigustele, andmekaitsele ja turbenõuetele. Sisemised häire-, hooldus- ja turbeandmed ei ole automaatselt avaandmed. Avalik lugemisliides on eraldatud kaitstud juhtimisliidesest.

Masinloetava liiklusinfo avaldamisel lähtutakse intelligentsete transpordisüsteemide õigusraamistikust. Hanke ettevalmistamisel määratakse riikliku juurdepääsupunkti kaudu avaldatavad andmed, vajalik andmevahetus ja vastutus. Asjakohaseid õigusakte käsitleb allpool liiklusinfo avaldamise alapeatükk.

4.5.2 Kolmandate osapoolte kaasamine ja X-tee

Andmevahetuskokkulepe määrab iga liidese andmekoosseisu, kasutusõigused, ligipääsu, turbe, teenustaseme ja vastutuse. Linnale antakse dokumentatsioon ning kokkulepitud õigused kasutada andmeid ja liideseid ka teise teenuseosutajaga. Üldine väide andmete omandiõiguse kohta ei asenda neid õigusi ega tõenda tarnijavahetuse võimalikkust.

X-tee kasutamist hinnatakse sobivate asutustevaheliste teenuste puhul. Kiirete juhtimisvoogude edastamiseks valitakse nende viiteaja, töökindluse ja turbe nõuetele vastav ühendusviis. Isikuandmete töötlemise rollid ja lepingud määratakse allpool kirjeldatud andmekaitsepõhimõtete järgi.

4.6 Andmekaitse (GDPR)

Andmekaitse kohaldumist hinnatakse kogu andmeahelas, lähtudes eelnevas alapeatükis kirjeldatud isikuga seostatavusest. Kui kaameraahel töötleb tuvastatavate isikute andmeid, tuleb selle töötluse alus ja kaitsemeetmed määrata ka juhul, kui juhtimissüsteem saab ainult anonüümse väljundi.

Soovitame piirata isikuandmeid sisaldava töötluse vajaliku ülesandega ning edastada juhtimisse võimaluse korral isikuseoseta näitajad.

Isikuandmete töötlemisel tuleb määrata konkreetne õiguslik alus ning näidata töötlemise vajalikkust ja proportsionaalsust. Avaliku ülesande täitmisel hinnatakse eelkõige isikuandmete kaitse üldmääruse artikli 6 lõike 1 punkti e koos ülesannet määrava õigusliku alusega. Üldine liiklusjuhtimise eesmärk ei õigusta automaatselt kõigi kaamera- või asukohaandmete kogumist. Järgmised põhimõtted tuleb rakendada kogu andmeahelas [8].

- Vajalike andmetega piirdumine. Kogutakse juhtimisülesandeks vajalikus mahus andmeid. Kui ülesande täitmiseks piisab anonüümsest loendusest, välditakse isikuga seostatava videopildi või sõidukitunnuse salvestamist.
- Eesmärgipärasus. Liiklusjuhtimiseks kogutud isikuandmete kasutamine muuks otstarbeks, näiteks süütegude menetlemiseks, vajab eraldi õiguslikku hinnangut.
- Säilitamise piirang. Iga andmeliigi säilitusaeg põhjendatakse eesmärgiga. Isikuga seostatav lähteandmestik kustutatakse või anonüümitakse, kui selle hoidmise vajadus lõpeb; ka koondandmete säilitamine peab vastama määratud kasutusotstarbele.

- **Läbipaistvus.** Avalikustatakse, et alal katsetatakse dünaamilist liiklusjuhtimist ning milliseid andmeid kogutakse ja mis eesmärgil.

Isikuandmete töötlemise rollid määratakse selle järgi, kes otsustab töötlemise eesmärkide ja vahendite üle. Tellija nimel andmeid töötleva partneriga sõlmitakse isikuandmete kaitse üldmääruse artikli 28 kohane leping. Iseseisva või kaasvastutava töötleja korral määratakse vastav tööjaotus ja õiguslik korraldus. Töötlemistoimingud, turvameetmed ja õigused dokumenteeritakse [8].

4.6.1 Andmekaitsealane mõjuhinnang (DPIA)

Kui piloot töötleb isikuandmeid süstemaatiliselt ja avalikus ruumis suures mahus (nt kaamerapõhine tuvastus testalal), on andmekaitsealane mõjuhinnang (DPIA) kohustuslik (GDPR art 35). DPIA koostatakse enne töötlemise algust ja katab töötlemise kirjelduse, vajalikkuse ja proportsionaalsuse hinnangu, riskid andmesubjektidele ning maandusmeetmed. Kui DPIA näitab kõrget jääkriski, mida ei õnnestu maandada, tuleb enne töötlemist konsulteerida Andmekaitse Inspektsiooniga (art 36). Kui lahendus kasutab ainult isikustamata andureid, mis annavad loendusi ja olekuandmeid, isikuandmeid ei töödelda ja mõjuhinnangut ei koostata; see järeldus dokumenteeritakse.

Mõjuhinnangu vajadust hinnatakse hanke ettevalmistamisel. Vajalik hinnang täpsustatakse valitud lahenduse ja kogu andmeahela põhjal enne isikuandmete töötlemist.

4.7 Euroopa Liidu tehisintellekti määrus

4.7.1 Riskiklass

DLJ komponendi puhul hinnatakse esmalt, kas see on tehisintellekti määruse tähenduses tehisintellektisüsteem. Teeliikluse, sh linnatänavate liikluse, haldamisel ohutuskomponendina kasutatav tehisintellekt võib kuuluda määruse art 6 lg 2 ja III lisa punkti 2 kõrge riski kategooriasse. Liigitus dokumenteeritakse konkreetse sihtotstarbe ja funktsiooni, mitte üksnes algoritmi nimetuse põhjal.

Tehisintellekti määruse III lisa punkti 2 eestikeelne sõna „maanteeliiklus” vastab ingliskeelsele mõistele „road traffic” ja hõlmab ka linnatänavate liiklust. Komisjoni suuniste eelnõu (19.05.2026) käsitleb kõrge riskiga süsteemina näiteks süsteemi, mis jälgib liiklust ja muudab foorituled ajastust; eelnõu kohaselt eeldab liigitus lisaks, et juurutaja on elutähtsate üksuste direktiivi (EL) 2022/2557 alusel määratud kriitiline üksus, ning linna staatus vajab kinnitust. Linn on süsteemi juurutaja; kui linn laseb eritellimuslahenduse välja töötada ja võtab selle kasutusele oma nime all, võib linn olla ka tehisintellekti määruse tähenduses pakkuja. Rollid ja kohustused dokumenteeritakse enne hanke väljakuulutamist.

Operaatori heakskiit ei vabasta süsteemi automaatselt kõrge riski nõuetest. Võimaliku art 6 lg 3 erandi kasutamisel tuleb tõendada selle sisuliste tingi muste täitmine, sealhulgas süsteemi mõju otsusele ja tervise-, ohutus- või põhiõiguste riskile. Poolautomaatne töö võib olla riskimaandus, kuid ei asenda õiguslikku liigitust.

4.7.2 Kõrge riski süsteemi kohustused

Kõrge riski süsteemi korral hinnatakse tehisintellekti määruse III peatüki nõudeid ning tehisintellekti määruse tähenduses pakkuja ja juurutaja kohustusi koos kohaldamistähtaegade ja üleminekusätetega. Järgmine tabel seob nõuded DLJ funktsioonidega.

Tehisintellekti nõuete seose lahendusega selgitab Tabel 25.

Tabel 25. Tehisintellekti määruse nõuete seos DLJ lahendusega.

Määruse nõue	Artikkel	Vaste dünaamilise liiklusjuhtimise kontekstis
Riskijuhtimissüsteem	art 9	Tõrke- ja kriisiprotokollid, riskiregister
Andmehaldus ja andmekvaliteet	art 10	Andmekvaliteedi nõuded ning mõõdetud ja taastatud kirjete eristus
Tehniline dokumentatsioon	art 11	Süsteemi ja mudelite dokumentatsioon
Logimine ja jälgitavus	art 12	Iga juhtimiskäsu logi (algataja, ajatempel, tulemus)
Läbipaistvus ja teave piloodi elluviijale	art 13	Kasutusjuhend, otsuse selgitatavus operaatorile
Inimjärelevalve	art 14	Operaatori sekkumis- ja väljalülitusõigus
Täpsus, töökindlus, küberturvalisus	art 15	Vastuvõtukriteeriumid, E-ITS, varurežiim
Kvaliteedijuhtimissüsteem	art 17	Tarnija kvaliteedisüsteem (hankenõue)
Vastavushindamine	art 43	Enne turule laskmist / kasutuselevõttu

4.7.3 Põhiõiguste mõjuhinnang

Tehisintellekti määruse artikli 27 lõike 1 kohustusliku põhiõiguste mõjuhinnangu (FRIA) üldreegel ei hõlma III lisa punkti 2 süsteeme. Kui DLJ liigitatakse selle punkti liiklustaristu ohutuskomponendiks, ei tulene FRIA kohustus üksnes avaliku sektori juurutaja staatusest. Tellija võib põhiõiguste ja liiklejagruppide mõju hindamise siiski nõuda. Andmekaitsealase mõjuhinnangu vajadust hinnatakse eraldi [7, 8].

4.7.4 Kõrge riski kohustuste kohaldamise edasilükkumine

Määrus (EL) 2026/1744 muutis tehisintellekti määruse kohaldamise ajakava. III peatüki 1.–3. jao põhinõuded, välja arvatud artikli 6 lõige 5, kohalduvad kõrge riski süsteemidele järgmise ajakava järgi [7]:

- artikli 6 lõike 2 ja III lisa süsteemidele alates 2. detsembrist 2027;
- artikli 6 lõike 1 ja I lisa tootepõhistele süsteemidele alates 2. augustist 2028.
- Muud kohustused ja üleminekureeglid ei järgi tingimata sama kuupäeva. Seetõttu tuleb vastavuskava koostada nõuete kaupa ning arvestada süsteemi turule laskmise, kasutuselevõtu ja hilisema olulise muutmise aega.

Piloodi vastavustegevused ajastatakse tegeliku turule laskmise ja kasutuselevõtu kuupäeva ning kohaldatavate üleminekusätete järgi. Pelk piloodi nimetus või käivitamine 2027. aastal ei anna üldist vabastust. Hankes määratakse nõuete täitmise vastutus ja ajakava, et vältida hilisemat ümberehitust.

Enne asjaomaste kõrge riski nõuete kohaldamise algust turule lastud või kasutusele võetud süsteemide puhul arvestatakse tehisintellekti määruse artikli 111 üleminekusätteid. Üldjuhul sõltub nõuete kohaldumine sellistele süsteemidele pärast kohaldamistähtaega tehtavatest olulistest muudatustest. Avaliku sektori jaoks kasutatavate kõrge riskiga süsteemide pakkujatele ja juurutajatele kehtib täiendav kohustus tagada vastavus hiljemalt 2. augustiks 2030. Konkreetne kohaldumistähtaeg määratakse süsteemi kasutuselevõtu aja, sihtotstarbe ja hilisemate muudatuste põhjal.

4.8 Automatiseeritud otsustussüsteemid ja masinõpe

4.8.1 GDPR artikkel 22

Isikuandmete kaitse üldmääruse artikkel 22 puudutab üksnes automatiseeritud töötlusel põhinevaid üksikisiku otsuseid, millel on õiguslik või samaväärselt oluline mõju. Isikuseoseta liiklusnäitajate alusel foorijuhtimine ei ole tavaliselt selline otsus. Kui funktsioon seob juhtimisotsuse konkreetse isiku või temaga seostatava tunnusega, tuleb artikli 22 kohaldumist hinnata eraldi [8].

4.8.2 Läbipaistvus ja selgitatavus

Juhtimisotsuste selgitatavuse tehniline alus on sihtolukorras kirjeldatud otsuse, sisendite ja käsu tulemuse seostamine. Õiguslikud teavitamis- ja läbipaistvuskohustused määratakse süsteemi liigituse ning kasutusotstarbe järgi. Operaatorile antav teave peab võimaldama tal juhtimise põhjust ja tagajärgi kontrollida.

Selgituse piisavust tuleb katsetada tegelikes tööolukordades. Üksnes mudeli tehniline kirjeldus ei näita, et operaator oskab tuvastada vigase sisendi, mõista sekkumist või valida lubatud parandustegevuse.

4.8.3 Inimjärelevalve ja sekkumine

Inimjärelevalve peab andma pädevale kasutajale olukorrast arusaadava pildi ning tegeliku võimaluse sekkuda lubatud piirides. Sekkumine eeldab toimivat juhtimisahelat. Kiired kohalikud ohutusfunktsioonid jäävad kontrollerisse; operaatori roll ja automaatne varurežiim täiendavad teineteist. Operaatori kinnitust vajav töörežiim ei taga iseenesest piisavat järelevalvet.

4.8.4 Logimine ja tagantjärele kontrollitavus

Jälgitavus hõlmab juhtimisotsuse kirjet, kasutatud reegli või mudeli versiooni ning logide tervikluse kaitset. TO-BE nõuete kohaselt eraldatakse logide haldamise õigused süsteemi tavahalduse õigustest ja katsetatakse kaitset loata muutmise vastu. Õigusaktide logimiskohustused ja lepinguline säilitusaeg tuleb kohaldumisel täita koos.

4.9 Mudelite treenimise andmekaitse

Mudeli treenimise andmekasutust hinnatakse eraldi mudeli hilisemast kasutamisest. Iga andmestiku kohta dokumenteeritakse päritolu, kogumise eesmärk, kasutusõigused ja säilitamine. Ajalooliste isikuandmete kasutamiseks treenimisel hinnatakse töötlemise õiguslikku alust ja eesmärkide kooskõla; juhtimissüsteemi hilisem anonüümne väljund ei kõrvalda treenimisel tekkivaid kohustusi [8].

Vahearuandes kirjeldatud ajaloo katkendlikkus piirab mudelite arendamiseks ja sõltumatuks hindamiseks kasutatavat andmestikku. Prognoosi- ja mustrituvastusmudelite treenimiseks näevad sihtolukorra nõuded ette mõõdetud, kvaliteedimärgisega andmed. Välise mõõteandmestiku kasutamisel tuleb tõendada selle esinduslikkus Tallinna liiklusoludes ja kasutusõigused. Sünteetilisi andmeid võib kasutada kokkulepitud katseülesannetes, näiteks koormuskatsetes; neid ei käsitleta nõutud mõõteandmete asendusena [2, 4].

4.10 Load ja kooskõlastused

Piloodi otsused ja kooskõlastused määratakse konkreetse tehnilise lahenduse, paigaldustööde, andmetöötluse ja võimaliku tehisintellekti katsetamise režiimi järgi. Vähemalt tuleb käsitleda järgmisi teemasid:

- Tellija haldusotsus testala kohta - fikseerib testala ulatuse, katsetatavad funktsioonid, mõõtmisperioodi ja tavajuhtimisele tagasipöördumise korra.
- Foorirežiimi ja sekundinäidiku muudatused — tellija kinnitab projektikohase lahenduse, ohutusanalüüsi ja vastavuse fooriliigile kohalduvatele nõuetele.
- Andmekaitse eeltingimused - DPIA-vajaduse hinnang (art 35) ja vajaduse korral eelkonsultatsioon AKI-ga (art 36).
- Kaamerate kasutamise kooskõlastus - kokkulepe PPA-ga andmete kasutamise ja jagamise kohta on vajalik ainult siis, kui piloot kasutab PPA võrgus olevaid liikluskaameraid; linna võrgus olevate kaamerate kasutamise tingimused määrab linn. Vajadus selgub testala kaamerate nimelise loetelu kinnitamisel; vahearuande järgi paikneb ligikaudu 5% kaameratest PPA võrgus ja jaotus muutub.
- Küberturbe ja infoturbe kooskõlastus - vastavus E-ITS-ile ja Tallinna IT-halduse (digiteenistuse) nõuetele; linna ametiasutus on küberturvalisuse seaduse järgi ülioluline üksus, mistõttu seaduse nõuded kohalduvad ka DLJ süsteemile [27].
- Seadmete paigaldamine tänavale - andurite ja kaamerate paigaldamisel tänavavalgustuse mastile või postile küsitakse tänavavalgustuse halduri kooskõlastus; kaabli- ja vundamenditööde jaoks taotletakse kaevetööluba Tallinna kaevetööde eeskirja järgi ning sõidu- või kõnniteel töötamiseks kooskõlastatakse ajutine liikluskorraldus. Lubade ja kooskõlastuste taotlemine määratakse lepingus teostaja kohustuseks, nagu linna hooldusleping; liikluskorralduse muudatuse kinnitab Liikuvusameti foorisüsteemi spetsialist (roll vajab kinnitust). Pädev amet ja menetlustähtajad kinnitatakse 01.07.2026 jõustunud kaevetööde eeskirja järgi; ehitusloa või ehitusteatise vajadus vajab kinnitust.

Pädevad asutused

Piloodi ettevalmistamisel kaasatakse asutused nende tegeliku pädevuse ja kasutatavate andmete järgi; rollid koondab Tabel 26.

Tabel 26. Piloodi ettevalmistamisel kaasatavad asutused.

Asutus	Roll dünaamilise liiklusjuhtimise kontekstis
Tallinna Liikuvusamet (tellija)	Teeomaniku pädevus, liikluskorraldus, vastutav töötleja
Tallinna Strateegiakeskuse hankekeskus	Riigihanke alusdokumentide kooskõlastus
Tallinna Digiteenistus	IT-taristu, serverikeskkond, infoturve, masinõpe
Transpordiamet	ITS riiklik juurdepääsupunkt (NAP), reaalajas liiklusteave, fooride tehnilised nõuded
Andmekaitse Inspektsioon (AKI)	DPIA eelkonsultatsioon, järelevalve isikuandmete töötlemise üle
Politsei- ja Piirivalveamet (PPA)	Kaasatakse juhul, kui kasutatakse PPA hallatavat võrku või tema valduses olevaid andmeid, ei ole kõigi linna liikluskaamerate üldine haldaja.
Tarbijakaitse ja Tehnilise Järelevalve Amet	Tehisintellektisüsteemide järelevalve pädevus kontrollitakse piloodi liigituse ja selleks ajaks kehtiva riigisisese korralduse järgi [10].

4.11 Õigusraamistiku ajakohastamine ja täiendavad standardid

Eeluuring ei tuvastanud üldist seadusemuudatust, mis oleks piloodi vältimatu eeltingimus. Valitud funktsioonide, paigalduste ja katsetamise vastavust kontrollitakse käesoleva peatüki põhimõtete järgi enne nende rakendamist.

Laiendamisel ajakohastatakse õiguslik hinnang vastavalt ulatusele, uutele andmeallikatele ja kohaldatavale õigusele. Tehisintellekti nõuete täitmine kavandatakse nende kohaldumise tähtajaks.

Täismahus juurutus eeldab lisaks piloodile järgmisi õiguslikke aluseid: hanke- või lepinguline alus laienduseks (optsioon algses lepingus või uus hange); tehisintellekti määruse nõuete täitmine alates 2.12.2027, kui süsteem liigitub III lisa punkti 2 süsteemiks, sealhulgas juurutaja kohustused ja riiklik registreerimine; andmekaitsealane mõjuhinnang uute andmeallikate ja suurema ala jaoks; ITS-andmete avaldamise kohustuse ulatus; küberturvalisuse seaduse turvameetmete ja tarneahela nõuete laiendamine; hoolduse alus uutele seadmetele; objektipõhised load iga uue ristmiku jaoks ning eelarve ja Tallinna hankekorra kohane kooskõlastus.

Hooldusleping 261559 järgi muutub hoolduse maksumus hooldatavate objektide arvu muutumisel proportsionaalselt. Samaliigiliste seadmete, näiteks olemasoleva tüübiga andurite ja kaamerate lisandumisel saab hoolduse lisada lepingus ette nähtud tingimustel (RHS § 123 lõike 1 punkt 2). Uut liiki seadmete hooldus, platvormi tugi ja operaatoriteenus (kui linn valib operaatori kättesaadavuse variandi 2 teenuse ostmisega) lisatakse II etapi hankelepingusse või järgmisse hooldushankesse või kontrollitakse muudatuse lubatavust RHS § 123 lõike 1 punktide 1 ja 3 alusel. Hooldusleping lõppkuupäev vajab kinnitust.

4.11.1 Masinloetava liiklusinfo avaldamise õiguslik raam (ITS)

Intelligentsete transpordisüsteemide direktiiv 2010/40/EL (muudetud direktiiviga (EL) 2023/2661) ja selle delegeeritud määrused raamivad masinloetava liiklusinfo avaldamist. Kesksteks määrusteks on [20, 21]:

- Delegeeritud määrus (EL) 2022/670 reaalajas liiklusteabe teenuste kohta — suunab liiklusandmed riiklikku juurdepääsupunkti (NAP), mida Eestis haldab Transpordiamet, ja seab andmete masinloetavuse ja kvaliteedi nõuded [22].
- Delegeeritud määrus (EL) 886/2013 ohutusega seotud liiklusteabe kohta [23].

Avaandmete avaldamisel määratakse, millised andmeliigid kuuluvad asjakohaste ITS nõuete alla ja milline on riikliku juurdepääsupunkti kaudu avaldamise kord. Juhtimisliidesed ja kaitstud tegevuslogid ei muutu seetõttu avalikuks. Andmekaitse, kasutusõigused ning avaldamise tehnilised tingimused kontrollitakse andmekogumite kaupa [8, 20–23, 28].

4.11.2 C-ITS koostoimelised süsteemid

Sõiduki ja taristu vaheline side võib tulevikus kasutada foorioleku või prognoosi andmeid. Piloodis nõutud masinloetav prognoos ei võrdu siiski tervikliku sõiduki ja taristu sidesüsteemi rajamisega. Täiendavad sõnumivormingud, sidevahendid ja vastuvõtukatsed tuleb vajaduse korral tellida eraldi ning kontrollida nende koostalitlust.

4.12 Ohtude juhtimine ja kriisiolukordade protokollid

Tõrgete käsitlemise tehnilised põhimõtted on kirjeldatud sihtolukorra töökindluse alapeatükis. Õiguslikus ja lepingulises korralduses määratakse nende rakendamise eest vastutajad, sekkumisõigus ning katsetamise ja taastamise tõendid. Keskse teenuse, side või kontrolleri enda rikke korral rakendatakse vastavale olukorrale määratud ohutut käitumist.

4.12.1 Rikkekäitumine ja üleminek ohutule varurežiimile

Rikke korral lähtutakse järgmisest tööjaotusest:

1. Keskse DLJ teenuse või side rikke korral jätkab töökorras kontroller kinnitatud kohalikku juhtimist. Kohaliku ühistranspordiprioriteedi säilimine eeldab toimivat ja lubatud kutsungiahelat.

2. Kontrolleri või ohutuseks vajaliku komponendi rikke korral rakendatakse ristmiku projektis ette nähtud ohutut režiimi.
3. Operaator sekkub toimiva ja ohutu juhtimisahela kaudu. Taastumisel kontrollitakse andmete kvaliteeti ning juhtimisõigust; iga kontrolleri kohta on korraga üks aktiivne keskne käsuandja.

Rohelise aja prognoosi avaldamine peatatakse, kui selle usaldusväärsus ei vasta kinnitatud tingimustele. Muude funktsioonide puhul lähtutakse asjaomase sisendi kvaliteedist ja funktsioonile määratud rikkekäitumisest. Üht universaalset kindluslävendit ega ainult operaatori sekkumisel põhinevat ohutusmehhanismi ei eeldata.

4.12.2 Kriisiprotokolli dokumenteerimine

Kriisiprotokoll määrab häirete edasisuunamise korra, juhtimisõiguse jaotuse ja sekkumise tingimused, ohutu kohaliku töö, taastamise ning teavitamise. Isikuandmetega seotud rikkumise korral lähtutakse isikuandmete kaitse üldmääruse artiklist 33: järelevalveasutust teavitatakse põhjendamatu viivituseta ja võimaluse korral 72 tunni jooksul teadasaamisest, välja arvatud määruses sätestatud riskierandi korral. Artikli 34 tingimustel teavitatakse suure ohu korral ka isikut põhjendamatu viivituseta [8].

4.13 Õiguslike takistuste koondtabel ja prioriteedid

Õiguslikud küsimused on koondatud tabelisse 27. Tegemist on lahenduse ettevalmistamisel kontrollitavate teemadega; nende loetelu ei tähenda, et linn oleks vastavaid kohustusi juba rikkunud. Tähtaeg lähtub asjaomase töötluse, töö või kasutuse algusest ja õigusnormi kohaldumisest.

Tabel 27. Õiguslikud küsimused ja nende lahendamise prioriteedid.

Küsimus	Mida määrata või tõendada	Alus	Prioriteet ja ajastus
Vastutus ja järelevalve	Rollid, juhtimisõigus, sekkumine ja intsidendi lahendamine.	Kohaldatav vastutusõigus; tehisintellekti määrus, kui see kohaldub.	Vältimatu. Lepingus (näidis: hiljemalt juuli 2027) ja enne kasutuselevõttu.
Isikuandmed	Töötlemise alus, vajalikkus, rollid ja mõjuhinnangu vajadus.	Isikuandmete kaitse üldmääruse artiklid 5, 6, 28 ja 35–36.	Vältimatu. Enne asjaomast töötlust.
Tehisintellekti liigitus	Kas komponent on tehisintellektisüsteem ja millised kohustused rakenduvad.	Tehisintellekti määruse artikkel 6 ja III lisa; kohaldamise ajakava.	Kriitiline. Esialgne hinnang enne hanke väljakuulutamist (näidis: detsember 2026), täpsustus valitud lahenduse põhjal.
Põhiõiguste mõjuhinnang	III lisa punkti 2 erand ja võimalike muude funktsioonide liigitus; andmekaitsehinnang eraldi.	Tehisintellekti määruse artikkel 27; isikuandmete kaitse üldmääruse artikkel 35.	Kriitiline. Enne vastavat kasutust.
Treeningandmed	Päritolu, kasutusõigus, õiguslik alus ja säilitamine.	Andmekaitse ja kohaldatavad tehisintellekti nõuded.	Kriitiline. Enne treenimist.
Kasutusõigused	Litsentsid, dokumentatsioon, andmete väljastus ja teenuseosutaja vahetamine.	Autoriõigus ja hankeleping.	Vältimatu. Enne lepingu sõlmimist (näidis: hiljemalt juuli 2027).
Avaandmed	Avaldamise ulatus, kvaliteet, õigused ja kaitstud liideste eraldatus.	Kohaldatavad ITS nõuded, avaliku teabe ja andmekaitse normid.	Oluline. Enne avaldamist.
Ohutus ja turve	Kohalik ohutus, varurežiimid, taastamine ja ligipääsud.	Projektikohane liikluskorraldus, turbenõuded ja TO-BE tehnilised tingimused.	Vältimatu. Enne juhtimisloogika käivitamist (näidis: mai 2028).

Vastutuse, andmetöötluse ja ohutu juhtimise alus peab olema selge enne vastavate tegevuste alustamist. Muude küsimuste tähtaeg tuleneb konkreetsest lepingust, funktsioonist ja õigusnormist; neid ei saa põhjenduseta lükata laiendusetappi. Prioriteet tähendab, et vältimatu küsimus lahendatakse enne vastava tegevuse algust, kriitiline hiljemalt enne vastava funktsiooni kasutust ja oluline enne laiendust; prioriteedid on eeluuringu ettepanek ja linn kinnitab need.

4.14 Õigusliku ja korraldusliku valmisoleku tegevused

Valmisoleku saavutamiseks vajalikud tegevused koondab Tabel 28. Näidiskuupäevad põhinevad tegevuskava näidiskalendril (ettevalmistuse algus oktoobris 2026) ega ole linna kinnitatud ajakava.

Tabel 28. Õigusliku ja korraldusliku valmisoleku tegevused.

Samm	Tegevus	Vastutav	Kaasatud	Hiljemalt (näidiskalender)
1	Testala, otsused ja kooskõlastused	Tellija	Tehniline meeskond, jurist	Testala otsused enne hanke väljakuulutamist (näidis: detsember 2026); kooskõlastused enne asjaomaseid töid ja katsetamist
2	Andmevood, anonüümsus ja töötluse alus	Tellija	Tarnija, andmekaitsespetsialist	Lähtealus enne hanke väljakuulutamist (näidis: detsember 2026); täpsustus enne töötlust
3	DPIA vajadus; vajadusel DPIA ja eelkonsultatsioon	Tellija	Andmekaitsespetsialist, vajadusel AKI	Enne asjaomast töötlust; tehniline sisend vähemalt 8 nädalat varem
4	Vastutus, kindlustus ja inimjärelevalve	Tellija	Jurist, tarnija, hooldusparter	Enne lepingu sõlmimist (näidis: hiljemalt juuli 2027); rakendatud enne pilooti
5	Juhtimisõigus ja automatiseerimisrežiimid	Tellija	Tarnija, hooldusparter; operaatori roll valitud variandi järgi	Enne juhtimisloogika käivitamist (näidis: mai 2028)
6	Kaamerate ja võrkude kasutusõigused	Tellija	Andmevaldajad, vajadusel PPA	Kaamerate võrgukuuluvus enne hanke väljakuulutamist (näidis: detsember 2026); kokkulepe enne kasutamist
7	Turve, ohutu kohalik töö ja taastamine	Tellija ja tarnija	Digiteenistus, hooldusparter	Enne juhtimisloogika käivitamist (näidis: mai 2028)

Samm	Tegevus	Vastutav	Kaasatud	Hiljemalt (näidiskalender)
8	Baastase ja kinnitatud mõõtmiskava	Tellija ja tarnija	Sõltumatu hindaja vajaduse järgi	Enne juhtimisloogika käivitamist; baastase vähemalt 4 järjestikust nädalat (näidis: tehnilise piloodi lõpuosa)
9	Tehisintellektisüsteemi liigitus ja nõuete täitmise kava	Tarnija ja tellija	Õigus- ja tehniline meeskond	Esialgne liigitus enne hanke väljakuulutamist (näidis: detsember 2026); täitmine kohaldumise ajaks (III lisa süsteemid alates 2.12.2027)
10	FRIA erandi ja DPIA ulatuse kontroll	Tellija	Jurist, andmekaitsespetsialist	Enne vastavat kasutust
11	Treeningandmete päritolu ja õigused	Tarnija	Tellija, andmevaldajad	Enne treenimist
12	Registreerimise kohustus ja kanal; III lisa p 2 korral riiklik erireegel	Tarnija ja tellija	Pädev asutus	Vastavalt liigitusele ja kohaldumisajale
13	Avaandmete/NAP ulatus ja turbepiirid	Tellija ja tarnija	Andmevaldajad, Transpordiamet	Enne asjaomast avaldamist

4.14.1 Intellektuaalomandi küsimused ja litsentsistrateegia

Kasutusõiguste ja litsentside korraldus peab võimaldama linnal lahendust käitada, kontrollida ja kokkulepitud ulatuses edasi arendada ning teenuseosutajat vahetada. Õigused määratakse eraldi eritellimusarendusele, tarnija olemasolevale tarkvarale ja kolmandate osapoolte komponentidele.

Tarkvara tellimine ei anna linnale automaatselt kõiki selle kasutamise ja edasiarendamise õigusi. Lepingus tuleb määrata linnale antavad õigused ning tarnija kohustus tagada nende andmiseks vajalikud õigused kogu tarneahelas [24].

Õiguste jaotamisel eristatakse kolme komponentide rühma:

- Linna tellimusel loodavad osad. Lepingus määratakse edasiarendamiseks ja teenuseosutaja vahetamiseks vajalikud õigused, lähtekoodi, seadistuste ning dokumentatsiooni üleandmine. Õiguste üleandmise ja litsentsi valik peab sobima tellitava töö ning komponentide päritoluga; ainuõigust ei eeldata põhjenduseta kõigile komponentidele.
- Tarnija olemasolev tarkvara. Määratakse kasutusulatus, litsentsiperiood, hinnastamine, andmete kättesaadavus ja teenuseosutaja vahetamise võimalused. Lähtekoodi üleandmise või sõltumatu hoidja juures säilitamise vajadust hinnatakse lahenduse jätkamise, võimaliku teostuse ja kulu järgi.
- Kolmanda osapoole komponendid ja avatud lähtekoodiga tarkvara. Tarnija esitab kasutatud komponendid ja nende litsentsid tarkvarakomponentide loeteluna (SBOM) ning tagab kasutamise vastavalt litsentsitingimustele.

Lepingus määratakse laiendamise kasutusõigused ja hinnastamine, kolmandate arendajate kaasamine, andmete väljastamise ja kasutamise õigused, dokumentatsiooni ning eritellimusarenduse lähtekoodi üleandmine ja tarnijavahetuse tugi. Tarnija olemasoleva tarkvara ja kolmandate isikute litsentsipiirangud

tuuakse eraldi välja. Õiguste ulatus ja hankelepinguline laiendusõigus on eri küsimused. Miinimumnõuded ning täiendavad hinnatavad omadused eristatakse.

Õigusallikad ja nende kontrollimise aeg on koondatud allikate loetellu. Enne hanke väljakuulutamist ja asjaomast kasutuselevõttu kontrollitakse kohalduvat redaktsiooni, pädevate asutuste rolle ja üleminekusätteid.

4.15 Innovatsioonihanke strateegia ja hankemenetluse ettevalmistamine

4.15.1 Hankestrateegia valik ja põhjendus

Menetlusliigi valik lähtub turukonsultatsioonist ning tehniliste ja lepinguliste riskide hinnangust. Olemasolevate toodete, eritellimusarenduse ja liidestustööde osakaal selgitatakse välja eraldi. Täisadaptiivset koridorijuhtimist ei käsitleta üldistatult turul puuduva tehnoloogiana üksnes selle tõttu, et Tallinna liidestused vajavad täiendamist.

Menetlusliikide võrdlus lähtub vajaduse kirjeldamise võimalusest, turul pakutavatest lahendustest ning menetluse õiguslikest eeldustest. Tehnoloogia küpsus on üks lähtekoht, kuid menetlusvalik tuleb põhjendada tervikuna.

Hankemenetluste erinevused võtab kokku Tabel 29.

Tabel 29. Hankemenetluste võrdlus järgmise etapi ettevalmistamiseks.

Kriteerium	Innovatsioonipartnerlus	Võistlev dialoog	Konkurentsipõhine läbirääkimistega hankemenetlus	Avatud hankemenetlus
Kasutamise eeldus	Vajadust rahuldav lahendus turul puudub ning vajalik on selle väljatöötamine.	Esineb RHS § 48 lõikes 3 sätestatud alus; dialoog võimaldab välja selgitada vajadust rahuldava lahenduse.	Esineb RHS § 48 lõikes 3 sätestatud alus; pakkumuse tingimusi on vaja lubatud ulatuses läbi rääkida.	Vajadus, nõuded ja lepingutingimused on võrreldavate pakkumuste küsimiseks piisavalt kirjeldatavad. Tellimus võib hõlmata ka arendust.
Lahenduse täpsustamise viis	Etapiviisiline arendus ja tulemuste hindamine partnerluse raames.	Dialoogis täpsustatakse sobiv lahendus, mille alusel esitatakse lõplikud pakkumused.	Pakkumusi täpsustatakse seadusega lubatud läbirääkimistel; miinimumnõuded ja hindamiskriteeriumid määratakse ette.	Pakkuja koostab pakkumuse ette antud tingimuste järgi; läbirääkimisi pakkumuse muutmiseks ei peeta.
Arenduse ja soetamise seos	Arendus ja sellele järgnev soetamine seotakse menetluses määratud tingimustel.	Leping võib hõlmata määratletud arendus- ja soetamisetappe.	Leping võib hõlmata määratletud arendus- ja soetamisetappe.	Leping võib hõlmata määratletud arendus- ja soetamisetappe.
RHS regulatsioon	§ 48 lg 2; §-d 57–62	§ 48 lg 3; §-d 63–66	§ 48 lg 3; §-d 67–71	§-d 51–52

Menetlusliigi valiku õiguslik alus tuleneb RHS §-st 48. Tabel hõlmab nelja käesoleva ülesande jaoks võrreldud võimalust; põhjendatud juhul võib sobida ka piiratud hankemenetlus. Tegelik ajakulu sõltub ettevalmistuse põhjalikkusest, menetluse ulatusest ja võimalikest vaidlustustest. Riskide jaotus määratakse lepingus vastutuse, õiguste ning vastuvõtutingimustega [9].

Eeluuringu põhjal on vajaduse esialgne jaotus olemasolevate toodete, kohandamise ja uue arenduse vahel esitatud turuülevaate peatükis; turukonsultatsioonis täpsustatakse, millises ulatuses pakkujate tooted vajaduse katavad ning milline on hind. Kui vajadus ja lepingutingimused on piisavalt kirjeldatavad, saab kasutada avatud või piiratud hankemenetlust. Konkurentsipõhist läbirääkimistega hankemenetlust või võistlevat dialoogi kaalutakse dokumenteeritud RHS § 48 lõike 3 aluse korral. Vajadus valmistoodet

häälestada või liidestada ei ole iseenesest piisav põhjendus; selgitada tuleb selle seos menetluse kasutamise õigusliku alusega. Innovatsioonipartnerlus on kaalutav siis, kui vajadust ei saa rahuldada turul olemasoleva lahendusega ja vajalik on uue lahenduse väljatöötamine [9].

Kui linn otsustab enne hanke väljakuulutamist lubatud arhitektuurivariandid (A, B või mõlemad koos ristmikupõhise kombinatsiooniga), testala koosseisu, OMNIA välisliidese funktsioonid, hinna ja kasutustingimused ning nõuete arvväärtused, soovitame avatud hankemenetlust, mis ei vaja RHS § 48 alusel põhjendust. Kui käsutee või koridoride ulatus jäetakse pakkujate ettepanekuks, mida tuleb läbirääkimistel täpsustada, soovitame konkurentsipõhist läbirääkimistega hankemenetlust. Selle alus dokumenteeritakse hanke alusdokumentides RHS § 48 lõike 3 punkti 4 järgi (lepingu tingimusi ei saa piisava täpsusega kindlaks määrata). Punkt 1 ei kohaldu, sest hanke eeldatav maksumus ületab rahvusvahelise piirmäära. Avatud ja läbirääkimistega menetlus sobivad paremini kui innovatsioonipartnerlus või võistlev dialoog, sest adaptiivse foorijuhtimise lahendusi pakub turg mitme tarnija kaudu ja dialoog kordaks eeluuringu tööd. RHS viited kontrollitakse enne hanke väljakuulutamist 1. novembril 2026 jõustuva redaktsiooni järgi. Eeluuringu seisuga, kus arhitektuurivariant on otsustamata ning OMNIA välisliidese funktsioonid, hind ja kasutustingimused teadmata, vastab olukord teisele harule.

Piloot peab tõendama lahenduse mõju, ohutust, koostalitlust ja tegelikku käituskulu. Tehniline laiendatavus ei anna iseenesest õigust teha sama lepingu alusel lisatellimusi. Kui laiendamine kavandatakse algse lepingu osana, määratakse hankedokumentides selle ulatus, hinnastamine, kasutamise tingimused ja tellija valikuõigus ning arvestatakse võimalikud kohustused hanke eeldatavasse maksumusse. Muul juhul kavandatakse laienduseks eraldi hange või kontrollitakse konkreetse muudatuse lubatavust RHS § 123 alusel.

Hanke lähteülesanne, menetlusvalik ja rahalised kohustused kooskõlastatakse Tallinna hankekorra ning asutusesisese pädevusjaotuse järgi. Riigihangete seaduse piirmäärasid ja linna sisemisi kooskõlastuslävendeid käsitletakse eraldi; konkreetsed kehtivad lävendid kontrollitakse menetluse ettevalmistamisel. Hanke eeldatava maksumuse määrab linn; see hõlmab ka teenuseperioodi käitustasu ja laienduse optsioonid ning ületab igal juhul rahvusvahelise piirmäära 216 000 eurot.

4.15.2 Hanke riskihindamine ja maandamismeetmed

Hanke ettevalmistamise riskid ja maandamise võimalused esitab Tabel 30.

Tabel 30. Hanke ettevalmistamise peamised riskid.

Risk	Tõenäosus	Mõju	Maandamismeede
Teenuse jätkamine või tarnija vahetamine on piiratud liideste ja kasutusõiguste tõttu	Kõrge	Kõrge	Määrata liideste dokumentatsioon ja kasutusõigused, andmete ning seadistuste üleandmine, eritellimusarenduse õigused ja teenuseosutaja vahetamise tingimused.
Valitud arhitektuuri jaoks vajalik liidestus ei ole tõendatud	Kõrge	Kõrge	A-variandis küsida tarnijalt kirjalik kinnitus OMNIA välisliidese funktsioonide, õiguste, jõudluse ja hinna kohta ning kontrollida neid tõendustestis, B-variandis kontrolleri otseliidese või adapteri sobivust. Liidestamise eeldused täpsustada enne hanke väljakuulutamist; läbirääkimistega menetluses hiljemalt enne lõplike pakkumuste esitamist.

Risk	Tõenäosus	Mõju	Maandamismeede
Turul pakutavad lahendused ei kata kirjeldatud vajadust	Keskmine	Kõrge	Täpsustada turukonsultatsioonis puuduva funktsiooni ja vajaliku arenduse ulatus ning hinnata selle põhjal sobiva menetluse õiguslikke eeldusi.
Tehisintellekti nõuete täitmiseks vajalik töömaht jääb arvestamata	Keskmine	Keskmine	Koostada funktsioonipõhine liigitus ja nõuete täitmise kava koos töömahu ning vastutajatega.
Piloodi tulemus ei õigusta laiendust	Keskmine	Kõrge	Fikseeritud edukriteeriumid ja baastase enne piloodi algust
Andmekvaliteet ei toeta otsustusmootorit	Kõrge	Kõrge	Tagada juhtimiseks vajalike andmete katvus ja kvaliteet enne funktsioonide käivitamist; säilitada mõõdetud ja taastatud väärtuste eristus.
Hankevaidlus menetlusliigi valiku üle	Keskmine	Kõrge	Menetlusliigi alus dokumenteeritakse RHS § 48 lõike 3 punkti kaupa; avatud hankemenetluse valikul alust ei nõuta; ajakavas vaidlustusvaru ligikaudu 8 nädalat iga vaidlustatud otsuse kohta; kooskõlastus hankekeskusega

4.15.3 Innovatsioonihanke dokumentatsiooni ettevalmistamine

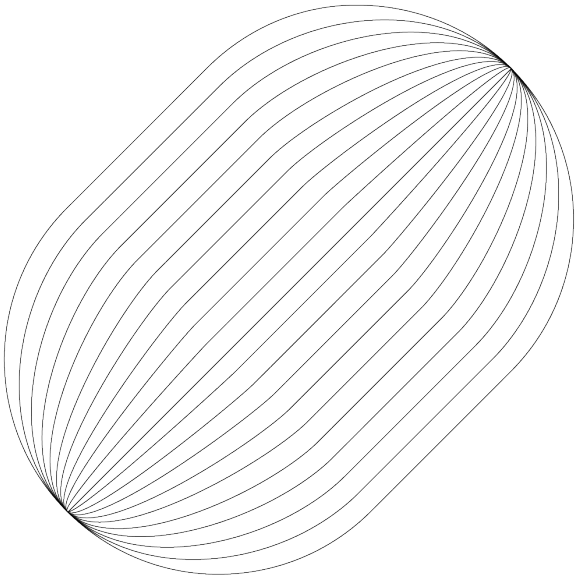
Eeluuringu materjalid on hanke alusdokumentide koostamise sisend. Enne hanke väljakuulutamist koondatakse ja kinnitatakse järgmised neli sisulist osa koos versioonide ja vastutajatega.

Lähteülesanne kirjeldab linna eesmärke, lähteolukorra takistusi, testala, tööpakette ja oodatavat tulemust. Nõuete seos vajaduste ning vastuvõtuga dokumenteeritakse, et hankija ja pakkuja saaksid kontrollida töömahu terviklikkust.

Tehniline kirjeldus koondab kinnitatava versiooni TO-BE nõuded, liidesed, andmekvaliteedi, ohutuse, auditijälje, turbe, andmekaitse ja kohaldatavad tehisintellekti nõuded. Iga kohustuse juures määratakse kontrolliviis ja vastuvõtukriteerium; lävendid ja kogused kinnitatakse enne hanke väljakuulutamist.

Pakkumuste hindamise metoodika — eristab miinimumnõuetele vastavust, kvaliteedi ja kogukulu võrdlust ning võimalikke demonstratsioone. Piloodi vastuvõtt ja liiklusmõju hindamine lähtuvad testala peatükis esitatud mõõtmiskavast. Vastuvõtukriteeriumid ja nõutavad tõendid määratakse enne hanke väljakuulutamist.

Lepinguprojekt määrab vastutuse, kindlustuse, intellektuaalomandi ja kasutusõigused, liidesepõhise vastutuse, teenustasemed, andmetöötluse rollid, vastuvõtu, puuduste kõrvaldamise ja lepingu lõpetamise ning võimaliku laienduse tingimused.



Etapiviisilise rakendamise investeeringud, tegevuskava ning riskid

5 Etapiviisiline rakendamine, investeeringud ja riskid

Tegevuskava seob laienduse tehnilise valmiduse, õigusliku ja lepingulise aluse, mõõdetud mõju ning eelarveotsusega. Investeeringute käsitlus eristab juhtimisviisi A/B ja rakendamise ulatust.

Tegevuskava lähtub kolmest põhimõttest, mis tulenevad eeluuringu varasematest etappidest.

- Iga laiendusetapp eeldab tõendatud tehnilist ja korralduslikku valmisolekut, rahastust ning hankestrateegias kirjeldatud tellimisalust.
- Laienduse ulatus otsustatakse piloodis hinnatud mõju ja tegelike kulude järgi. Iga järgmise piirkonna jaoks kinnitatakse töömaht, eelarve ja vastuvõtutingimused.
- Järgmised rakendusalad valitakse liiklusprobleemide, oodatava kasu, tehnilise valmisoleku ja elukaarekulu järgi. Mõõtmist täiendatakse seal, kus valiku või juhtimise jaoks vajalik info puudub. Ühtse andmekäsitluse laiendus ja adaptiivse juhtimise kasutuselevõtt võivad olla eri ulatusega.

5.1 Laienduse eeldused

Laienduse eel kontrollitakse tehnilisi, korralduslikke, õiguslikke ja rahalisi eeldusi. Sama kontroll tehakse iga järgmise ala kohta vajalikus ulatuses. Tabel 31 kirjeldab otsustamiseks vajalikku tõendit, mitte kohustust ehitada kõik funktsioonid kohe kogu linna välja.

Tabel 31. Järgmiste rakendusalade kasutuselevõtu eeldused.

Valdkond	Laienduse eeldus	Kontrollitav tulemus	Ajastus
Seadmed ja liidesed	Lisatavate objektide vajalikud funktsioonid ning õigused on olemas või uuendused hinnastatud.	Seadme- ja funktsioonipõhine sobivuskatse ning töömaht.	Enne ala tellimist ja kasutuselevõttu.
Mõõtmine	Juhtimisülesandeks piisav suuna- ja liiklejagrupipõhine andmekatvus.	Kvaliteediraport ning toimiv rikke tuvastamine.	Enne juhtimise aktiveerimist.
Aeg ja side	Ühtne aeg, piisav ühendus ja andmete värskus.	Koormus- ja katkestuskatsed.	Iga ala käivitamisel.
Platvorm	Piloodis nõutud laiendusvõime on tõendatud; ressursi lisamise vajadus teada.	Koormuskatse ja põhjendatud serveri- ning sidevõimsuse kava. Nõue kehtib sõltumata arhitektuurivariandist; katsetatakse pakutavat teostust.	Piloodi vastuvõtul; uue ulatuse eel täpsustus.
Töökorraldus	Operaatorid, hooldus ja liideste vastutus on määratud.	Koolitus, harjutused ja kehtivad teenustasemed.	Enne kasutuselevõttu.
Andmekaitse ja turve	Uute allikate ning kasutusviiside nõuded on hinnatud.	Vajalikud hinnangud, meetmed ja õigused.	Enne asjaomast töötlust.
Õigused ja leping	Laienduse tellimise ja kasutamise alus on olemas.	Lepinguline ulatus või eraldi hange; litsentsid ja hinnastamine.	Enne lisatellimust.
Raha ja mõju	Eelmise etapi mõju ja tegelik kulu toetavad järgmist sammu.	Piirkonnapõhine tasuvuse hinnang ja rahastusotsus.	Enne iga laienduslainet.

5.1.1 Sobivus- ja välistamiskriteeriumid

Piirkondade valikul hinnatakse juhtimisfunktsiooni võimalikku kasu, mõõteandmeid, taristu valmidust ning elukaarekulu. Sama adaptiivse lahenduse rajamine kõigile objektidele ei ole vaikimisi eesmärk. Sobivust hinnatakse funktsioonide kaupa; pöörderadade puudumine või naaberristmike kaugus ei välista automaatselt näiteks kohalikku nõudluspõhist juhtimist.

Välistamine tähendab adaptiivse juhtimise asendamist teise juhtimisviisiga. Järgmine tabel esitab neli kohta, kus adaptiivne juhtimine ei ole otstarbekas, ja selle asemel kasutatava lahenduse.

Tabel 32. Adaptiivse juhtimise välistamise alused ja asendus.

Koht	Mõju adaptiivse juhtimise korral	Asendus
Reguleeritud ülekäigurada	Koridori tsüklisse lülitatud ülekäigurada pikendab jalakäija ootamist	Nõudluspõhine juhtimine koos tsükli ülempiiri ja ooteaja nõudega
Koridor, mille tipptunni järjekord ületab läbilaskevõime	Adaptiivne loogika saadab pudelikaelale rohkem liiklust, kui see vastu võtab	Nõudluspõhine juhtimine, kuni läbilaskevõime on taristuga lahendatud
Ristmik, kus praegune programm nõudlust juba teenindab	Muutus jääb mõõtmisveaga samasse suurusjärku, ülalpidamiskulu lisandub täies mahus	Nähtavus: seire ja andmekvaliteet
Lõik, kus kolonn hajub enne järgmist ristmikku	Koordineerimise eeldus kaob	Nõudluspõhine juhtimine

Alused põhinevad laienduse ulatuse ja hinnastamise analüüsil ning selles kasutatud uuringutel; võrgutasandi juhtimine katab ka neid kohti.

Dünaamilise juhtimise laiendus kasutab olemasolevat ristmike geomeetriat; kus läbilaskevõime piirab, on ümberehitus, näiteks pöörderadade lisamine, eraldi liikluskorralduslik otsus (vt välistamise aluste tabel). Füüsiline töö jaguneb seadmete valmiduse järgi kolme klassi. Liidesevalmis ristmik, mille kontroller kannab vajalikku liidest ja tuvastus katab signaaligrupid, vajab liidestust, litsentsi ja seadistust. Tuvastust vajav ristmik vajab lisaks tuvastuse paigaldust koos kaeve- ja taastustööga. Kontrolleri asendust vajav ristmik vajab kontrolleri asendust koos paigaldusega. Ristmike arv klassides selgub kohavaatlusel koostatava seadmete inventuuri alusel.

Järgmiste alade võrdluskriteeriumid esitab Tabel 33.

Tabel 33. Laiendusalade võrdlemise kriteeriumid.

Kriteerium	Mõõdetav alus	Andmeallikas	Kaalu ettepanek
Nõudluse kõikumine	Liiklusnõudluse ajaline muutus, olemasoleva programmi sobivus ning mõõdetud teenindusprobleemid.	Loendusandmed, 15-minutiline koond	25%
Küllastusaste ja kinnisõidu risk	Küllastuvate faaside osakaal ja jääkjärjekorra esinemine tsükli lõpus. Ristmik, mis tipptunnil küllastub, kannab linna esimest eesmärki.	Loendusandmed, juhtimislogi, kaamerapilt	25%
Ühistranspordi maht ja prioriteedivajadus	Ühistranspordi läbimiste arv ja sõiduplaanist kõrvalekalde suurus ristmikul.	Ühistranspordi asukohateenus, liinikava	20%
Kergliikluse maht	Jalakäijate ja jalgratturite ületusnõudlus ning ooteaeg ülekäigul.	Kergliikluse loendus, nupuvajutuste logi	15%
Andmekatvus ja tehniline valmisolek	Mõõdetud kirjete osakaal, kontrolleri põlvkond ja sideliik, andurite olemasolu ja seisund.	Liikluskorraldusvahendite register (Opinfo), hooldupartneri teave, andmekvaliteedi raport	15%

Ala sobivust piiravaid asjaolusid täiendab Tabel 34.

Tabel 34. Rakendusala sobivust piiravad asjaolud.

Asjaolu	Mõju sobivusele	Käsitlus
Olemasolev juhtimine teenindab nõudlust hästi.	Adaptiivse juhtimise lisakasu võib jääda väikeseks.	Hinnata mõõdetud probleemi ja lisakulu; seirevajadus otsustada eraldi.

Asjaolu	Mõju sobivusele	Käsitlus
Pöörderadade või tänavaruumi piirang.	Mõne suuna eraldi teenindamine või läbilaskvuse kasv võib olla piiratud.	Hinnata funktsioonide kasu ja võimalikke liikluskorralduse muudatusi; mitte välistada kõiki DLJ funktsioone automaatselt.
Ristmik ei kuulu koordineeritavasse koridori.	Koridorikoordineerimise kasu ei saa eeldada.	Hinnata kohalikku nõudluspõhist juhtimist ja liiklejate teenindust.
Kavandatud rekonstrueerimine.	Ajutine paigaldus võib muutuda kiiresti kasutuks.	Siduda vajalikud lahendused rekonstrueerimise projektiga.
Juhtimiseks vajalik mõõtmine puudub.	Juhtimise mõju ja ohutus ei ole vajalikus ulatuses kontrollitavad.	Lisada sobiv tuvastus või lükata vastav funktsioon edasi.

5.1.2 Järgmiste rakendusalade valiku alus

Varasemas aruandematerjalis nimetatud koridorid on võimalikud järgmise analüüsi kandidaadid. Algallika arvutusmeetodi ja ajakohaste liiklusandmeteta ei esitata ajaloolisi ajavõidu ega rahalise kasu summasid praeguse investeerimisotsuse alusena. Kandidaate võrreldakse sama mõõtmis- ja kuluraamistiku alusel.

Koridor on koordineerimise seisukohast kriitiline, kui korraga on täidetud järgmised tingimused: ristmikud paiknevad koordineeritavas kauguses (ligikaudu kuni üks kilomeeter), koridoris on korduv kõrge koormus või ühistranspordi viivitus, kuid tipptunni koormus jääb alla küllastuse, juhtimisala moodustab ühe läbiva koridori, tipptunni nõudlus kõigub, tuvastus katab iga signaaligrupi ning koridori käigushoidmise võimekus on nimeliselt määratud. Pronksi–Liivalaia testala vastab neile tingimustele ristmike vahekauguse ja ühistranspordi poolest; tipptunni küllastuse tase vajab koridori liiklusandmetega kinnitust, sest küllastunud lõigul on koordineerimise kasu piiratud ja juhtimine keskendub kinnisõidu ennetamisele; kandidaatkoridoride kriitilisus selgub ajakohaste liiklusandmete väljavõtte põhjal. Tingimused põhinevad laienduse ulatuse ja hinnastamise analüüsil ning on eeluuringu ettepanek.

Võimalikud järgmise analüüsi koridorid koondab Tabel 35.

Tabel 35. Järgmise analüüsi kandidaatkoridorid ja kontrollivajadused.

Kandidaatkoridor	Analüüsitav vajadus	Enne valikut kontrollida
Tammsaare tee	Suure koormuse, järjekordade ja tipuvälise teeninduse probleemid.	Küllastus, väljavoolu piirangud ja juhtimise võimalik lisakasu.
Kadaka tee ja Kadaka puiestee	Nõudluse kõikumine ja rohelise aja kasutus.	Pöördeliikumised, ristmike geomeetria ja andurite katvus.
Tartu maantee	Koridori koordineerimine ja ühistranspordi teenindamine.	Trammi ning muu liikluse mõju, eelistuste põhimõtted ja ehitusplaanid.
Ehitajate tee ja Rannamõisa tee	Muutuv nõudlus ning seotud koridoride teenindamine.	Koordineerimise võimalus, piiriristmikud ja taristu valmisolek.

Laienduse järjekord on kahekihiline. Esimesena lisatakse nähtavus kogu võrgus, sest see on eeldus kõigele järgnevale; seejärel nõudluspõhised ristmikud, kus küllastus või nõudluse kõikumine on mõõdetud, ja adaptiivsed koridorid, mis täidavad koridori eeltingimused. Võrgutasandi juhtimine (sündmused, muutteabega seadmed ja prioriteedipoliitika) toimib adaptiivsetest koridoridest sõltumatult. Kandidaatkoridoride omavaheline järjekord selgub laiendusalade võrdluskriteeriumide rakendamisel ajakohastele liiklusandmetele.

Olemasolevad koordineeritud koridorid on võimalikud laienduse kandidaadid, kuid fikseeritud nihete olemasolu ei tõenda valmisolekut reaalajas juhtimiseks. Enne valikut kontrollitakse andureid, kontrollerite funktsioone, sidet, ajasünkroonsust, litsentse ja prioriteediloogikat ning hinnatakse vajalikku lisainvesteeringut.

5.1.3 Etapiviisiline tegevuskava

Järgmise etapi kavandamiseks soovitame viit otsustuspõhist etappi. Tegevuskavas esitatud kestused (vt Tabel 36) on eeluuringu planeerimiseeldused, mitte õiguslikud tähtajad või tarnija lubadus. E0–E3

järjestikune läbimine annaks ligikaudu 18–30 kuud; osa töid saab teha paralleelselt, kuid mõõtmise hooaeg, hankemenetlus, liideste õigused ja seadmetarned võivad kogukestust muuta. Linn kinnitab ajakava koos ulatuse ning vastutajatega. Tabeli näidiskalender eeldab ettevalmistuse algust 1. oktoobril 2026 ning etappide pikema kestuse kasutamist; see ei kirjelda linna kinnitatud hanke- ega investeerimisotsust. Kui ettevalmistuse algus nihkub, nihkuvad kõik näidiskuupäevad sama palju. Hanke alusdokumendi järgi kestab projekt kuni 31.01.2028. Näidiskalendri järgi ulatuvad tehniline piloot ja mõju hindamine sellest kaugemale (E0-E3 lühim kestus 18 kuud), mistõttu tuleb ulatus või ajakava linnaga kohandada.

Baastaseme vähemalt neljanädalane mõõtmine väljaspool koolivaheaegu ja riigipühi, koolituse ja harjutuse lõpetamine vähemalt neli nädalat enne juhtimisloogika käivitamist ning piloodi tulemusaruande esitamine kuni kuue nädala jooksul pärast piloodiperioodi lõppu on nõuete dokumendi lähteettepanekud ning kuuluvad etappide E2 ja E3 koosseisu. Neid täpsustatakse enne hanke väljakuulutamist koos ülejäänud lävenditega. Mudeli koostamine ja eelhindamine planeeritakse E2 koosseisus, tegelik liiklusmõju hinnatakse E3-s. Lepingu etapid L0-L2 kuuluvad etappi E2 ja piloodiperiood L3 etappi E3.

Tabel 36. Etapiviisiline tegevuskava ja kestuste ettepanek.

Etapp	Töö ja tulemus	Kestus ja näidisajastus	Vastutuse korraldus	Edasiliikumise alus
E0. Lähtealus	Testala, liideste õigused, A/B võimalused, mõõtmine ja rahastuse lähte-eeldused.	2–3 kuud; näidis: oktoober–detsember 2026	Linn koos süsteemide valdajate ja tehniliste spetsialistidega.	Hinnastatav lähteülesanne.
E1. Hange	Vajaduse korral turukonsultatsioon; dokumentatsioon, menetlus ja leping.	4–7 kuud; näidis: jaanuar–juuli 2027	Linna projektijuht ja hankespetsialist; tehniline ja õiguslik tugi.	Leping, töömaht ja vastutus.
E2. Tehniline piloot	Liidestused, modelleerimine, andmekvaliteet, koolitus ja harjutus (lõpevad vähemalt 4 nädalat enne käivitamist), baastaseme mõõtmine (vähemalt 4 järjestikust nädalat) ja ohutuskatsed.	6–10 kuud pärast lepingu sõlmimist; näidis: august 2027 – mai 2028	Teostaja; linn tagab oma lähteandmed ja osaluse.	Kontrollitud tehniline toimimine ja mõõtmisvalmidus.
E3. Mõju ja kogukulu	Juhtimiskatse, võrreldav mõju hindamine, tulemusaruanne (kuni 6 nädalat pärast piloodiperioodi lõppu) ja tegelike kulude aruanne.	6–10 kuud, sh analüüs; näidis: juuni 2028 – märts 2029	Teostaja ja linn; sõltumatu kontroll kokkulepitud ulatuses.	Otsus laiendada, täiendada või piirata kasutust.
E4. Laienduslainete teostus	Valitud piirkonnad, oma eelarve, vastuvõtt ja püsiv haldus.	Orienteeruvalt 6–12 kuud laine kohta; näidis: alates aprillist 2029	Linn, teostaja ja hooldupartner.	Piirkonna vajadus, tõendatud kasu ja rahastus.

Kogu linna hõlmamise ajaline perspektiiv sõltub laienduse tasemest. Nähtavus kogu võrgus (414 fooriristmikku) eeldab sideühendust, keskse lahendusega liidestust ja andurite automaatset seiret ning seda saab ellu viia pärast piloodi mõju hindamise otsust laienduslainetena. Nõudluspõhine juhtimine ja adaptiivsed koridorid lisanduvad valitud piirkondade kaupa; iga laine kestus on orienteeruvalt 6 kuni 12 kuud ning lainete arv selgub piloodi tulemuse, ristmike valmidusklasside ja eelarve alusel. Kogu linna hõlmamise kuupäev fikseeritakse pärast piloodi mõju hindamise otsust.

Laiendamise kiirus (ristmikku aastas) on laines kaasatud ristmike arv jagatud laine kestusega aastates. Võrdlusena näeb Vilniuse raamleping ette 210 kontrolleri soetamise 60 kuu jooksul (keskmiselt 42 kontrollerit aastas; tegelik ühendamise tempo ristmikku aastas vajab kinnitust) ning kuuekuuline ajaraam ligikaudu 300 ristmiku ühendamiseks osutus seal liiga lühikeseks. Tallinna kiirus selgub piloodis mõõdetud seadistustööst ristmiku kohta ja ristmike valmidusklasside jaotusest; Vilniuse arv kirjeldab teise linna kogemust ja on võrdlusalus.

Etappide ja paralleelsete tegevuste sõltuvused esitab järgmine tabel; etappide sisu ja kestused on toodud tegevuskava tabelis.

Tabel 37. Tegevuskava tegevuste sõltuvused.

Tegevus	Seos	Põhjus
Etapid lähtealusest laienduslaineteni	Järjestikused	Iga etapp vajab eelmise etapi tulemust: hinnastatav lähteülesanne, leping, kontrollitud tehniline toimimine ja mõju hindamise tulemus
Õigusliku ja korraldusliku valmisoleku tegevused	Paralleelselt lähtealuse ja hankega	Tulemused on vajalikud hankes ja enne tehnilise piloodi algust
Turukonsultatsioon ja hanke dokumentatsioon	Paralleelselt lähtealuse lõpuosaga	Sisend hinnastatavale lähteülesandele
Kohavaatlus ja testala seadmete inventuur	Enne hanke väljakuulutamist paralleelselt õiguslike tegevustega; kui see ei ole võimalik, koostab inventuuri piloodi teostaja lepingu esimeses etapis ristmikupõhise eelkontrolli osana	Hinnavormi ja objektikoosseisu alus; seni kasutab hinnavorm kõigile pakkujatele ühtset arvestuslikku kogust
Loendusplatvormi reaalajaliidese korraldamine	Paralleelselt lähtealuse ja hankega	Masinloetav reaalajavoog on vajalik tehnilise piloodi alguseks
Baastaseme mõõtmine (vähemalt neli nädalat)	Paralleelselt liidestustöödega tehnilises piloodis, enne juhtimisloogika käivitamist	Baastase peab olema uuest juhtimisloogikast sõltumatu
Koolitus ja harjutus	Lõpevad vähemalt neli nädalat enne käivitamist	Kasutajad täidavad oma rolli iseseisvalt juba käivitamisel
Andmekaitsealase mõjuhinnangu tehniline sisend	Vähemalt kaheksa nädalat enne asjaomast töötlust	Hinnang eelneb töötlusele
Järgmise laine ettevalmistus	Paralleelselt eelmise laine lõpuga pärast piloodi mõju hindamise otsust	Ristmikupõhine eelkontroll ja tuvastuse täiendamine on laine sisemine samm

5.1.4 Iga laiendusetapi sisemine töökäik

Iga järgmise piirkonna kasutuselevõtt läbib sama kontrollijärjestuse. Piloodis saadud töömaht ja hinnad aitavad seda täpsustada, kuid uue piirkonna erisused tuleb eraldi arvestada.

- Ristmikupõhine eelkontroll, mis fikseerib kontrolleri põlvkonna ja sideliidese, olemasolevad andurid ning kaitseaegade maatriksi ja fooriprogrammi kehtiva versiooni.
- Andmekihi puuduste kõrvaldamine, mis hõlmab puuduvate andurite paigaldust, loenduspunkti rajamist või olemasoleva punkti täiendamist ja kellasünkroonimise lahendamist.
- Juhtimisloogika seadistus ristmiku kohta metoodika alusel, mille teostaja annab üle nõuete raames koos mõõdetud tööaja mahuga rollide kaupa.
- Eelhindamine modelleerimiskeskkonnas nende stsenaariumide osas, mis muudavad tsüklipikkust, faaside järjekorda või koordineerimise nihkeid rohkem kui ühel ristmikul.
- Enne juhtimise muutmist kogutakse võrdlusandmed. Järgneb piiratud kasutuselevõtt ja jälgimisperiood; automatiseerimise taseme tõstmine on eraldi ohutus- ja vastavusotsus, mitte automaatne järgmine samm.
- Etapi tulemusaruanne piloodiga võrreldavate näitajate alusel ning otsus järgmise etapi kohta.

Laienduse kavandamisel tuleb arvestada ka järgmiste püsivate ülesannete ja füüsiliste piirangutega:

- Laiendamine ei asenda seadmete ja side hooldust. Uute komponentide lisamine võib hooldusmahtu kasvatada ning automatiseerimine võib muuta töö sisu. Lepingu tasu või personali vähenemist saab hinnata alles tegeliku töömahu ja kokkulepitud teenustaseme alusel.
- Juhtimise muutmine ei kõrvalda tänavaruumi ega väljavoolu füüsilisi piiranguid. Ristmiku geomeetria võib piirata mõne juhtimisfunktsiooni kasu; ehitusliku ja juhtimisalase muudatuse sobivust tuleb võrrelda konkreetse probleemi järgi.

- Ühistranspordi prioriteet eeldab koostööd liikluse juhtimise ja ühistranspordi korraldamise vahel. Mõju hinnatakse koos graafikust kõrvalekalde, peatustes viibimise ja muu liikluskorraldusega. Vajaduse korral muudetakse töökorraldust või graafikuid, kuid tehniline prioriteet ei eelda alati graafiku muutmist.

5.2 Kuluarvestuse põhimõtted ja investeeringute hinnang

5.2.1 Kuluarvestuse eesmärk ja lähtekoht

DLJ kuluarvestuse ülesanne on näidata, milline lahendus annab valitud piirkonnas linna eesmärkidele vastava tulemuse ning milliseid investeeringuid ja püsikulusid selle säilitamine nõuab. Linnaülest laiendust tuleb kavandada ühise tehnilise ja korraldusliku võimekusena, mille rakendamise ulatus otsustatakse piirkondade ja funktsioonide kaupa. See ei eelda kõigi ristmike ühesugust ümberehitamist ega adaptiivse juhtimise kasutamist kõikjal.

Soovitame kasutada piirkonnapõhist elukaarekulude mudelit: eristada korduvkasutatav ühine lahendus, piirkonna lisamise tööd, seadmete valmidusest sõltuvad uuendused ning lahenduse igapäevane haldamine ja hilisem uuendamine. A- ja B-arhitektuuri võrreldakse sama ala, funktsioonide, teenustaseme ja kasutusperioodi alusel. Erinevus juhtimiskäsu teekonnas ei muuda TO-BE dokumendis ette nähtud piloodi kohustusi.

Järgnevad põhimõtted on ettepanek linnale järgmiste investeerimisotsuste ja hangete ettevalmistamiseks. Need seovad Tallinna AS-IS leiud, võrdluslinnade kogemuse ning liiklusjuhtimise hindamise uurimused. Peatüki lõpus säilitatud arvutusnäited selgitavad kulude suurusjärku ja koosseisu; linnaülese laienduse maksumus tuleb arvutada tegeliku rakenduskava järgi, mitte piloodi summat ristmike arvuga korrutades.

5.2.2 Laienduse kuluarvestuse põhimõtted

Lähtuda lahendatavast probleemist ja sobivast juhtimisalast. Iga piirkonna puhul määratakse esmalt vajalik muutus: näiteks kinnisõidu vähendamine, koridori koordineerimine, ühistranspordi töökindlam läbipääs või jalakäijate teenindamine. Juhtimisala peab hõlmama ka naaberristmikke, millele mõju üle kandub. Väiksema vajadusega alal võib piisata seirest, andurite korrastamisest või programmi parandamisest; keerukam juhtimine peab andma selle ees põhjendatud lisaväärtuse. Nii tekib linna vajadusi kattev arenduskava, mitte ühesugune seadmetellimus kogu võrgule.

Võrrelda tulevasi kulusid realistliku lähtevariandiga. Lähtevariant peab sisaldama olemasoleva juhtimise vajalikku hooldust, ohutuse tagamist ja vältimatuid seadmeuuendusi. Selle kõrval hinnatakse olemasoleva juhtimise parandamist ning DLJ lubatud A/B variante. Kui kontroller tuleks kasutusea või toe lõppemise tõttu niikuinii asendada, kuulub see töö ka lähtevarianti; DLJ lisakuluna hinnatakse töömahu, hinna või ajastuse erinevust. Juba tehtud väljaminekut ei lisata uue laiendusotsuse tulevaseks kuluks. Säilitatava taristu puhul arvestatakse siiski selle ülejäänud kasutusiga ja tulevast uuendamisvajadust.

Hinnastada tegelikud kulutegurid. Ristmikukoht, fooriobjekt, kontroller, tuvastusala ja tarkvaralitsents on erinevad arvestusühikud. Piirkonna kulu sõltub muu hulgas liidese ja püsivara sobivusest, tuvastuse katvusest, side- ja elektriühendustest ning projekteerimis- ja kaevetöödest. Esialgses hinnangus võib kasutada tehnilise valmiduse järgi rühmitatud objekte, kuid hanke eel tuleb jõuda nimelise koosseisuni. Iga ühikuhinna juures näidatakse allikas, kuupäev, töö sisu, kogus ja välistused.

Eristada ühiskulu ja järgmise ala lisamise kulu. Platvormi, andmemudeli ja korduvkasutatava liidese loomist arvestatakse üks kord. Järgmisele alale lisatakse selle kasutuselevõtu tegelik lisakulu ning vajalik ühise võimekuse suurendamine. Kulude jaotamisel piirkondade vahel peab jaotuse alus olema nähtav; sama platvormi ei tohi iga ala eelarvesse täies mahus uuesti lisada. Samuti ei tohi eeldada piiramatut tasuta laienemist: litsentsid, serverivõimsus ja tugi võivad teatud mahu ületamisel kallineda. Piloodis mõõdetud töömaht aitab eristada esmakordset arendust korduvast seadistamisest.

Arvestada kogu kasutusaja ja teenuse jätkamisega. Soetamise kõrval hinnastatakse andmete kvaliteedikontroll, seadmete hooldus, side, majutus, litsentsid, turvauuendused, mudelite kontroll ja ajakohastamine ning linna ja partnerite tööaeg. Eelarvesse kuuluvad ka väljaõpe, sõltumatud katsed, ajutine paralleelkäitus, varuosad ning teenuseosutaja vahetuseks vajalik andmete ja seadistuste üleandmine. Tarkvara uuendamine ja anduri asendamine ei pruugi toimuda sama sagedusega; need kulud tuleb paigutada tegelikku aastasse. Avatud liides vähendab sõltuvust ainult siis, kui olemas on kasutusõigused, dokumentatsioon ja tõendatud võimalus seda kasutada.

Siduda taristu uuendamine teiste linnatöödega. DLJ seadmete ja ühenduste rajamine tuleb ajastada võimaluse korral tänava, trammitee või sidevõrgu rekonstrueerimisega. Ühise töö kokkuhoid arvestatakse üksnes siis, kui tööde kattuvus ja rahastus on kinnitatud. Tulevane ümberehitus võib muuta varase paigalduse lühiajaliseks; sellisel juhul võrreldakse kohe rajamist, ajutist lahendust ja hilisemat kasutuselevõttu. Füüsilise valmisoleku parandamine võib teenida mitut linna ülesannet ning selle kulujaotus peab vältima topeltarvestust.

Hoida tehniline vastavus ja laienduse majanduslik valik eraldi. Piloodis ette nähtud liideseid, demonstratsioone, modelleerimist ja laiendusvõime katseid ei tohi kulude kokkuhoiuks vaikimisi hilisemaks lükata. Edasiste alade valikul saab linn aga otsustada, kus ja millal tõendatud võimekust rakendada. Ohutus, vajalik andmekvaliteet ja teenuse jätkuvus on eeltingimused; madal hind ei korva nende puudumist.

5.2.3 Võrdluslinnade ja uurimuste järeldused kuluarvestuseks

Helsingi: nõuete täpsus ja linna spetsialistide töömaht. Vahearuandes kirjeldatud kogemuse järgi põhjustasid kitsalt tõlgendatavad nõuded täiendavaid tasulisi töid. Samuti teeb linn osa programmeerimisest ise. Tallinna kuluarvestuses tuleb seetõttu nimetada hinnas sisalduvad funktsioonid, muudatused, katsetused ja tugi ning kajastada ka linna spetsialistide töömaht. Sisseostetud teenuse väiksem hind ei tähenda väiksemat kogukulu, kui töö liigub linna enda töötajatele. [2]

Vilnius: eri tootjate ühendamine ja ülemineku kestus. Avatud OCIT-liidese kasutamine ei kõrvaldanud seadmekohaseid erinevusi ega tarnijate koostöö vajadust; kasutuselevõtt osutus kavandatust mahukamaks. Tallinn peaks hinnastama liideste sobivuskatsed, iga uue seadmerühma ühendamise ja ülemineku ajal jätkuva vana teenuse. Keskse lahenduse arendus ning seadmete järkjärguline tellimine tuleb eelarves eristada, et kogu taristut ei peaks uuendama ühe korraga. [2]

Kopenhaagen: tegelik konkurents ja hooldatavus. RSMP kasutamine ei taganud automaatselt laia tarnijavalikut. Linna kogemus rõhutab ka selgelt piiritletud funktsioonide ning kaugelt hallatavate seadmete väärtust. Tallinnas tuleb avatud spetsifikatsiooni kõrval kontrollida võimalikke teenuseosutajaid, muudatuste hindu ja üleandmise kulu. Anduri ostuhinna võrdlusele lisatakse puhastamise, kalibreerimise, ilmastikutaluvuse, teekattetöödel kahjustumise ja kohapealsete hoolduskäikude mõju. Need on ülekantavad hindamispõhimõtted, mitte teiste linnade hindade ülevõtmine. [2]

FHWA uurimus liiklusfooride automaatsete tulemusnäitajate kasutamisest käsitleb lisaks seadmetele ja tarkvarale töökorralduse, väljaõppe ning igapäevase kasutamise kulusid. Tallinnale tuleneb sellest vajadus hinnata toimiva teenuse kogukulu, mitte ainult tehnilist paigaldust. FHWA adaptiivse juhtimise juhtumite analüüs näitab omakorda, et taristu lähteolukord mõjutab investeeringut ning puudulik alternatiivide ja ajas jaotuvate kulude käsitlus võib moonutada tasuvushinnangut. Neid metoodilisi tähelepanekuid saab kasutada Eestis; välismaised ühikuhinnad ja kasuprotsendid ei ole Tallinna lähteandmed. [12, 15]

Illinoisi ülikooli välitingimustes tehtud uuringus ei andnud adaptiivne juhtimine kõigis suundades ja perioodides paranemist ning osa koridori läbimisaegu pikenes. See ei tõenda sama tulemust Tallinnas, kuid põhjendab kasu kontrollimist võrreldava lähtevariandi suhtes ja mõju hindamist ka kõrvalsuundadel. Masinõppel põhineva juhtimise teadusülevaade toob esile andmete kättesaadavuse, simulatsioonist tegelikku liiklusse üleviimise, ohutuse ja suureneva võrgu haldamise raskused. Tallinnas tuleb nende funktsioonide eelarvesse seetõttu lisada andmete korrastamine, mudeli kalibreerimine ja sõltumatu kontroll

ning hilisem seire ja vajaduse korral kordusarendus. Uuringutest ei saa tuletada kindlat tehisintellekti hinnalisa ega automaatset kokkuhoidu. [13, 14]

5.2.4 Kulumudeli ülesehitus ja võrreldav arvutus

Soovitame koostada ühe ajakohastatava kulumudeli, milles iga kulu on seotud tööpaketi, piirkonna, arvestusühiku ja aastaga. Kulude jaotuse ning hinnastamise aluse koondab Tabel 38. Kulurühma juures on märgitud, kas tegemist on investeeringu (CAPEX) või jooksva kuluga (OPEX); arvestuse põhimõte kinnitatakse linna finantsarvestuse järgi enne eelarvestamist. Kitsaskohtade lahendamise investeeringuvajadus seotakse nende kulurühmadega; rahaline suurusjärk lisandub pärast nimelise objektikoosseisu kinnitamist ja turukonsultatsiooni.

Tabel 38. DLJ laienduse kulumudeli soovitatav ülesehitus.

Kulurühm ja kulu liik	Hinnastamise alus	Oluline eristus
Ühine lahendus (CAPEX; korduv litsentsitasu OPEX)	Platvorm, andmemudel, õiguste haldus, ühised liidesed ja seire; ühekordne töö ning mahupõhised lisad.	Juba loodud osa, täiendav võimekus ja korduv litsentsitasu eraldi.
Piirkonna lisamine (CAPEX)	Liiklusuuring, mudel, juhtimisloogika seadistus, naaberalade seosed ja kasutuselevõtt; piirkond ning spetsialistide töötunnid.	Korduvkasutatav arendus ja asukohapõhine töö eraldi.
Objektide valmidus (CAPEX)	Kontrollerid, andurid, side, toide ja ehitustööd; nimeline objekt ja tegelik kogus.	Vältimatu taristouuendus ning DLJ-st tulenev lisavajadus eraldi.
A/B liidestus ja üleminek (CAPEX; litsents OPEX)	A: OMNIA välisliides, õigused ja kohandused. B: otseliidesed või adapterid. Mõlemal sobivuskatsed ja paralleelkäitus.	Võrreldav funktsioonide maht, tarnijate koostöö ja vana teenuse lõpetamise tingimused.
Katsetamine ja töökorraldus (CAPEX; linna tööaeg OPEX)	Tehnilised, ohutus- ja turvakatsed, mõju mõõtmine, juhendid ning koolitus; tööpakett ja töötunnid.	Lepinguline vastuvõtt ja liiklusmõju hindamine eraldi; ka linna enda tööaeg.
Püsiv haldamine (OPEX)	Litsentsid, side, majutus, andmete ja mudelite seire, hooldus, tugi ja personal; aasta ning mahuühik.	Püsitasu, mahu kasvust sõltuv tasu ja tegelik töömaht eraldi.
Uuendamine ja lõpetamine (asendus CAPEX; teenuseosutaja vahetus OPEX)	Seadmete asendus, tarkvara põhiversioonid, andmete üleandmine ja teenuseosutaja vahetus; sündmus ning kavandatud aasta.	Kasutusiga, tugiperiood ja ülejäänud kasutusväärtus; rahavoogu ja amortisatsiooni ei liideta sama kuluna.

Linnaülese programmi tulevane kulu koosneb ühise lahenduse edasisest arendamisest, valitud piirkondade kasutuselevõtust ning nende kasutusaja haldus-, uuendamis- ja lõpetamiskuludest. Alternatiivi lisakulu on selle elukaarekulude ja sama perioodi lähtevariandi elukaarekulude vahe. Piirkondade koondamisel kontrollitakse, et ühiskulu, kattuvad ehitustööd ega litsentsid ei läheks arvesse mitu korda. Ühe ristmiku keskmine hind on mudeli tulemus ja kontrollnäitaja, mitte kogu linna eelarve arvutamise alus.

Kõigi alternatiivide puhul kasutatakse sama hinnataseme aastat, ulatust ja võrdlusperioodi. Linn kinnitab perioodi ja diskontomäära vastavalt otsuse eesmärgile ning kohaldatavale hindamismetoodikale. Esialgseks töövahendiks soovitame kümne aasta vaadet koos viie ja viieteistkümne aasta tundlikkuskontrolliga; see on eeluuringu ettepanek, mitte nõue seadmete kasutuseale või lepingu pikkusele. Tulevased kulud viiakse võrreldavasse nüüdisväärtusse, arvestades asendusi ja põhjendatud jääkväärtust. Püsihindades kulude puhul kasutatakse reaalset diskontomäära, inflatsiooni sisaldavate rahavoogude puhul nominaalset määra. Lisaks esitatakse aastate tegelik rahastusvajadus, sest nüüdisväärtus ei ole iga-aastane eelarve. [12]

Kulureal peab olema kogus, ühikuhind, allikas ja kuupäev, hinnas sisalduv töö, käibemaksu käsitlus, makseaasta ning vastutaja. Hinnastamata töö märgitakse „selgitamisel”, mitte nulliks. Tervikpakkumises sisalduvat teenust ei lisata teise reana uuesti. Toetust ja muud rahastust näidatakse eraldi: see võib vähendada linna omafinantseeringut, kuid ei vähenda lahenduse tegelikku ressursikulu.

5.2.5 Laiendusotsus, ebakindlus ja piloodist saadav sisend

Iga järgmise piirkonna kohta koostatakse otsustusleht: lahendatav probleem ja vajalik ulatus, võrreldavad alternatiivid, tehnilise valmiduse hinnang, lisainvesteering, aastane püsikulu, elukaarekulu, mõõdetav kasu ning olulisemad riskid. Soovitus peab näitama, miks valitud lahendus on olemasoleva juhtimise parandamisest põhjendatum. Piirkondade järjestamisel arvestatakse ka omavahelist mõju ja ühise taristu vajadust: üksiku ala hea tulemus ei pruugi tähendada sama tulemust kogu koridoris.

Linna eelarvemõju ja ühiskondlikku kasu hinnatakse eraldi. Eelarvesääst tekib siis, kui väheneb tegelik väljaminek; vabanev tööaeg võib suurendada teenuse võimekust ilma palgakulu vähendamata. Liikuvuskasu hinnatakse kõigi puudutatud liiklejagruppide kohta, arvestades ühistranspordi täituvust, jalakäijate ja jalgratturite ooteaegu ning kõrvalsuundade mõju. Sama ajavõitu ei liideta mitme näitaja kaudu korduvalt. Usaldusväärse aluseta ohutus- või keskkonnakasu esitatakse eraldi kvalitatiivse tulemusena. Kõiki linna strateegilisi eesmärke ei pea rahasse ümber arvutama, kuid nende hindamise alus peab olema selge.

Ühe kindla summa asemel koostatakse põhjendatud alumine, keskne ja ülemine kulustsenaarium. Eraldi kontrollitakse, kuidas kasu ja ajakava eelduste muutumine mõjutab otsust. Muudetakse eelkõige seadmeuuenduste mahtu, liidestustööde kestust, litsentsitingimusi, mõõteandmete vajadust, püsikulu ja saavutatud mõju. Võimaluse korral näidatakse ka piiri, millest väiksema kasu või suurema kulu korral soovitus muutuks. Riskivaru seotakse nimetatud ebakindlustega; ühist protsendilisandit ei käsitleta tõendatud lisatööna ega lisata juba hinnavahemikus kaetud riski teist korda.

Piloodis tuleb registreerida kulud ja töömahud sama jaotuse alusel: töömaht seadme- ja liideserühmade kaupa, korduvkasutatav arendus, häirete lahendamise aeg, hoolduskäigud, andmete ja mudelite haldamine ning litsentsi- ja teenusekulud. Nende alusel täpsustatakse järgmise ala hinnangut. Laiendamine on põhjendatud, kui vajalik tulemus on võrreldavates tingimustes tõendatud, lisakulu on alternatiividega võrreldes vastuvõetav ning linnal on olemas püsiv rahastus ja haldusvõime. Vastasel korral valitakse väiksem ulatus, lihtsam lahendus või täiendav katse.

5.2.6 Senine kulubaas

Varasemas lähtematerjalis esitatud kulubaasi arvutusnäide on 1 130 346 eurot aastas. Algmaterjalis on summad omistatud tellija andmetele ja hoolduskuludele, kuid kontrolliks kättesaadav hooldushanke maksumuse vorm on hinnastamata. Seetõttu kirjeldavad alljärgnevad summad kulude struktuuri ja vajavad enne eelarvestamist alusdokumentidega kinnitamist. Hinnastamata litsentsikulud esitatakse eraldi [11].

Kulubaasi arvutuse ja andmete staatuse esitab Tabel 39.

Tabel 39. Senise kulubaasi arvutusmudel ja andmete staatus.

Kuluartikkel	Arvutusmudeli aastakulu	Andmete staatus
Hoolduslepingu korralised kuumaksed, kõik seadmed	810 397 €	Varasemas aruandes esitatud summa; hinnastatud lepingu või väljamaksetega kinnitamata.
Millest 24/7 valmisolek ja operatiivkäsitlus	294 902 €	Hoolduskulu alajaotus varasemast aruandest; sisaldub 810 397 euros.
Millest korraline seadmehooldus	393 203 €	Hoolduskulu alajaotus varasemast aruandest; sisaldub 810 397 euros.
Millest erakorraline hooldus ja avariijärgne taastamine	122 292 €	Hoolduskulu alajaotus varasemast aruandest; sisaldub 810 397 euros.
Side ja andmeühendused	57 051 €	Varasemas aruandes tellija näidiskuu põhjal teisendatud aastaseks kuluks; periood ja alusdokumendid kinnitamata.
Modelleerimistarkvara hooldus	27 905 €	Varasemas aruandes tellijale omistatud viie litsentsi hoolduskulu; alusdokumendiga kinnitamata.
Täiendavad tarkvaralitsentsid	Hinnastamata	Puuduvad andmed ei tähenda nullkulu.

Kuluartikkel	Arvutusmudeli aastakulu	Andmete staatus
Personal, 5 täistööajale taandatud töötajat	234 993 €	Varasemas aruandes tellijale omistatud eelmise aasta summa koos tööandja maksudega.
Arvutusnäite kuluridade summa; hinnastamata kulud lisanduvad	1 130 346 €	Ridade kontrollsumma; mitte kogu teenuse kinnitatud aastakulu.

5.2.7 Piloodi investeeringu arvutusnäide ja hinnastamise alus

Piloodi ettepanek nimetab kümme ristmikukohta; alljärgnev arvutusnäide kasutab 18 fooriobjekti jaotust. Enne hanke väljakuulutamist tuleb siduda iga arvestusühik nimelise testala ja tööde koosseisuga. Ühikuhinnad ja platvormikulu on lähtematerjali eeldused, mille turutaset ei ole kinnitatud. Hinnad on esitatud käibemaksuta [11].

Ühekordse investeeringu arvutuskäigu esitab Tabel 40.

Tabel 40. Piloodi ühekordse investeeringu arvutusnäide.

Arvutuskomponent	Ühikuhinna eeldus	Koguse eeldus	Arvutus	Staatus
Pronksi–Liivalaia: suur ristmik	38 000 €	4	152 000 €	Arvutusnäide
Pronksi–Liivalaia: väike ristmik	12 000 €	1	12 000 €	Arvutusnäide
Pronksi–Liivalaia: auto- ja trammiristmik	45 000 €	1	45 000 €	Arvutusnäide
Pronksi–Liivalaia: ülekäiguobjekt	10 000 €	3	30 000 €	Arvutusnäide
Sadama testala: auto- ja trammiristmik	45 000 €	3	135 000 €	Arvutusnäide
Sadama testala: ülekäiguobjekt	10 000 €	6	60 000 €	Arvutusnäide
Objektitööde vahesumma	—	18	434 000 €	Nimeline vastavus ja hinnasisu kinnitamata
Platvorm ja litsentsid	975 000 €	1	975 000 €	Varasema aruande hinnaeeldus; pakkumise ulatus ja teenuse osutamise periood kinnitamata
Arvutuseelduste summa	—	—	1 409 000 €	Ei sisalda kõiki võimalikke lisatöid
25% lisand objektitöödele	25% × 434 000 €	—	108 500 €	Eraldi tundlikkuseeldus, mitte tõendatud lisatööde hind
Arvutus koos 25% lisandiga	—	—	1 517 500 €	Eraldi kulustsenaarium; lisand ei tohi korrata juba hinnastatud töid ega riske.

5.2.8 Piloodi käituskulud ja laienduse hinnastamise põhimõtted

Piloodiga lisanduv aastakulu tuleb arvutada teenuste kaupa. Allpool toodud näide kasutab varasema aruande platvormi- ja sidekulu eeldusi ning sama 18 objekti arvestust nagu investeeringu näide. Automatiseerimisest ei lahutata tõendamata hooldus- ega personalisäästu. Majutuse, andmekogu ja logide, masinõppe ja tehisintellekti funktsioonide, litsentsi-, turbe-, modelleerimis- ja muud hinnastamata kulud võivad kogusummat muuta; neid ei ole 124 500 euro summasse lisatud [11].

Piloodiga lisanduva aastakulu arvutuse esitab Tabel 41.

Tabel 41. Piloodiga lisanduva aastakulu arvutusnäide.

Lisanduv kulukomponent	Aastakulu eeldus	Arvutuse alus	Staatus
Platvormi tugi ja hooldus	100 000 €	Varasema aruande hinnaeeldus	Teenuse ulatus ja hinnaallikas kinnitamata
Side ja andmeühendused	20 000 €	Varasema aruande lisakulu eeldus	Tegelik ühendusmaht ja hinnad kinnitamata

Lisanduv kulukomponent	Aastakulu eeldus	Arvutuse alus	Staatus
Lisanduv seadmehooldus	4 500 €	18 × 250 € aastas	Arvutusnäide; ühtne maht investeeringutabeliga
Masinõppe ja tehisintellekti funktsioonid	Hinnastamata	Andmete ettevalmistus, arvutusressurss, valideerimine, seire, ümbertreenimine ja nõuete täitmise dokumentatsioon	Sõltub hankes lubatud funktsioonidest; summa selgub pakkumustes
Majutus, andmekogu ja logid	Hinnastamata	Uue andmekihi (reaalaja-, arhiivi- ja koondkiht), auditilogide ja varunduse serveri- ja salvestusmaht	Puuduvad andmed ei tähenda nullkulu; majutuse viisi ja mahu kinnitab Tallinna Digiteenistus
Tõendatud hooldus- või personalisääst	0 € arvestuses	Säästu kinnitavat töökorralduse või lepingumuudatust pole esitatud	Ei tähenda, et tulevikus säästu tekkida ei saa
Lisanduv kulu eeldusridadelt	124 500 €	100 000 + 20 000 + 4 500	Mitte kõiki kulusid kattev pakkumine
Senise kulubaasi ja lisakulu summa	1 254 846 €	1 130 346 + 124 500	Kontrollsumma; alusandmete piirangud säilivad

Uue andmekihi majutus ja logide säilitamine sõltuvad hankes määratud säilitusajast (arhiivikiht vähemalt 12 kuud, koondkiht vähemalt 5 aastat, logid ja jälg 24 kuud) ning kontrollerite, andurite ja ristmike arvust. Majutuse maht ja hind selgitatakse koos Tallinna Digiteenistusega enne hanke väljakuulutamist ning küsitakse pakkumuses eraldi reana.

A/B kuluvõrdlus tehakse samade ristmike, funktsioonide ja teenuse osutamise perioodi kohta. Järgmine tabel koondab arvutusnäidete kasutamise tingimused; laienduse eelarve koostatakse eespool kirjeldatud piirkonnapõhise kulumudeli alusel.

Kuluhinnangu kasutamise tingimused võtab kokku Tabel 42.

Tabel 42. Investeeringu koondhinnang ja hinnastamise tingimused.

Otsustatav kulu	Praegune hinnang	Kuidas seda kasutada	Enne rahastusotsust vajalik
Piloodi ühekordne investeering	Arvutusnäide 1,409 mln €; eraldi 25% lisandiga 1,518 mln €	Suurusjärgu ja hinnatundlikkuse arutelu; mitte eelarve alam- ega ülempiir.	Nimeline töömaht; hinnastatud ühikud; platvormi, litsentsi ja liidestuse sisu; kattuvuste eemaldamine.
Lisanduv aastakulu	Arvutusnäide 124 500 €	Esialgne teenuseridade summa; hinnastamata osad lisanduvad.	Käitamise, andmete, turbe, toe ja hoolduse hinnad ning vastutus.
A ja B hinnavahe	Kättesaadava info põhjal arvuliselt määramata	Võrrelda sama mahtu ja elukaart; A ei ole automaatselt odavam ega B iseseisvam.	OMNIA välisliidese ja kontrolleripõhiste litsentside hind; otseliideste, adapterite, uuenduste ja ülemineku hind.
Järgmine rakendusala	Arvutatakse ala kaupa	Platvormi korduvkasutus eristada uutest seadme-, liidestus- ja seadistustöödest.	Ala vajadus, tehniline valmisolek, mõõdetud piloodikulu ning litsentsi juurdekasv.
Kogu linna adaptiivne väljaehitus	Suurusjärk arvutusnäitena: kogu võrgu väljaehitus ligikaudu 14,8 mln €; adaptiivne juhtimine valitud koridoridel ligikaudu 2,2 kuni 3,7 mln €, millele lisandub hinnastamata kogu võrgu nähtavuse kiht. Koondinvesteeringut ei soovitata praegu kinnitada	Laiendusvõime nõue ei ole kogu võrgu väljaehitamise otsus.	Piirkondade põhjendatud järjestus, mõju ja elukaarekulu.

Püsikulud hinnastatakse teenuste ja töömahtude kaupa. Kuluridade täielikkuse kontroll hõlmab liidestusi, andmeid, modelleerimist, turvet, hooldust, tuge ja linna enda tööaega. Võrreldavas hinnavormis eristatakse ühekordsed tööd ja korduvad tasud ning näidatakse, millised teenused sisalduvad tervikpakkumise hinnas.

Arvutusnäited täpsustatakse turukonsultatsiooni, objektipõhiste töömahtude ning piloodis mõõdetud kulude alusel. Laiendamisotsuses võrreldakse saadavat kasu ja elukaarekulu sama piirkonna lihtsamate parendusvõimalustega.

Laienduse investeeringu- ja ülalpidamiskulude suurusjärk

Linnaülese laienduse kulu hinnatakse eraldi piloodi kulust ja eraldi rahastusotsusest. Hinnang koostatakse kolme arvutusena. Alustamise hind koosneb võrguülesest ühekordsest osast, esimese koridori ristmikupõhisest osast ja esimese koridori litsentsiosast. Järgmise koridori hind on ristmikupõhiste tööde summa valmidusklasside kaupa (liidesevalmis ristmik, tuvastust vajav ristmik ja kontrolleri asendust vajav ristmik) koos koridori sideühenduse ja litsentsiosaga. Aastane ülalpidamine arvutatakse lisanduvate ühikute arvust hooldusleping igal real, korrutatuna selle rea ühikuhinnaga, millele lisanduvad uued read: analüütika, andmeside ja andurite terviseseire. Ristmikud jaotatakse valmidusklassidesse hoolduspartneri teabe ja kohavaatlusel koostatava seadmete inventuuri alusel ning iga ühikuhind kannab allikat ja kuupäeva.

Järgmine tabel esitab laienduse kahe ulatuse suurusjärgu arvutusnäitena. Summad tuginevad varasema lähtematerjali eeldustele ja on suurusjärgu arvutusnäide; need kinnitatakse turukonsultatsiooni, objektide nimelise loetelu ja kinnitatud hinnaallikate põhjal.

Tabel 43. Laienduse kulude suurusjärk (arvutusnäide, käibemaksuta).

Laienduse ulatus	Investeering	Aastane ülalpidamine (7 kuni 15% investeeringust)	Märkused
Kogu võrgu väljaehitus (414 fooriristmikku)	Objektitööd 13 869 000 € (414 × 33 500 €) ja platvorm 975 000 €, kokku ligikaudu 14,8 mln €	Ligikaudu 1,0 kuni 2,2 mln €	Ühikuhinna 33 500 € allikas vajab kinnitust
Adaptiivne juhtimine valitud koridoridel (50 kuni 80 objekti); kogu võrgu nähtavuse kiht lisandub	Objektitööd 1,24 kuni 2,68 mln € (24 800 kuni 33 500 € objekti kohta) ja platvorm 0,975 mln €, kokku ligikaudu 2,2 kuni 3,7 mln €	Ligikaudu 0,16 kuni 0,55 mln €	Kogu võrgu nähtavuse ja liidestuse kiht on hinnastamata ja lisandub

Ülalpidamise kontrollnäitaja 7 kuni 15% investeeringust aastas on avaldatud kirjanduse võrdlussuurus; kümne aasta ülalpidamiskulu läheneb seega investeeringu suurusjärgule. Tallinna summa arvutatakse kehtiva hooldusleping ridade ja ühikuhindade alusel ning hooldusmahu kasvu ja personalivajadust hinnatakse piloodis mõõdetud tööaja põhjal. Võrdluseks on senise kulubaasi arvutusnäide 1 130 346 eurot aastas (kinnitamata). Hinnang ja rahastusotsus on eri asjad: rahastusotsus tehakse piirkonna kaupa pärast piloodi tulemusi.

5.3 Riskid ja leevendusmeetmed

Laienduse riskid on koondatud lisasse „Riskiregister". Registrit täiendatakse valitud arhitektuuri, lepingulise ulatuse ja kuluhinnangu järgi ning iga riski juurde määratakse vastutaja ja kontrollitav maandamismeede.

Riskiregister seob vahearuande kitsaskohad, TO-BE nõuete eesmärgid ja järgmise etapi korralduse. Tehnilised meetmed lähtuvad kehtivast nõuete dokumendist. Lepingulised meetmed on hanke ettevalmistamise soovitused, mille linn täpsustab koos õiguste, hinna ja vastutusega; register ei lisa varjatult uusi tehnilisi miinimumnõudeid.

Riskitasemed on eeluuringu eksperdihinnangulised prioriteedid. Tabelis kirjeldatakse nende määramise põhimõtet; konkreetset tõenäosust ei ole hinnatud statistilise mudeliga. Enne hanke väljakuulutamist ajakohastab linn hinnangu valitud lahenduse järgi ning määrab vastutajad, ennetavad meetmed ja tegevused riski realiseerumise korral.

Riskitasemete tähenduse esitab Tabel 44.

Tabel 44. Riskitasemete tähendus ja käsitlus.

Tase	Võimalik tagajärg	Tõenäosuse ja mõju seos	Käsitlus
Kriitiline	Oluline ohutuskahju, lahenduse kasutamise peatumine või investeeringu olulises osas kasutuks muutumine.	Kõrge mõju ja vähemalt keskmine tõenäosus.	Vajalikud ennetavad meetmed rakendatakse enne asjaomast tegevust; nende piisavust kontrollitakse enne järgmisse etappi liikumist.
Kõrge	Oluline mõju ohutusele, teenuse toimimisele, ajakavale või kulule.	Kõrge mõju ja madal tõenäosus või keskmine mõju ja kõrge tõenäosus.	Määratakse vastutaja, ennetavad meetmed ja tegevused riski realiseerumise korral; seisu jälgitakse regulaarselt.
Keskmine	Tegevuste või töömahu ümberkorraldamine etapi piires.	Keskmine mõju ja keskmine tõenäosus.	Ennetavad meetmed rakendatakse vastavalt tegevuse ajastusele; riski realiseerumisel kasutatakse kokkulepitud tegevuskava.
Madal	Piiratud mõju üksikule tegevusele.	Madal mõju või keskmine mõju ja madal tõenäosus.	Riski jälgitakse tavapärase juhtimise käigus ning olulise muutuse korral hinnatakse tase uuesti.

Esmatähtsad riskid puudutavad teenuse jätkamiseks ebapiisavaid kasutusõigusi ja liideste dokumentatsiooni, hiljem selguvaid laienduskulusid, puudulikku andmekvaliteeti ning kohaldatavate tehisintellekti nõuete hilist arvestamist. Järgmine tabel toob esile enne hanke väljakuulutamist lahendatavad küsimused; täielik register on lisas 1.

Olulisemaid hanke-eelseid riske kirjeldab Tabel 45.

Tabel 45. Valik enne hanke väljakuulutamist lahendatavaid riske.

Nr	Risk	Leevenduse rakendamine	Viivitamise võimalik tagajärg
R1	Sõltuvus dokumenteerimata liidestest.	Nõuded ja õigused määrata enne hanke väljakuulutamist; toimimine tõendada vastuvõtul.	Liideste hilisem avamine või dokumenteerimine võib nõuda lisatööd ja vähendada linna valikuvõimalusi.
R2	Kasutusõigused ei võimalda linnal teenust jätkata või muuta.	Õiguste ulatus kirjeldada hankedokumentides ja kinnitada enne lepingu sõlmimist.	Teenuse jätkamine või teenuseosutaja vahetamine võib nõuda täiendavaid kokkuleppeid, töid ja kulusid.
R3	Laienduse litsentsi- ja liidestuskulu selgub alles pärast tarnijavalikut.	Hinnastamise põhimõtted küsida pakkumuses ja kinnitada lepingus.	Hilisemate laienduste hinnaläbirääkimisel võib linna valikuvõimalus olla piiratud.
R5	Puudulikud või taastatud andmed näivad värske mõõtmisena.	Kvaliteedimärgise nõuded määrata hankes ja rakendada enne andmete kogumist.	Ilma säilinud lähteandmete ja töötluslogideta ei pruugi olla võimalik väärtuste päritolu usaldusväärselt taastada.

6 Järeldused ja soovitused

6.1 Linna strateegilised sihid ja DLJ projekti roll nende saavutamisel

Eeluuringu keskne järeldus on, et dünaamilise liiklusjuhtimise järgmine etapp tuleb kujundada linna liikuvuseesmärkide saavutamist kontrolliva piloodina. Tehnilise lahenduse väärtus seisneb selles, kas linn suudab olemasolevat tänavaruumi ohutult ja vajaduspõhiselt kasutada, parandada eelistatud liikumisviiside teenindust ning põhjendada edasisi investeeringuid mõõdetud tulemuste alusel. Üksnes uue platvormi kasutuselevõtt või senisest suurem automatiseeritus ei tõenda nende eesmärkide saavutamist.

Arengustrateegia „Tallinn 2035" liikuvusvaldkond seab keskmesse aktiivsed ja säästlikud liikumisviisid, hästi korraldatud ühistranspordi ning ohutuse. DLJ saab neid sihte toetada ristmike ja koridoride teeninduse kaudu: ühissõiduki põhjendatud eelistamine, jalakäija ja jalgratturi nõudluse arvestamine ning ohutute ületusaegade säilitamine on juhtimisotsuse sisulised alused. Sellest järeldub, et piloodi edukust ei saa taandada autoliikluse läbilaskvusele. Samas ei asenda foorijuhtimise arendamine ühistranspordivõrgu, tänavaruumi ega jalgsi ja jalgrattaga liikumise taristu parandamist. [6]

Hanke eesmärgid ja TO-BE analüüs on koondatud neljaks omavahel seotud tulemuseks: ristmike kinnisõidu ennetamine, rohelise aja sihipärane kasutamine, ühistranspordi eelisläbipääs ning jalakäijate ja jalgratturite teenindamine. Neid tuleb hinnata koos: ühe suuna lühem viivitus võib suurendada teise suuna ooteaega, prioriteedisekkumine võib mõjutada koridori koordineeritust ning blokeeritud väljasõidu kaitsmine piirata sissevoolu. Linn peab enne katset kinnitama nende valikute põhimõtted. Ohutust ei tohi tasakaalustada teiste näitajate paranemisega.

Innovatsiooniprojekti ülesanne on vähendada põhjendatud otsust takistavat teadmatust: milline lahendus sobib Tallinna olemasoleva taristuga, milline lisamõju tekib korrastatud lähteolukorraga võrreldes ning milline on selle saavutamise ja säilitamise kulu. Piloodi tulemusena peab selguma, kas ja millistes tingimustes lahendus saavutab seatud eesmärgid. Selle põhjal saab linn otsustada, milliseid funktsioone laiendada järgmistele ristmikele, millised vajavad täiendavat arendust ning milliste kasutamine on põhjendatud üksnes teatud liiklusoludes või asukohtades.

6.2 AS-IS leiud: olemasolev võimekus ja peamised takistused

Tallinnal on oluline tehniline lähtebaas: foorikontrollerid, OMNIA keskhaldus, kohalikud andurid ja nõudenupud, loendus- ja kaamerasüsteemid ning modelleerimistöövahendid. Osal Tallinna ristmikel arvestab foorijuhtimine juba lokaalselt tuvastatud nõudlust, näiteks sõidukiandurite signaale ja jalakäijate nupuvajutusi. Edasine arendus peab võimaldama kasutada liiklusandmeid ka ristmikeüleseks koordineeritud juhtimiseks. Seetõttu ei ole põhjendatud käsitleda linna kogu foorivõrku ühetaoliselt fikseeritud juhtimisega süsteemina ega eeldada, et sihtolukord nõuab olemasoleva taristu täielikku väljavahetamist. Eeluuringus kaardistatud pilootalade seadmete seis annab lähtekoha lahenduse kavandamiseks. Enne hanke väljakuulutamist tuleb valitud piloodi ulatuses täpsustada seadmete ja liideste sobivus kavandatud funktsioonide teostamiseks ning vajalikud uuendused. Võimalikud järgmised rakendusalad tuleb valida liiklusprobleemide ja DLJ eeldatava kasu põhjal ning hinnata seejärel nende tehnilist valmisolekut ja investeeringuvajadust.

Peamised takistused paiknevad süsteemide ühenduskohtades ja andmete kasutatavuses. Tootja pakub kolmanda osapoole lahendustele tasulist välisliidest (API), mille funktsioonid, lubatud käsud, jõudlus ja hind selguvad tarnija kirjalikust kinnitusest ja liidese tõendustestist, osa nõudlusinfost jääb kontrollerisse ning eri põlvkondade liidestus sõltub adapteritest ja konkreetse paigaldise võimalustest. Enne teostuse hinna ja ajakava kinnitamist tuleb seetõttu kontrollida vajalikke funktsioone, õigusi, viiteaegu ja muudatuste mahtu. Keskhalduse andmevoo katkestust tuleb eristada kontrolleri kohaliku juhtimise rikkest.

Teine keskne takistus on juhtimisülesandeks sobiva mõõtmise puudulik katvus ja kvaliteet. Loendusvoog, kohalik tuvastus ja kaamerapilt täidavad erinevaid ülesandeid; nende olemasolu ei taga automaatselt vajalikku juhtimissisendit. Arvutuslikult täidetud loenduslünk võib olla statistikas kasutatav, kuid seda ei tohi esitada värske mõõtmisena, mille alusel teha operatiivtasandi otsuseid. Liiklejagruppide tuvastus, ajatemplid, anduriseire ja andmete päritolu peavad olema kontrollitavad. Kvaliteetne andmesisend on nii reeglipõhise optimeerimise kui ka masinõppe eeltingimus.

Kolmas takistuste rühm puudutab prioriteetide ja tööprotsesside terviklikkust. Kohalik ja keskne ühistranspordi kutsungiahel erinevad ning keskse ahela toimimisprobleemid ei tähenda kõigi kohalike prioriteedifunktsioonide puudumist. Fooriprogrammide, modelleerimissisendite ja häireinfo liikumine sisaldab käsitsi samme. Tulevane lahendus peab seetõttu hõlmama lisaks tarkvarale tööjaotust, muudatuste kinnitamist ja tõrgete lahendamist linna ning teenuseosutajate vahel.

Nende leidude ühine tähendus on, et keerukama algoritmi hankimine ei kõrvalda puuduliku andmekatvuse, kasutusõiguste ega vastutuse probleeme. Esmalt tuleb eristada tavapärase hoolduse ja seadistamisega parandatavad puudused, vajalikud liidestustööd ning tegelikult uut arendust vajavad funktsioonid. See eristus aitab hoida hanke ulatuse põhjendatud ja vältida investeeringut võimekusse, mille kasutamiseks puuduvad eeldused.

6.3 Võrdluslinnade kogemus ja selle rakendatavus Tallinnas

Võrdluslinnade kogemus annab Tallinnale kolm praktilist järeldust. Helsingi kogemus rõhutab tellitavate funktsioonide täpset kirjeldamist ja linna enda erialase töövõime arvestamist. Vilniuse kogemus näitab seadmekohase liidestamise ja etapiviisilise ülemineku tähtsust. Kopenhaageni kogemus toob esile liiklejagruppide kaupa mõõdetava tulemuse, andurite hooldatavuse ja tegeliku tarnijavaliku kontrollimise vajaduse [2].

Võrdluslinnade lähteolukorda ja kogemust kirjeldab Tabel 5. Tallinna otsused tuleb teha kohaliku taristu, eesmärkide ja katsetulemuste järgi.

Tallinna arenduskavas tuleb ühendada kolm tegevust: tagada juhtimisfunktsioonideks vajalikud andmed ja liidesed, kirjeldada kontrollitavad tulemused ning korraldada järkjärguline kasutuselevõtt koos püsiva haldamisega. Teiste linnade kogemus aitab nende tegevuste riske hinnata; mõju, hind ja sobiv arhitektuur tuleb tõendada Tallinna tingimustes.

6.4 Põhjendatud sihtolukord ning arendus- ja innovatsioonivajadus

Sihtolukorra põhjendatud tuum on jälgitav ahel mõõtmisest juhtimisotsuse ja selle mõju hindamiseni. Selleks seotakse sobivad olemasolevad allikad ühise andmekäsitlusega, kontrollitakse sisendite kvaliteeti, rakendatakse kinnitatud piirides juhtimist ning salvestatakse käsu vastuvõtmine ja tegelik rakendumine. Operaatorile antakse terviklik olukorrapilt; modelleerimine ja programmihaldus kasutavad sama kontrollitavat lähteinfot. Selline korraldus võimaldab linnal hinnata nii igapäevast toimimist kui ka arenduse väärtust.

A- ja B-arhitektuur on sama tulemuse saavutamise alternatiivid. A korral liiguvad juhtimiskäsud OMNIA tasulise välisliidese kaudu; B korral suhtleb lahendus kontrolleritega otse avatud protokolli või kontrollitud adapteri kaudu. B ei eelda automaatselt OMNIA kõrvaldamist seirest või haldusest. Valik tuleb teha sama testala, funktsioonide ja teenuse osutamise perioodi alusel, võrreldes liidestuse teostatavust, õigusi, ohutut üleminekut, hooldatavust ja elukaarekulu. Senine analüüs ei põhjenda ühe variandi üldist eelistamist kõigil ristmikel ega arhitektuurivariandi samastamist laienduse ulatusega.

Arendusvajadus tuleb hankes jagada kolmeks: olemasoleva taristu korrastamine, turul olemasolevate lahenduste liidestamine või kohandamine ning tõendamist vajavad uued funktsioonid. Uuring ei anna alust eeldada, et kõik vajalik tuleb nullist arendada. Samuti ei tähenda automatiseerimine tingimata masinõpet: lihtsam reeglipõhine lahendus võib mõne ülesande täita piisavalt hästi. Masinõpet on põhjendatud kasutada

seal, kus vajalikud andmed on olemas ja sõltumatu hindamine näitab selle lisaväärtust sobiva võrdluslahenduse suhtes.

Tehnilise arendusega peab kaasnema töökorralduse muutus. Käsitsi andmete ümbertõstmise vähenemisel lisandub andmekvaliteedi, liideste ja mudelite haldamist. Linn peab säilitama suutlikkuse määrata liiklejate teenindamise põhimõtteid, kinnitada muudatusi ja hinnata tulemusi. Õigus- ja andmekaitseanalüüsi järeldused tuleb viia konkreetsete rollide, kasutusõiguste, katsetamistingimuste ja vastuvõtutoiminguteni; üldine eelhinnang ei kinnita veel tulevase lahenduse vastavust. Need eeldused tuleb lahendada koos tehnilise lähteülesandega.

6.5 Piloodi tõendusvajadus ning investeeringu ja laiendamise tingimused

Piloot peab vastama kolmele eraldi küsimusele: kas lahendus töötab ohutult ja nõuetekohaselt; kas see parandab linna seatud eesmärkide saavutamist; ning kas kasu on põhjendatud võrreldes investeeringu ja püsikuluga. Tehniline vastuvõtt, liiklusmõju hindamine ja laiendusotsus on erinevad otsused. Ohutuse või andmekvaliteedi puudust ei saa korvata hea keskmise sõiduajaga ning töötav liides üksi ei tõenda liikuvuse paranemist.

Testala ettepanekus täiendavad teineteist Pronksi–Liivalaia koridor ja Sadama piirkond. Pronksi–Liivalaia võimaldab hinnata järjestikuste ristmike koordineerimist, kinnisõidu ennetamist ning ühistranspordi, jalakäijate ja jalgratturite teenindamise koosmõju. Sadama piirkond võimaldab uurida laevaliiklusest mõjutatud perioodilist nõudlust, jalakäijate vooge, ühistranspordi prioriteeti ja juhtimisala piiride käitumist. Need on katseülesanded, mitte ette teada tulemused. Lõplikud piirid ning ristmike, kontrollerite ja fooriobjektide seosed tuleb enne hanke väljakuulutamist ühtlustada.

Piloodi mahtu peab kuuluma nõuetes kirjeldatud modelleerimisliides ja kokkulepitud juhtimisstsenaariumide eelhindamine enne liikluses rakendamist. Soovitame selleks kasutada testalade liiklusmudelit linna modelleerimiskeskkonnas (mikromudel PTV Vissimis, vajaduse korral linna PTV Visumi makromudeli sisendiga), mis on kalibreeritud olemasolevate mõõteandmetega ja kontrollitud eraldi vaatlusandmetega. Digitaalne kaksik on modelleerimisest eraldi võimalik edasine arendus, kui pidev andmete ja mudeli sidumine annab katsetamisele või hilisemale haldusele põhjendatud lisaväärtuse. Selle ulatus ja püsikulu tuleb enne tellimist määrata. Mudelis saab võrrelda foorijuhtimist, ühistranspordi prioriteeti ja kinnisõidu riski eri nõudluse korral; tulemused ei asenda seadmetega tehtavaid ohutuskatseid ega tegeliku liiklusmõju hindamist.

Esmased liidestus- ja ohutuskatsed soovitame teha piiratud arvul tehniliselt valmis ristmikel ning laiendada katset seejärel pilootala kasutusjuhtude hindamiseks vajalikule ulatusele. Koridorikoordineerimise hindamiseks tuleb kaasata omavahel seotud ristmikud, sest üksikristmiku katse selle toimivust ei tõenda. Kahe pilootala käivitamise järjekord peab lähtuma andmete, seadmete ja vajalike kooskõlastuste valmidusest. Hiljem käivitatavat ala saab kasutada võrdlusalana üksnes juhul, kui liiklusnõudluse, liikluskorralduse ja väliste mõjurite analüüs kinnitab selle sobivust.

Mõõtmiskava tuleb kinnitada enne juhtimise muutmist. Baastase ja katseperiood peavad olema võrreldavad, taristu korrastamise mõju tuleb võimaluse korral eristada uue juhtimisloogika lisamõjust. Näitajad esitatakse liiklejagruppide ja suundade kaupa koos andmekatvuse, katkestuste ning ebakindlusega. Katkestusi ja ebasoodsaid perioode ei tohi üldhinnangust varjata. Piiratud piloot ei pruugi tõendada näiteks harvade õnnetuste vähenemist, kogu linna liikumisviiside muutust või aastaringset toimimist; selliste mõjude kohta tuleb säilitada järelduste piirid.

Linnaülese arengu kavandamisel soovitame kasutada piirkonnapõhist elukaarekulude mudelit. See seob ühise platvormi ja liideste loomise valitud alade tegeliku lisakulu ning püsiva rahastusvajadusega. Võrdlusalus hõlmab ka ilma DLJ-ta vajalikke hooldus- ja uuendamistöid. Piloodi tegelik töömaht, käituskulu ja liiklusmõju annavad aluse järgmiste piirkondade eelarveks. Aruande arvutusnäited selgitavad kulude koosseisu; investeerimisotsus vajab nimelise töömahu ja kontrollitud hinnatingimustega hinnangut.

Laiendamine on põhjendatud siis, kui piloot tõendab ohutu toimimise, piisavalt usaldusväärse liiklusmõju, hallatava töökorralduse ja põhjendatud kulu sobivates kasutustingimustes. Tehniliselt laiendatav lahendus ei pea olema otstarbekas igal ristmikul. Piirkonnad tuleb järjestada vajaduse, oodatava kasu, taristu valmiduse ja kogukulu alusel; ebapiisava tõenduse korral on põhjendatud täiendav katse või kitsam kasutusala.

6.6 Koondjäreldus ja soovitus linnale

Uuringu põhjal soovitame liikuda järgmise etapi hanke ja piiritletud piloodi ettevalmistamisega edasi. Soovituse alus on olemasolev tehniline lähtebaas, tuvastatud liidestamise ja andmekvaliteedi vajadused ning võrdluslinnade kogemus. Järgmine investeering peab andma kasutatava testalalahenduse ja kontrollitava aluse edasisteks otsusteks. Arhitektuurivalik ning järgmiste alade ulatus kinnitatakse nende teostatavuse, kasu ja kulu hindamise põhjal.

Hanke ettevalmistamisel tuleb kokku viia tehniline ulatus, turu suutlikkus, hinnastamine ja vastuvõtt. Menetluse lõplik valik tuleb põhjendada aruande hankestrateegia alusel ning kontrollida selle õiguslikke eeldusi menetluse ettevalmistamisel. Eeluuringu nõuded ja arhitektuur on lähteülesande sisend; linna kinnitamata otsuseid ei tohi esitada siduvate tingimustena ega jätta hinnakriitilisi eeldusi eri pakkujate oletada.

Järgmised sammud ja otsustamise tingimused koondab Tabel 46.

Tabel 46. Soovitatavad järgmised sammud ja otsustamise tingimused.

Edasine samm	Soovitatav väljund	Edasiliikumise tingimus
1. Kinnitada hanke lähtealus	Ühtne testala ja seadmete loetelu; liideste funktsioonid ja õigused; lubatud A/B valikud; prioriteetide rakendamise põhimõtted, vastutajad ja eelarve-eeldused; OMNIA välisliidese funktsioonide, õiguste, jõudluse ja hinna kirjalik kinnitus tarnijalt ning liidese tõendustest.	Pakkujatele antakse sama hinnastatav ulatus; kriitiliste sõltuvuste lahendaja ja tähtaeg on määratud.
2. Valmistada ette ja läbi viia hange	Turukonsultatsiooni täpsustused (vajadusel), põhjendatud menetlusliigi valik, etapiviisiline tellimus, võrreldav hinnavorm ning eristatud pakkumuse hindamine ja vastuvõtt.	Tööpaketid, mõõdetavad tulemused, õigused ja teenuse osutamise periood on enne hanke väljakuulutamist kirjeldatud.
3. Valmistada ette testalad	Pronksi–Liivalaia ja Sadama ala vajaduspõhine taristu korrastamine, liidestused, tuvastus, andmekvaliteedi kontroll ja juurutuseelne mõõtmine.	Kasutusjuhtude sisendid, tehnilised katsed, pädevad rollid ja katsetamise tingimused on kontrollitud.
4. Viia läbi pilootprojekt ja hinnata selle tulemusi	Kontrollitud käivitamine, vajalikus ulatuses koridorikatse, eri liiklejagruppide mõju ning töökindluse, halduskoormuse ja tegelike kulude aruanne.	Mõju on tõendatud võrreldaval andmestikul; piirangud, erandid ja kõrvalmõjud on avaldatud.
5. Otsustada edasine ulatus	Põhjendatud otsus laiendada, täiendada ja uuesti katsetada või piirata rakendust; vastav piirkondade järjestus ja rahastusvajadus.	Laiendatavates tingimustes on piisav tõendus ning tehniline, organisatoorne ja rahaline valmisolek.

Linnale üleantav tulemus peab olema enamat kui tarkvara: dokumenteeritud liidesed ja konfiguratsioon, kokkulepitud kasutusõigused, katsetõendid, koolitatud kasutajad ning käitus- ja üleandmiskord loovad võimaluse lahendust juhtida, kontrollida ja vajaduse korral teenuseosutajat vahetada. Edukas järgmine etapp muudab Tallinna liiklusjuhtimise senisest läbipaistvamaks ja mõõdetavamaks ning annab võimaluse suunata investeeringud sinna, kus need toetavad linna liikuvuseesmärke tõendatud viisil.

6.7 Eeluuringu õppetunnid

Eeluuring näitas, et süsteemi nimi, seadmete loetelu ja kirjeldatud funktsioon ei anna veel terviklikku ülevaadet tegelikust juhtimisvõimekusest. Sarnases uuringus tuleks juba alguses kokku leppida, milliseid andmeid ja liideseid saab praktiliselt kontrollida, kellel on nende kasutamise õigus ning milline partner

vastutab selgituste ja ligipääsu eest. See vähendab riski, et tehniline ettepanek tugineb tootja üldkirjeldusele, mitte konkreetsele paigaldisele.

Andmete kogumisel tuleb eristada arvestusühikuid ja ajahetki. Ristmike, fooriobjektide, kontrollerite ja andurite kogused ei ole omavahel asendatavad. Uuringu alguses koostatud ühine andmesõnastik ja kuupäevastatud allikaloend lihtsustavad nii arhitektuuri, testala kui ka eelarve koostamist. Sama põhimõte kehtib kulude puhul: hinna juurde kuuluvad selle ulatus, periood, maksukäsitlus ja alusdokument.

Tehnilist, korralduslikku, õiguslikku ja rahalist analüüsi tuleb teha koos. Liides võib olla tehniliselt võimalik, kuid selle kasutusõigus või hind võib muuta lahenduse otstarbekust. Seetõttu tasub olulised sõltuvused ja linna otsustuskohad koondada uuringu algusest ühte registrisse ning kontrollida neid koos süsteemide valdajate ja hankespetsialistidega.

Võrdluslinnade kogemus on kõige kasulikum siis, kui võrreldakse lisaks tehnoloogiale lähteolukorda, juurutamise viisi, mõõtmist ja käitamist. Üksikut kasuprotsenti ei saa ilma tingimuste ja arvutusmeetodita teise linna üle kanda. Järgmiste uuringute puhul tuleks küsida ka lahendamata probleemide, ebaõnnestunud katsete ja tegeliku töömahu kohta.

Avalik aruanne ja tehnilised nõuded täidavad eri ülesandeid. Avalik tekst peab selgitama probleemi, valikute põhjendust ja otsustamiseks vajalikku tõendit; nõuete dokument peab võimaldama töö hinnastamist ning vastavuse kontrolli. Nende kooskõla tuleb kontrollida ühiselt versioonide kaupa, et parandatud arhitektuurivalik või mõõtmisreegel ei jääks kulutabelisse või riskiregistrisse vana tähendusega.

7 Kasutatud allikad ja hinnangute piirid

[1] Riigihanke 302874 alusdokument, 05.01.2026 parandustega, sh tehniline kirjeldus. Tellijalt saadud projektimaterjal.

[2] Tallinna dünaamilise liiklusjuhtimise eeluuringu vahearuanne, 12.06.2026; linnale juunis 2026 esitatud versioon. AS-IS leiud ning Helsingi, Vilniuse ja Kopenhaageni võrdlus kirjeldavad selles dokumenteeritud olukorda ja allikaid.

[3] Linnale esitatud AS-IS arhitektuur, 27.05.2026 (20260527_ITS_arhitektuur_v4). Avalikud arhitektuurivaated on selle ja vahearuande põhjal kohandatud, eemaldades võrgu- ja ligipääsuandmed.

[4] Lisa 2. DLJ TO-BE funktsionaalsed ja mittefunktsionaalsed nõuded. Lõpparuande lisa, linnale üle antud eraldi dokumendina, ja käesoleva aruande tehnilise ulatuse kontrollalus.

[5] Federal Highway Administration (2008). Traffic Signal Timing Manual, peatükk 9. https://ops.fhwa.dot.gov/publications/fhwahop08024/chapter9.htm Juhtimisviiside mõisteline alus.

[6] Tallinna linn. Arengustrateegia „Tallinn 2035", valdkond „Liikuvus". https://strateegia.tallinn.ee/liikuvus/ Linna strateegiliste eesmärkide alus.

[7] Määrus (EL) 2024/1689 ning seda muutev määrus (EL) 2026/1744. https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2024/1689/oj; https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2026/1744/oj Kohaldamise ajakava kontrollitud 12.09.2026.

[8] Määrus (EL) 2016/679, eelkõige artiklid 5, 6, 22, 28 ja 33–36. https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2016/679/oj Andmekaitse põhimõtted ja hinnangute alus.

[9] Riigihangete seadus. Kasutatud redaktsioon RT I, 03.07.2026, 5, tellija edastatud akt. https://www.riigiteataja.ee/akt/103072026005 Menetlusliigi valiku ja hankelepingu käsitluse alus; viited kontrollitakse enne hanke väljakuulutamist 1. novembril 2026 jõustuva redaktsiooni järgi.

[10] Tarbijakaitse ja Tehnilise Järelevalve Amet. Tehisintellektisüsteemid. https://ttja.ee/ariklient/ohutus/tooted-teenused/tehisintellektisusteemid Pädevuse korraldust käsitlev ametlik teave.

[11] Lõpparuande koostamiseks kasutatud kulumudel ning hooldushanke 261559 tehniline kirjeldus ja hinnastamata maksumuse vorm. Kulumudelis on viidatud 2019. aasta adaptiivse juhtimise uuringule, tellija kuluandmetele ja turu-uuringu indikatiivsele vastusele. Summade aluseks olevad hinnastatud dokumendid ei olnud tervikuna kontrolliks kättesaadavad. Kulutabelid on esitatud arvutusnäidetena; enne eelarvestamist tuleb kinnitada hinnaallikad, töömaht ja hindade ajakohasus.

[12] Day, C., O'Brien, P., Stevanovic, A., Hale, D. ja Matout, N. (2020). A Methodology and Case Study: Evaluating the Benefits and Costs of Implementing Automated Traffic Signal Performance. Federal Highway Administration, FHWA-HOP-20-003, eelkõige peatükid 1 ja 3. https://ops.fhwa.dot.gov/publications/fhwahop20003/index.htm Meetodi käsitlus puudutab tulemusnäitajatel põhinevat juhtimist; hinnad ja kasueeldused ei ole Tallinna andmed.

[13] Benekohal, R. F., Jeon, H., Osorio, J. J. ja Garshasebi, B. (2019). Evaluation of Adaptive Signal Control Technology—Final Report. University of Illinois at Urbana–Champaign; FHWA-ICT-19-006. https://doi.org/10.36501/0197-9191/19-007 Välitingimustes tehtud hindamine; tulemused sõltuvad konkreetsest süsteemist ja liiklusoludest.

[14] Xiao, F., Lu, J., Li, L., Tu, W. ja Li, C. (2025). Advances in reinforcement learning for traffic signal control: a review of recent progress. Intelligent Transportation Infrastructure, 4, liaf009. https://doi.org/10.1093/iti/liaf009 Teadusülevaade; arvestatud parandusega liaf016, mis täiendab huvide konflikti deklaratsiooni.

[15] Federal Highway Administration (2014). Transportation Systems Management and Operations Benefit-Cost Analysis Compendium, peatükk 5: Arterial Operations. FHWA-HOP-14-032. https://ops.fhwa.dot.gov/publications/fhwahop14032/ch5.htm Juhtumite metoodilised õppetunnid; ajaloolisi välismaiseid hindu ei kasutata Tallinna ühikuhindadena.

[16] National Institute of Standards and Technology (2023). Artificial Intelligence Risk Management Framework (AI RMF 1.0) ja seda täiendav AI RMF Playbook. https://doi.org/10.6028/NIST.AI.100-1; https://airc.nist.gov/airmf-resources/airmf/3-sec-characteristics/; https://airc.nist.gov/airmf-resources/playbook/measure/ Andmete esinduslikkus, hindamine, jälgitavus ja kasutusaegne seire.

[17] Federal Highway Administration (2013). Measures of Effectiveness and Validation Guidance for Adaptive Signal Control Technologies. https://ops.fhwa.dot.gov/publications/fhwahop13031/index.htm Piloodi võrdlusmetoodika ja liiklusmõju hindamise põhimõtted.

[18] Liiklusseadus, eelkõige § 7. Riigi Teataja. Foorituledе tähenduse ja sekundinäidiku kasutamise õiguslik alus; rakendamisel lähtutakse kohaldatavast redaktsioonist.

[19] Majandus- ja kommunikatsiooniministri 22.02.2011 määrus nr 12 „Liiklusmärkide ja teemärgiste tähendused ning nõuded fooridele", eelkõige §-d 29 ja 37. https://www.riigiteataja.ee/akt/126112024009 Fooriliikide nõuded; rakendamisel kontrollitakse kohaldatavat redaktsiooni.

[20] Euroopa Parlamendi ja nõukogu direktiiv 2010/40/EL intelligentsete transpordisüsteemide kasutuselevõtu raamistiku kohta. https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2010/40/oj

[21] Euroopa Parlamendi ja nõukogu direktiiv (EL) 2023/2661, millega muudetakse direktiivi 2010/40/EL. https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2023/2661/oj

[22] Komisjoni delegeeritud määrus (EL) 2022/670 reaalajas liiklusteabe teenuste osutamise kohta. https://eur-lex.europa.eu/eli/reg_del/2022/670/oj

[23] Komisjoni delegeeritud määrus (EL) nr 886/2013 liiklusohutusega seotud minimaalse üldise liiklusteabe kohta. https://eur-lex.europa.eu/eli/reg_del/2013/886/oj

[24] Autoriõiguse seadus, sh autorit, varalisi õigusi, töösuhtes loodud teoseid ja arvutiprogramme käsitlevad sätted. Riigi Teataja. Konkreetse komponendi õiguste ulatus määratakse õiguste kuuluvuse ja lepingutingimuste järgi.

[25] Võlaõigusseadus. Riigi Teataja. Hankelepingus määratavate kohustuste, õiguskaitsevahendite ja lepingulise vastutuse käsitluse alus.

[26] Riigivastutuse seadus. Riigi Teataja. Avaliku ülesande täitmisega seotud vastutuse hindamisel arvestatav õiguslik alus.

[27] Küberturvalisuse seadus. Riigi Teataja. Kontrollitud redaktsioon RT I, 30.12.2025, 15; linna ametiasutus on seaduse tähenduses ülioluline üksus; kehtiv redaktsioon kontrollitakse enne hanke väljakuulutamist.

[28] Avaliku teabe seadus. Riigi Teataja. Avaldamise ja juurdepääsupiirangute hindamisel arvestatav õiguslik alus.

[29] Zender, Chang ja Abdel-Rahim (2016). Evaluation of Vehicle Detection Systems for Traffic Signal Operations. Idaho Transportation Department, RP 236 / FHWA-ID-16-236. https://rosap.ntl.bts.gov/view/dot/34949 Tuvastussüsteemide välikatse eri ilmaoludes; parim süsteem sõltus ilmaoludest.

[30] Minnesota Department of Transportation (2024). Performance Evaluation of Different Detection Technologies for Signalized Intersections in Minnesota. MnDOT. https://mntransportationresearch.org/2024/08/07/using-alternative-technologies-to-detect-vehicles-at-signalized-intersections/ Tuvastustehnoloogiate välikatse eri ilmaoludes ja videotuvastuse leevendusmeetmed.

[31] Federal Highway Administration (2006). Traffic Detector Handbook, 3. trükk, FHWA-HRT-06-108 ja FHWA-HRT-06-139. https://www.fhwa.dot.gov/publications/research/operations/its/06108/02.cfm;

https://www.fhwa.dot.gov/publications/research/operations/its/06139/chapt6.cfm Induktiivsilmuse tundlikkus ja püsikutsungi mõju viivitusele.

[32] Medina, Benekohal ja Ramezani (2013). Field Evaluation of Smart Sensor Vehicle Detectors at Intersections, Volume 2: Performance under Adverse Weather. Illinois Center for Transportation. https://swov.nl/en/publicatie/field-evaluation-smart-sensor-vehicle-detectors-intersections-volume-2-performance-under Radarandurite talvine välikatse.

[33] Grossman, J., Hainen, A. M., Remias, S. M. ja Bullock, D. M. (2012). Evaluation of Thermal Image Video Sensors for Stop Bar Detection at Signalized Intersections. Transportation Research Record, 2308. https://doi.org/10.3141/2308-20 Termokaamerate stoppjoone tuvastuse välikatse foorristmikel.

[34] Fu, T., Stipancic, J., Zangenehpour, S., Miranda-Moreno, L. ja Saunier, N. (2017). Automatic Traffic Data Collection under Varying Lighting and Temperature Conditions in Multimodal Environments: Thermal versus Visible Spectrum Video-Based Systems. Journal of Advanced Transportation. https://doi.org/10.1155/2017/5142732 Termokaamera ja tavavideo tuvastustäpsuse võrdlus.

[35] FLIR Systems. TrafiOne tooteleht. https://www.flir.com/products/trafione/ Termokaamera töötemperatuur ja kaitseaste (tootja andmed).

[36] Forum Virium Helsinki (2022). Pilot in Helsinki produced detailed traffic information (veebiartikkel, 08.02.2022). https://forumvirium.fi/en/pilot-in-helsinki-produced-detailed-traffic-information-helps-recognise-risky-situations/ Helsingi lidaripiloodi ulatus ja toimumisaeg.

[37] University of Nevada, Reno. Identification of Weather Conditions Related to Roadside LiDAR Data (magistritöö). https://scholarwolf.unr.edu/entities/thesis/44033f42-3560-48cb-817d-0510036a0d60 Ilmaolude mõju lidari punktipilvele.

[38] SWARCO. ITC-2 Programmer's Manual v6.96 ja ITC-3 Programmer's Manual v7.13.2. Tootja dokumendid eeluuringu lähteandmetes. Kontrollerite protokollitugi püsivara kaupa.

[39] SWARCO. STCIP Protocol, versioon 2.4. Tootja spetsifikatsioon eeluuringu lähteandmetes. Protokolli käsutase ja turvalisus (SNMP v2c).

[40] SWARCO. OMNIA Installation Guide OM2004E22SG ja OmniaSuiteTag. Tootja dokumendid eeluuringu lähteandmetes. OMNIA sisemised veebiteenused ning DATEX II ja NTCIP adapterid.

[41] Yunex Traffic (2023). Fusion Paper. Tootja dokument eeluuringu lähteandmetes. Adaptiivse koridorijuhtimise võrdluskatse Inglismaal (tootja andmed).

[42] Smith jt (2013). SURTRAC, Pittsburgh. Carnegie Mellon University Robotics Institute; USDOT ITS JPO kokkuvõte. https://www.ri.cmu.edu/pub_files/2013/1/13-0315.pdf; https://www.itskrs.its.dot.gov/2013-b00820 Adaptiivse juhtimise katse tulemused.

[43] UK Department for Transport (2000). Traffic Advisory Leaflet 7/00. https://www.tsrgd.co.uk/pdf/tal/2000/tal-7-00.pdf Sissevoolu piiramine ja väljasõidu blokeerumise vältimine adaptiivses juhtimises.

[44] Tartu Ülikool, IMO. Smart Road (Tark Tee) open data. https://imo.ut.ee/en/smart-road-tark-tee-open-data/ Transpordiameti liiklusinfo avaandmed DATEX II vormingus.

[45] MobilityDatabase. Tallinna GTFS voog; Tartu Ülikool, IMO. Ühistranspordiregistri avaandmed. https://mobilitydatabase.org/feeds/gtfs/mdb-3047; https://imo.ut.ee/en/public-transport-register-open-data/ Ühistranspordi sõiduplaani avaandmed.

[46] PTV Group. Liiklusprognoosi juurutused Erfurtis ja Abu Dhabis (2024). https://traffictechnologytoday.com/news/traffic-management/ptvs-optima-forecasts-traffic-flow-and-protects-environment-in-historic-german-city.html; https://www.ptvgroup.com/en/resources/news/company/ptv-group-deliver-real-time-traffic-prediction-module-abu-dhabis-new Liiklusprognoosi horisont (tootja teated).

[47] Google Research. Project Green Light. https://sites.research.google/greenlight/ Andmepõhine fooriprogrammide soovitusteenus.

[48] Audi ja Traffic Technology Services (2020). Traffic Light Information Düsseldorfis. https://www.cittimagazine.co.uk/videos/audi-to-install-networked-traffic-lights-in-dusseldorf.html; https://www.volkswagengroup.it/en/mobotics/audi-traffic-light-information-driving-connected-to-the-city Sõidukisse edastatav fooriteave (tootja teated).

[49] ETSI TS 103 301 (SPATEM ja MAPEM sõnumid). https://forge.etsi.org/rep/ITS/asn1/is_ts103301 Fooriseisundi ja ristmiku kaardi sõnumite standard.

[50] Jeschor jt (2024). Cloudy with a chance of green: measuring the predictability of 18,009 traffic lights in Hamburg. IEEE Intelligent Vehicles Symposium. https://doi.org/10.1109/IV55156.2024.10588724 Fooride prognoositavus eri juhtimisviiside korral.

[51] Malena, K., Link, C., Gausemeier, S. ja Trächtler, A. (2025). ML-based Prediction Framework for varying Traffic Signal Control Strategies and its GLOSA-application. IEEE International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC). https://ris.uni-paderborn.de/record/61492 Fooriprognoosi täpsus liiklusest sõltuva juhtimise korral.

[52] SWARCO. Ho Chi Minh City smart traffic management solution. https://swarco-its.com/flagship/ho-chi-minh-city-smart-traffic-management-solution Tootja adaptiivne juhtimine OMNIA projektis (tootja teave).

[53] Kapsch TrafficCom (2024). Pressiteade 13.02.2024 Trafikverketi riikliku foorisüsteemi kohta. https://www.kapsch.net/en/press/releases/ktc-20240213-pr-en Rootsi Transpordiameti kontrollerite ühendus RSMP kaudu.

[54] Technolution. Stockholmi foorijuhtimissüsteemi uuendamine (tarnija pressiteade). https://www.technolution.com/move/technolution-modernizes-traffic-light-control-systems-for-city-of-stockholm/; RSMP Nordic (2020). RSMP and coordination. https://rsmp-nordic.org/2020/10/16/rsmp-and-coordination.html Stockholmi foorikeskuse RSMP kasutus (tarnija teave) ja kontrollerite koordineerimise katse RSMP kaudu.

[55] Helsingin kaupunki (2023). Liikennevalokojeiden hankinta 2023-1. https://fi.openprocurements.com/tender/liikennevalokojeiden-hankinta-2023-1/ Helsingi foorikontrollerite hanke RSMP nõue.

[56] SWARCO (2026). ITC-3 Traffic Controller Datasheet, 2026-03. https://www.swarco-its.com/sites/default/files/specsheets/2026-03/ITC-3%20Traffic%20Controller%20Datasheet.pdf ITC3 toetatud keskjuhtimissüsteemid ja tule alguseni jääva aja väljastus (tootja andmed).

[57] Pan jt (2023). Impact of countdown signals on traffic safety and efficiency: a review and proposal. Digital Transportation and Safety. https://www.maxapress.com/article/doi/10.48130/DTS-2023-0016?viewType=HTML Sekundinäidikute mõju uuringute ülevaade.

[58] Karlsruhe linn (2015). Linnavalitsuse seisukoht nr 2014/0298 jalakäijafooride sekundinäidikute kohta, volikogu istung 03.02.2015. https://web1.karlsruhe.de/ris/oparl/bodies/0001/downloadfiles/00150426.pdf Jalakäijafooride sekundinäidikute otsus ja põhjendus liiklusest sõltuva juhtimise korral.

[59] ETH Zürich (2022). Time-to-Green predictions for fully-actuated signal control systems with supervised learning. https://www.research-collection.ethz.ch/handle/20.500.11850/567460 Fooriprognoosi täpsus täielikult liiklusest sõltuva juhtimise korral.

[60] K-Projekt AS (28.10.2025). Liivalaia tänava rekonstrueerimise ja trammitee rajamise ehitusprojekti koostamine. Liiklusuuringu aruanne. Eskiis. Tallinna uuringute infosüsteem, uuring 2025-19. https://uuringud.tallinn.ee/uuring/vaata/2025/Liivalaia-tanava-rekonstrueerimise-ja-trammitee-rajamise-ehitusprojekti-koostamine-Liiklusuuringu-aruanne-Eskiis Loendusandmed september–oktoober 2024, olemasoleva olukorra hinnangud õhtuse tipptunni kohta.

[61] Tallinna Sadam. Saabuvad liinireisid. https://www.ts.ee/saabuvad-liinireisid/. Üksikpäeva nimekiri, mis illustreerib saabumiste ajalist jaotust.

[62] Tallinna Sadam. A-terminal ja D-terminal. https://www.ts.ee/en/a-terminal/ ja https://www.ts.ee/en/d-terminal/.

[63] AS Tallinna Sadam (09.10.2026). 2026. aasta III kvartali ja 9 kuu tegevusmahud. https://www.globenewswire.com/news-release/2026/10/09/3377810/0/et/asi-tallinna-sadam-2026-aasta-iii-kvartali-ja-9-kuu-tegevusmahud.html III kvartali andmed on esialgsed.

[64] Eckerö Line. Kuidas tulla Tallinna Reisisadamasse. https://www.eckeroline.ee/paas-tallinna-reisisadamasse.

[65] Tallinna Sadam (23.03.2026). Teisipäeval saabub selle aasta esimene kruiisilaev. https://www.ts.ee/teisipaeval-saabub-selle-aasta-esimene-kruiisilaev/

[66] ERR (2024). Tallinn avab järgmisel reedel Vanasadama trammiliini. https://www.err.ee/1609529692/tallinn-avab-jargmisel-reedel-vanasadama-trammiliini

[67] Shippax (04.05.2026). Viking Line expands Tallinn capacity and adds Visby cruises for summer 2026. https://www.shippax.com/en/news/viking-line-expands-tallinn-capacity-and-adds-visby-cruises-for-summer-2026.aspx

[68] AS Tallinna Sadam (09.01.2026). 2025. aasta ja IV kvartali tegevusmahud. Börsiteade. https://oam.fi.ee/en/borsiteated/18115 IV kvartali andmed on esialgsed. Tallinna Sadama uudises [65] on 2025. aasta kruiisikülastuste arv 118, aruanne kasutab börsiteates avaldatud arvu.

Lisa 1: Riskiregister

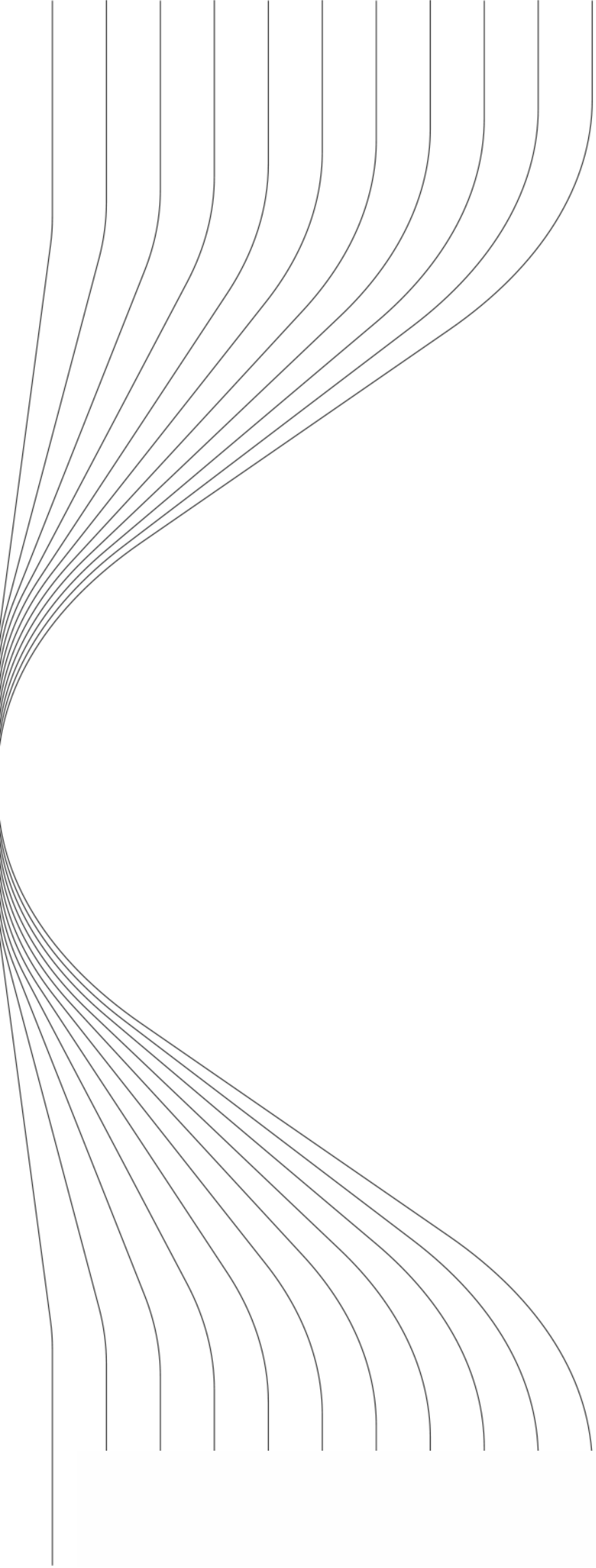
Rakendamise ja laiendamise riskid koos vastutajatega koondab Tabel 47.

Tabel 47. Rakendamise ja laiendamise riskiregister.

Nr	Risk ja mõju	Tase	Maandamine ja kontroll	Vastutaja
R1	Sõltuvus dokumenteerimata liidestest piirab teenuse jätkamist või teenuseosutaja vahetamist.	Kriitiline	Määrata liideste dokumentatsioon ja kasutusõigused ning kontrollida andmete lugemist ja vajalike funktsioonide kasutamist. Hindamiskriteeriumid ja kaalud määratakse hankes.	Linn ja teostaja
R2	Kasutusõigused ei võimalda linnal teenust jätkata või muuta.	Kriitiline	Kirjeldada hankedokumentides iga komponendi õigused, litsentsiperiood, üleantavad materjalid ja kolmanda osapoole kaasamise võimalus; kinnitada tingimused enne lepingu sõlmimist.	Linn
R3	Laienduse litsentsi- ja liidestuskulu selgub alles pärast tarnijavalikut.	Kriitiline	Küsida pakkumuses võrreldavad laiendamise ja kasutamise hinnastuspõhimõtted koos ulatuse ning piirangutega; kinnitada need lepingus. Laiendusotsus tehakse piirkonna kaupa.	Linn
R4	Teenuseosutaja vahetus katkestab käitamise või arenduse.	Kõrge	Lepinguline üleandmis- ja üleminekukord, andmete ning seadistuste väljastus ja jätkamiseks vajalik dokumentatsioon. Tähtaeg ja toe maht hinnastatakse.	Linn ja teostaja
R5	Puudulikud või taastatud andmed näivad värske mõõtmisena.	Kriitiline	Säilitada andmete päritolu ja kvaliteedimärgis kogu ahelas; kontrollida värskust ja rakendada funktsioonile määratud varurežiimi.	Teostaja
R6	Mõne suuna või liiklejagrupi nõudlust ei mõõdeta piisavalt.	Kõrge	Funktsioonipõhine katvuse hinnang ning puuduvate mõõtmiste lisamine; sõltumatu tuvastuskatse tegelikes kasutustingimustes. Testalal saab nõudluse suurust hinnata täiendavate anduritega; linnaülese laiendamise korral hinnatakse katvust ja andurite hooldust eraldi.	Linn ja teostaja
R7	Olemasolev kontroller ei toeta vajalikku liidest või käsku.	Kõrge	Sobivuskatse mudeli, püsivara ja funktsiooni kaupa; adapteri, uuenduse või asenduse töömaht ja hind.	Teostaja koos hooldus-partneriga
R8	Kellade erinevus moonutab koordineerimist ja ajamõõtmist.	Kõrge	Ühtne ajaallikas, kontrollerite ajasünkroonsuse kontroll ja kinnitatud hälbepiiride tõendamine.	Teostaja
R9	Side katkeb või viivitus ületab juhtimise lubatud piiri.	Kõrge	Viivituse ja katkestuste seire, vajalik puhverdamine ning toimiva kontrolleri kinnitatud kohalik varurežiim.	Teostaja ja sidepartner
R10	Platvorm ei talu kavandatud laienduskoormust.	Kõrge	Piloodis nõutud koormuskatse ning ressursside lisamise kava kinnitatud mahu ja kasvuvaruga. Katsetatakse pakutavat teostust sõltumata valitud A/B variandist; kogu võrgu ühendamine otsustatakse eraldi.	Teostaja
R11	Anduri rike jätab liikleja nõudluse teenindamata.	Kõrge	Anduriseire, teeninduse järelevalve ja funktsioonikohane rikkekäitumine; puuduvat väärtust ei esitata mõõtmisena.	Teostaja ja hooldus-partner
R12	Hanke, liidestamise või katsetamise ajakava osutub ebarealistlikuks.	Kõrge	Etapid, sõltuvused ja ajavaru; tehniline valmidus ning mõõtmisperioodi sobivus kontrollitakse enne järgmise etapi algust.	Linn ja teostaja
R13	Ristmiku seadistuse ja modelleerimise töömaht ületab eelhinnangu.	Kõrge	Mõõta piloodis tööaeg ülesannete ja rollide kaupa, eristada korduvkasutatav ning asukohapõhine töö.	Teostaja
R14	Peatsed ehitustööd muudavad paigaldatud lahenduse kasutuks.	Keskmine	Siduda paigalduse ajastus rekonstrueerimise kavaga ning lisada vajalikud liidesed ehitusprojekti.	Linn
R15	Toite, side või kaevetöö vajadus suurendab objektikulu.	Kõrge	Objektipõhine eelkontroll ja eraldi hinnastatud tööd; eelarvevaru põhjendatakse riskidega.	Linn ja teostaja

Nr	Risk ja mõju	Tase	Maandamine ja kontroll	Vastutaja
R16	Automatiseerimine ei anna eeldatud töö- või rahasäästu.	Kõrge	Mõõta sekkumisi ja haldustööd; rahalist säästu arvestada alles töökorralduse või lepingulise tasu muutuse alusel.	Linn
R17	Hooldusleping ei kata uute komponentide ja liideste tuge.	Kõrge	Lepinguline vastutus, diagnostika, teenustasemed ja koolitus; vastavust kontrollida enne kasutuselevõttu.	Linn ja hoolduspartner
R18	Liidesetõrke korral ei ole lahendamise vastutaja selge.	Kõrge	Iga liidese omanik, haldaja, tõrke lahendaja ja probleemi edasisuunamise kord määratakse enne juurutamist ning katsetatakse.	Linn ja teostaja
R19	Teadmus jääb üksikisikutele ja lahendust ei saa iseseisvalt hallata.	Kõrge	Eestikeelsed juhendid, üleantav seadistus ja rollipõhine koolitus koos praktilise kontrolliga.	Teostaja ja linn
R20	Juhtimisotsust ei saa hiljem kontrollida.	Kõrge	Otsuse, sisendite, reegli või mudeliversiooni ja käsu tulemuse seostatud logi; tervikluse kaitse ning põhjendatud säilitusajad.	Teostaja
R21	Uus andmeallikas suurendab isikuandmete töötlemist hindamata ulatuses.	Kõrge	Kontrollida eesmärki, õiguslikku alust ja mõjuhinnangu vajadust enne uut töötlust; eristada anonüümsust ja pseudonüümimist.	Linn ja teostaja oma rollides
R22	Piloodi tulemusi hinnatakse tagantjärele valitud kriteeriumidega.	Kõrge	Kinnitada hanke lähtealusena mõõdikud ja vastuvõtutingimused ning enne baastaseme mõõtmist detailne mõõtmiskava. Esitada kõik neli eesmärki, kõrvalmõjud ja ebakindlus.	Linn
R23	Küberintsident mõjutab juhtimist või lubab volitamata sekkumist.	Kõrge	Võrgu eraldamine, kontrollitud ligipääs, logimine, E-ITS-põhised meetmed ja turvakatsed enne kasutuselevõttu.	Linn ja teostaja
R24	Tarnija lõpetab toe või muutub maksejõuetuks.	Kõrge	Jätkamis- ja väljumisplaan; kriitiliste sõltuvuste korral hinnata lähtekoodi või muu vajaliku materjali sõltumatu säilitamise võimalust ja hinda.	Linn
R25	Laienduse halduskoormus ületab linna ja partnerite võimekuse.	Kõrge	Hinnata uute alade rolli- ja töömahtu; tagada koolitus, tugi ja püsikulu rahastus enne laiendamist.	Linn
R26	Koridori või ühistranspordi eelistamine halvendab teiste suundade teenindust.	Kõrge	Mõõta kõrvalsuundi ja liiklejagruppe eraldi; määrata lubatud ooteajad ning prioriteetide rakendamise põhimõtted.	Linn ja teostaja
R27	Ala valitakse adaptiivseks juhtimiseks ilma lisakasu hinnanguta.	Kõrge	Võrrelda olemasoleva juhtimise korrastamist ja uut funktsiooni; hinnata küllastust, väljavoolu ning kasutustingimusi.	Linn
R28	Ristmiku, kontrolleri ja fooriobjekti arvestus seguneb.	Kõrge	Ühtne nimeline seoseregister ja ühikute järgi hinnavorm; mõlemad testalad esitatakse eraldi.	Linn ja teostaja
R29	Sadama nõudluse muutus või kinnisõidu sündmused jäävad võrdluses arvestamata.	Kõrge	Mõõta järjekordi ja blokeerumist ning siduda nõudlus laevagraafiku ja tegelike voogudega; hinnata perioodide võrreldavust.	Teostaja
R30	Tehisintellekti kohaldatavaid nõudeid arvestatakse liiga hilja.	Kriitiline	Dokumenteerida süsteemi liigitus, vastavustoimingud ja tähtajad funktsiooni järgi. Ohutust, logimist ja järelevalvet kavandada piloodi algusest.	Linn ja teostaja oma rollides
R31	Kaamerapõhise funktsiooni andmed levivad põhjendamatult teistesse osadesse.	Kõrge	Piirata andmekoosseisu ja ligipääsu, kontrollida isikuga seostatavust ning eristada operaatori videopilti avalikest näitajatest.	Teostaja ja linn
R32	Laiendusotsus põhineb puudulikul kogukulul või põhjendamata tasuvusel.	Kriitiline	Lisada seire, liidestuse, litsentside ja käitamise kulud; eristada ühiskondlikku kasu linna rahasäästust. Kinnitada ala elukaarekulu enne investeeringut.	Linn

Nr	Risk ja mõju	Tase	Maandamine ja kontroll	Vastutaja
R33	Operaatori rolli täitja, töömaht ja kättesaadavuse korraldus on hanke väljakuulutamisel otsustamata, mistõttu pakkumuste hind ja vastutus on võrreldamatud.	Kõrge	Kinnitada kättesaadavuse variant, rolli täitja ja vastutusmaatriks enne hanke väljakuulutamist; täpsustada hooldusleping teenus.	Linn



CIVITTA AS
info@civitta.com
+372 735 2802
www.civitta.com