civitta

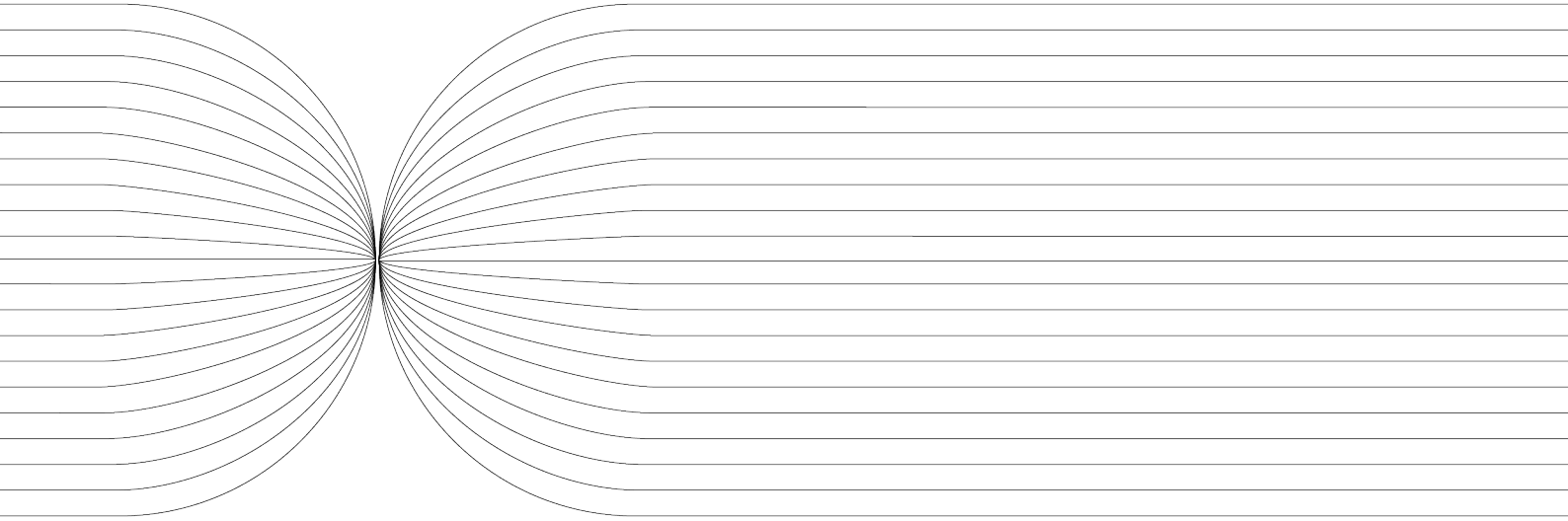


Lisa 2. DLJ TO-BE funktsionaalsed ja mittefunktsionaalsed nõuded

Tellija
Tallinna Liikuvusamet
Riigihange 302874
Projekt „Dünaamiline liiklusjuhtimine Tallinnas“
I etapp - eeluuring

Koostaja
Civitta AS

Oktoober 2026



1 Sisukord

Eesmärk ja kasutamine 3

1 Eesmärk ja kasutamine 4

Sihtolukord 6

2 Sihtolukord 7

2.1 Muutus ja oodatav tulemus 7

2.2 Süsteemid ja andmevood 7

2.3 Arhitektuurivalikud ja operaator 11

2.4 Andurid, seadmed ja asukohavalik 17

2.5 Andmekogumine ja avalik väljund 19

2.6 Kasutusjuhud 19

Mõisted 21

3 Mõisted 22

Funktsionaalsed nõuded 25

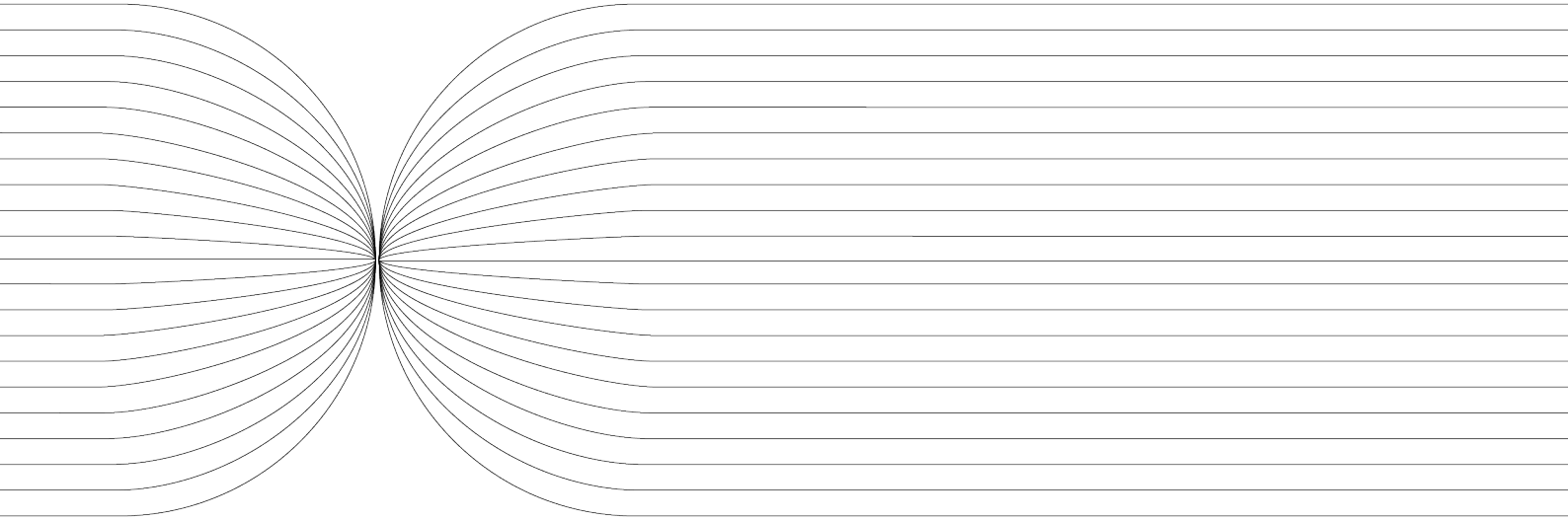
4 Funktsionaalsed nõuded 26

4.1 Fooride masinloetavus ja juhtimiskäsud 26

4.2 Loendus- ja seireandmed 31

4.3 Andmehaldus ja salvestus 35

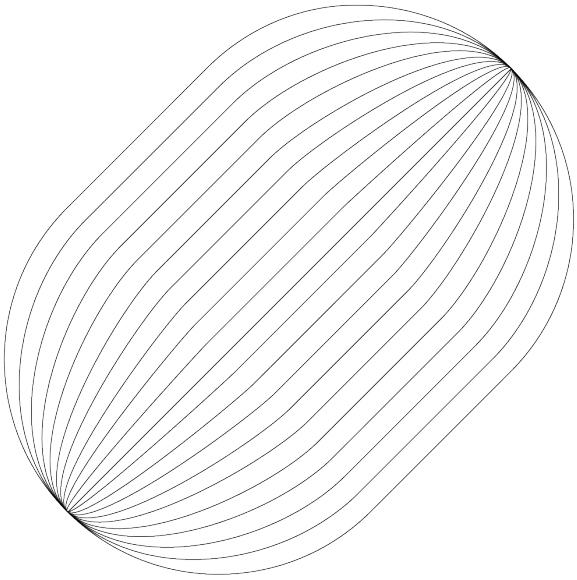
4.4 Uued andmekihid 38



4.5 Avaandmete liides 38
4.6 Dünaamilise juhtimise funktsioonid 39
4.7 Analüütika ja masinõpe 47
4.8 Operaatori töölaud ja häirehaldus 49
4.9 Aruandlus ja mõõtmine 54
4.10 Modelleerimise integratsioon 57

Mittefunktsionaalsed nõuded 59
5 Mittefunktsionaalsed nõuded 60
5.1 Jõudlus ja latentsus 60
5.2 Töökindlus ja käideldavus 63
5.3 Ajasünkroonsus 66
5.4 Skaleeritavus 67
5.5 Küberturvalisus ja võrguarhitektuur 68

Eeldused ja tellija otsused 72
6 Eeldused ja tellija otsused 73
7 Nõuete koondregister 76



Eesmärk ja kasutamine

Dokumendi ulatus ja nõuete esitusviis

1 Eesmärk ja kasutamine

Käesolev dokument on Tallinna dünaamilise liiklusjuhtimise eeluuringu lõpparuande Lisa 2. See määratleb Tallinna dünaamilise liiklusjuhtimise pilootlahenduse nõuded ning loob aluse järgmise etapi innovatsioonihanke ettevalmistamiseks, pakkumuste koostamiseks ja lahenduse vastuvõtmiseks. Piloot keskendub adaptiivsele foorijuhtimisele ning seda toetavatele andme-, analüüsi- ja operaatorifunktsioonidele. Lahendus peab aitama ennetada ristmike kinnisõitu, kasutada rohelist aega vastavalt liiklusnõudlusele, võimaldada ühistranspordi eelisläbipääsu ning parandada jalakäijate ja jalgratturite teenindamist. Piloodis rakendatav lahendus peab olema laiendatav linnaüleseks dünaamiliseks liiklusjuhtimiseks.

Nõuded kirjeldavad lahenduse funktsioone, kvaliteeditaset ja vastavuse tõendamise viisi, jättes pakkujale määratud piirides tehnilise valikuvabaduse. Iga nõue koosneb kohustusest, selle täitmise kontrollist ja pakkuja valikuruumist. Nõuete aluseks olevad ärivajadused on koondatud peatükki 2 ning prioriteediklassid tabelisse 1. Kõigi nõuete täitmisel tuleb järgida kinnitatud liikluskorraldust ja ohutuspiiranguid. Dokumendis tähendab „tellija” Tallinna Liikuvusametit ning „pakkuja” ettevõtjat, kes esitab II etapi hankemenetluses pakkumuse; pärast lepingu sõlmimist nimetatakse teda teostajaks ning käesoleva dokumendi nõuded kehtivad teostajale samas tähenduses.

Dokumendi alusel saab pakkuja koostada tehnilise lahenduse ettepaneku koos arhitektuuri põhjenduse, arendus- ja liidestusplaani ning piloodi rakendamise ja katsetamise kavaga. Selle juurde kuulub tööpakettide kaupa hinnapakkumine, milles eristatakse piloodi teostus, vajalikud seadmeuuendused, litsentsid ja käitamine ning linnaülese laienduse optsioonid. Pakkumuse seose nõuetega teeb jälgitavaks nõuete ID-de põhine vastavustabel, milles pakkuja kirjeldab iga nõude täitmist, teostusetappi, liidestuse eeldusi ja vastuvõtutõendit ning viitab vastavale hinnareale. Kõrvalekalded ja teiste osapoolte tegevusest sõltuvad eeldused esitatakse eraldi; nende kirjeldamine ei tõenda iseenesest nõude täitmist.

Võrreldavate ja siduvate hinnapakkumuste saamiseks peab tellija enne pakkumuste küsimist kinnitama testala ja töömahu, lubatud arhitektuurivariandid, lähteandmed ja liidestustingimused, vastuvõtul kohaldatavad lävendid ning lepinguperioodi. Need otsused on koondatud peatüki „Eeldused” hanke-eelsesse kontrollnimekirja. Kuni nimetatud tingimused on täpsustamata, saab dokumendi põhjal koostada eeldustele tugineva lahendusettepaneku ja esialgse eelarve, kuid mitte kogu teostuse võrreldavat fikseeritud hinnaga pakkumust. Hanke menetlus, etapid, pakkumuse vorm ja hindamiskriteeriumid määratakse hankedokumentides.

Tabel 1. Nõuete prioriteediklassid ja nende tähendus järgmise etapi ettepanekus

Klass	Tähendus järgmise etapi ettepanekus
K	Kohustuslik testalal: funktsioon ja vastuvõtukriteerium tuleb tõendada.
H	Kohustuslik miinimumtase koos võrreldava tulemusnäitajaga. Paremat tulemust võib hinnata; hindamisviis ja kaalud kinnitatakse enne hanget.
L	Linnaülese laienduse võimekus. Piloodis on kohustuslik nõudes nimetatud toimiv liides, demonstratsioon, kava või koormustest. Linnaülene kasutuselevõtt kuulub eraldi tellitavasse laiendusse.

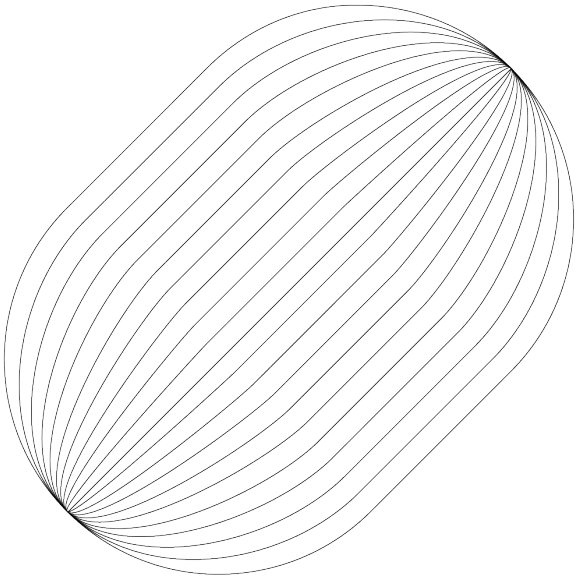
K/H/L on tulevase lahenduse prioriseerimise ettepanek, mitte eeluuringu lepinguliste kohustuste ümberliigitamine. Piloodijärgne mõõtmine ei asenda pakkumuste hindamiseks eelnevalt määratud võrreldavat katset või tõendit. H-klassi mõõdikud on piloodi kvaliteedi- ja vastuvõtunäitajad. Neid

kasutatakse pakkumuste hindamisel ainult siis, kui hankedokumendid määravad kõigile pakkujatele enne pakkumist sama tõendamisviisi, valimi ja hindamisreegli; hilisem piolooditulemus ei ole varasema pakkumuse hindamise tõend.

Arvväärtuste staatus. Kui pole viidatud kinnitatud projektile, õigusaktile või hankes otseselt määratud väärtusele, on siinsed jõudlus-, täpsus-, kestus-, mahu- ja teenustasemelävendid eeluuringu ettepanekud. Tellija kinnitab need koos mõõtmismeetodi ja koormusprofiiliga enne järgmise hanke avaldamist. Kinnitatud väärtused ja mõõtmismeetodid koondatakse hanke lävendite registrisse nõuete ID-de kaupa; kinnitamata ettepanekut ei käsitleta vaikimisi siduva väärtusena. Hankedokumendid määravad registri, nõuete ja lisade vastuolu korral kohaldamise järjekorra. Ohutusaja tegelikud väärtused pärinevad ristmiku kinnitatud projektist. Väljendid „enne pakkumist“, „enne pakkumuste küsimist“ ja „enne hanget“ tähendavad käesolevas dokumendis „enne hanke väljakuulutamist“.

Kontrolli ühised tingimused. Testiplaan määrab objektid, perioodi, koormuse, andmete kvaliteedi, kellade täpsuse ja oodatava tulemuse. Protsentiilid arvutatakse sama selgelt määratletud valimi alusel. Puuduvad andmed, rikked ja erandolukorrad näidatakse eraldi. Vastuvõtt eeldab tulemust tõendavat protokolli, mitte üksnes funktsiooni kirjeldust. Ohutust mõjutavad negatiivsed katsed tehakse testkeskkonnas või kinnitatud katserežiimis.

Dokumendi täiendamisel kasutati tehisintellekti assistenti Claude (Anthropic, mudel Claude Opus 5.5) allikate analüüsiks, kommentaaride süstematiseerimiseks, tekstiparanduste mustandite koostamiseks ja kooskõla kontrolliks. Sisu on üle vaadanud ja selle eest vastutab Civitta AS.



Sihtolukord

Sihtseisund, mida nõuded kirjeldavad

2 Sihtolukord

2.1 Muutus ja oodatav tulemus

Tabel 2 seob hetkeolukorra probleemid sihtolukorra vajaduse, seda kandvate nõuete ja oodatava kontrollitava tulemusega.

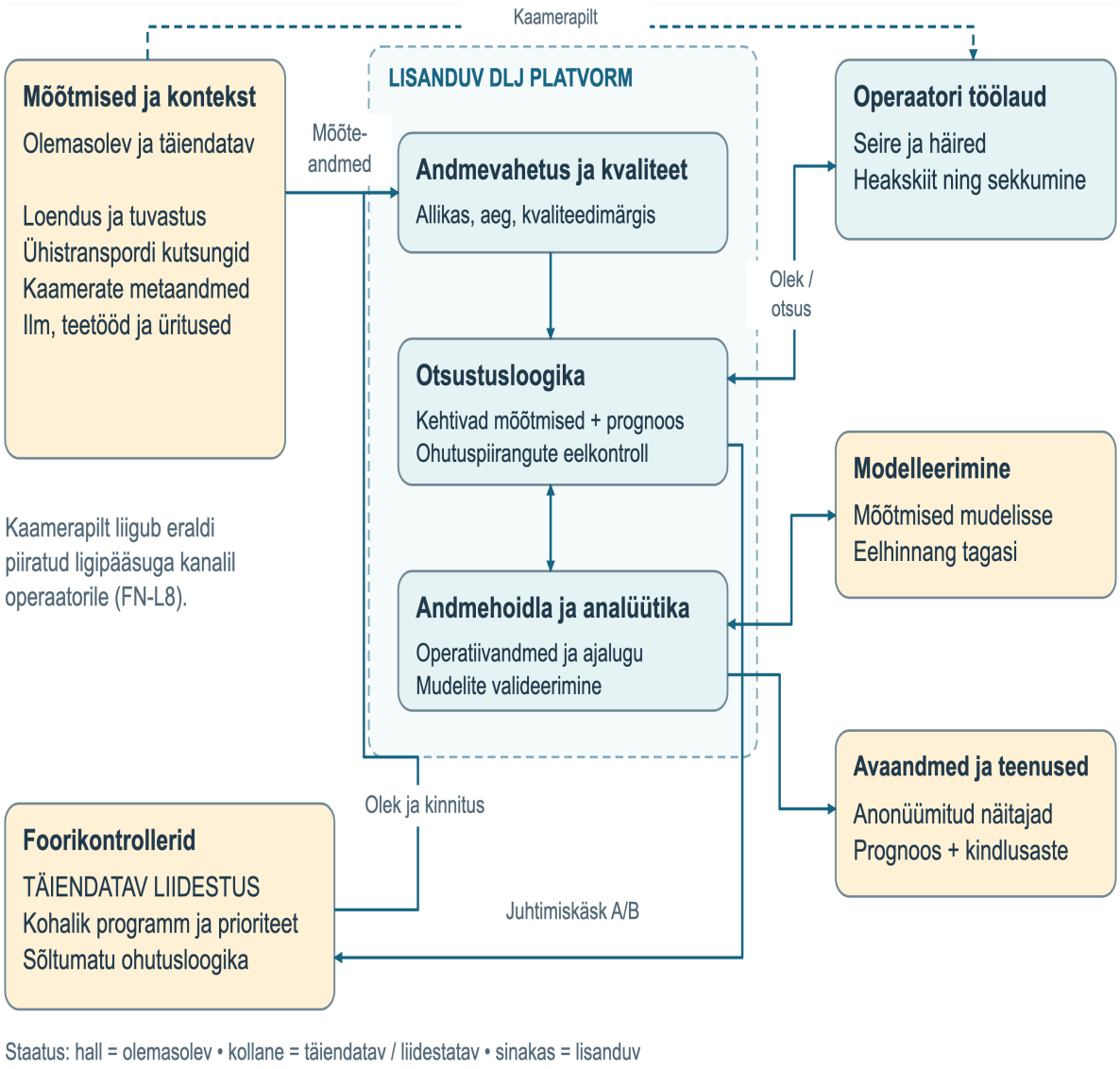
Tabel 2. Hetkeolukorra probleemide seos sihtolukorra vajaduste ja oodatava tulemusega

AS-IS probleem	TO-BE vajadus ja põhinõuded	Oodatav kontrollitav tulemus
Fooriandmete ja juhtimise liidestus sõltub olemasolevast tehnoloogiast ning kasutusõigustest.	Masinloetav olek, käsukinnitus ja põlvkondade liidestuskava (FN-M1–M9).	Testala signaaligruppide kaetus ning mõõdetud värskus; iga käsu staatus on jälgitav.
Andmeallikate katvus ja kvaliteet on ebaühtlased.	Ühine andmemudel, anduriseire ja kvaliteedimärgis (FN-L, FN-A, FN-U).	Puuduv ja taastatud kirje on eristatav; tuvastustäpsus on etaloniga tõendatud.
Fikseeritud seadistus ei järgi kõiki nõudluse muutusi.	Nõudluspõhine jaotus, prioriteet, koordineerimine ja ohutuspiirid (FN-D).	Ooteaeg, kasutamata roheline ja kinnisõit on mõõdetavad ning võrreldavad baasperioodiga.
Operaatori otsus ja intsident võivad nõuda eri vaadete käsitsi ühendamist.	Ühine töölaud, automaatne häire ja menetluskirje (FN-O).	Häirel on põhjus, asukoht, vastutaja ja menetlusjälg; sekkumine on auditeeritav.
Mõõtmise, modelleerimise ja seadistamise vahel on käsitöö.	Masinloetav andmevoog modelleerimiskeskkonda ning valideeritud analüütika (FN-AN, FN-AR, FN-MO).	Stsenaariumi sisendil ja tulemusel on versioonitunnus, koostaja ja kuupäev ning need on seotud rakendatud fooriprogrammiga, nii et eelhinnatud ja mõõdetud tulemust saab võrrelda; juhtimismuudatuse mõju hinnatakse enne rakendamist.
Laiendamine ja rikketaluvus vajavad terviklikku korraldust.	Asendatavad komponendid, mõõdetav jõudlus, taaste ja turve (MN).	Linnaülese mahu test, tõendatud taaste ja vastutustega käitamine.

2.2 Süsteemid ja andmevood

Joonis 1 esitab sihtolukorra tervikvaate: andmeallikad, ühine andmekiht ning juhtimise ja kasutajate pool. Skeem eristab olemasoleva, täiendatava ja lisanduva osa ning näitab, millised andmed ja käsud nooltel liiguvad.

Joonisel on modelleerimiskeskkond ühendatud andmehoidla ja analüütikaga: modelleerimine toetab juhtimismuudatuste eelhindamist väljaspool reaalajas juhtimisahelat. Dokumendi joonised antakse tellijale üle ka redigeeritavas vormingus (draw.io); vorming vajab tellija kinnitust.



Joonis 1. Sihtolukorra tervikvaade ja andmevood

Foorisüsteemist liiguvad platvormile signaaligruppide olek, kehtiv programm, juhtimisrežiim, häired ja ajatemplid. Platvorm saadab juhtimiskäsu ning saab eraldi vastuvõtu- ja rakendumisinfo. Kontroller säilitab kohaliku ohutusloogika ja kinnitatud varuprogrammi. Ühistranspordi prioriteet kasutab olemasolevat lokaalset kutsungiahelat, kus ühistranspordiraja andur (trammil induktiivsilmus, eraldi rajal sõitval ühistranspordil enamasti videoandur) annab kutsungi otse foorikontrollerile, ning keskset asukoha- ja kutsungiinfot, vältides topelttaotlusi (FN-L7, FN-D2).

Loendus- ja tuvastusandmed kirjeldavad raja, suuna ning liiklejagrupi nõudlust, järjekorda ja hõivatust. Liidestus peab arvestama olemasolevate seadmete, loendusplatvormi ja andmevormingutega. Iga kirje kannab allikat, aega ning mõõdetud, taastatud või puuduva andme märgist. Uued andurid paigaldatakse seal, kus juhtimiseks vajalik mõõtmine puudub või ei vasta täpsusnõudele.

Kaamerasüsteemist liigub piiratud ligipääsuga pilt operaatorile ning vajaduse korral tuvastusest saadud liiklusnäitajad analüütikasse. Pildile ligipääs, säilitamine ja analüütilise väljundi avaldamine on eraldi töötlused. Pseudonüümimine ei muuda andmeid automaatselt anonüümseks (FN-A9).

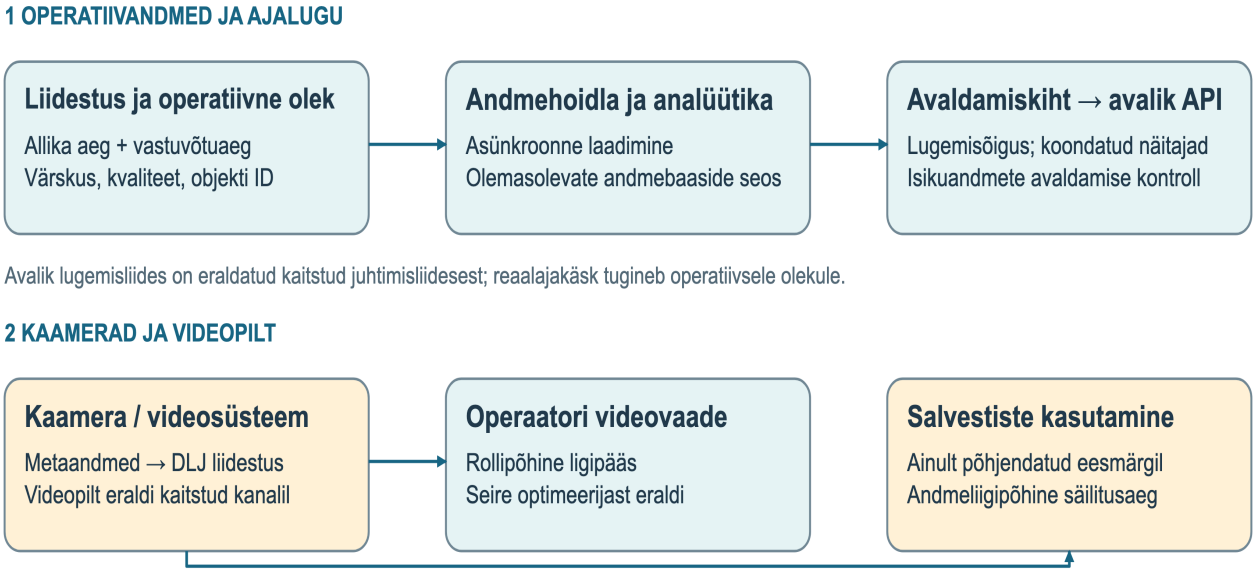
Platvormi andmevahetuskiht ühendab vood ühisesse andmemudelisse. Operatiivne andmehoidla teenindab juhtimist, analüütiline hoidla ajaloolisi päringuid. Otsustusloogika kasutab kehtiva kvaliteediga mõõtmisi ja valideeritud prognoosi. Andmekvaliteedi või teenuse halvenemisel rakendub ette määratud taandumine, mille põhjus on operaatorile nähtav.

Seos olemasolevate andmebaasidega. Lahenduse andmehoidlad saavad andmeid olemasolevatest süsteemidest: keskhaldusplatvormi (OMNIA) olekuvoogudest, sündmuslogist ja häiretest, seireplatvormi (seire.tallinn.ee) loendusandmetest ja 15-minutilistest koondidest ning hoolduspartneri häireregistrist. OMNIA hoiab olekuandmete ajalugu ligikaudu 2-3 kuud, mistõttu pikem ajalugu säilib lahenduse arhiivikihis. Ajaloo esmase laadimise, jooksva sünkroonimise ja andmete päritolu märgise määrab pakkuja liidestuskava. Seos kehtib mõlema arhitektuurivariandi korral.

Modelleerimiskeskkonda (olemasoleva töökorralduse järgi PTV Visum, PTV Vissim ja seotud töövahendid) edastatakse mõõtmised, juhtimisplaanid ja nende ajalugu. Tagasi saadakse võrreldavad stsenaariumitulemused ning seadistusettepanekud, mida kasutatakse juhtimismuudatuse eelhindamiseks. Modelleerimine asub väljaspool reaalajas juhtimisahelat: adaptiivne juhtimine teeb otsused reaalajas anduriandmete põhjal ning mudeli tulemus jõuab kontrollerisse ainult kinnitatud fooriprogrammi või seadistusena. Mudeli tulemusest tuletatud seadistus või fooriprogramm läbib valideerimise ja heakskiidu enne tootmisjuhtimisse jõudmist. Integratsioon on eraldi tööpakett; testala käivitamise sõltuvused määratakse rakenduskavas.

Joonis 2 täpsustab andmevood ja tugisüsteemid, mis kehtivad mõlema arhitektuurivariandi korral: operatiivandmete ja ajaloo eraldatus, kaamerate metaandmete ja videopildi eri teed, häirete töövoo seos olemasoleva häireregistriga, modelleerimise ja programmimuudatuste ahel ning varade, seire ja ühiste teenuste seosed.

Autentimise ja volitamise andmevoog. Kasutaja identiteet, rollid, õigused, seansid ja tehniliste teenuste volitused liiguvad tellija identiteediteenuse ja lahenduse volitamiskihi vahel; kaitstud toimingud ja õiguste muudatused kirjutatakse turvasündmuste logisse.



Andmevoogude täpsustus: CITIX-i statistika on analüütika ja aruandluse sisend.
Autonoomsed kiirusnäidikud ja HD-infotablood toimivad omaette; juhitavate VSL / VMS märkide hulk kinnitatakse seadmeti.

Joonis 2. Ühised andmevood ja tugisüsteemid

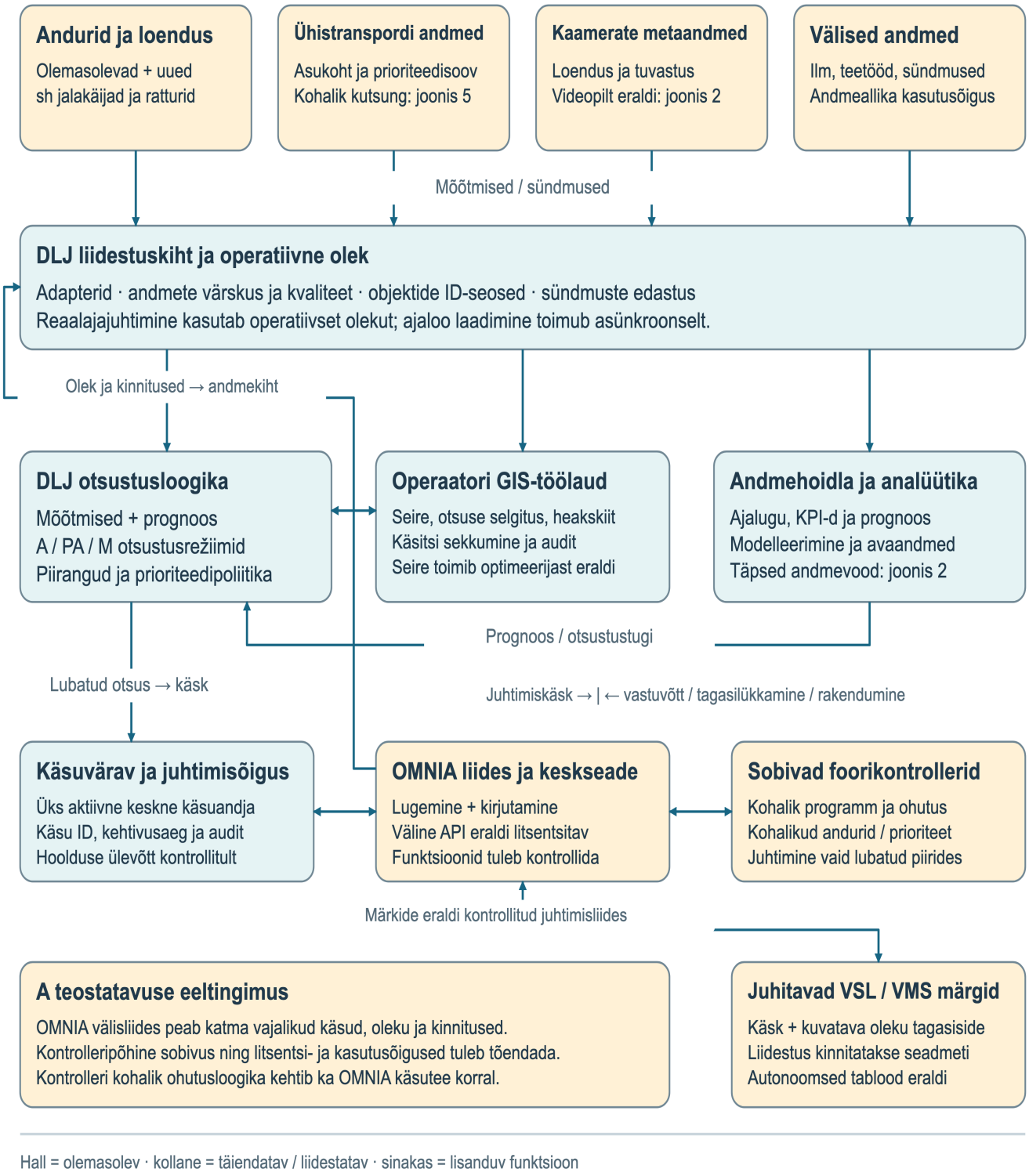
2.3 Arhitektuurivalikud ja operaator

Tabel 3 esitab kahe arhitektuurivariandi eeldused ning nende mõju juhtimisele ja kontrollile.

Tabel 3. Arhitektuurivariantide eeldused ning mõju juhtimisele ja kontrollile

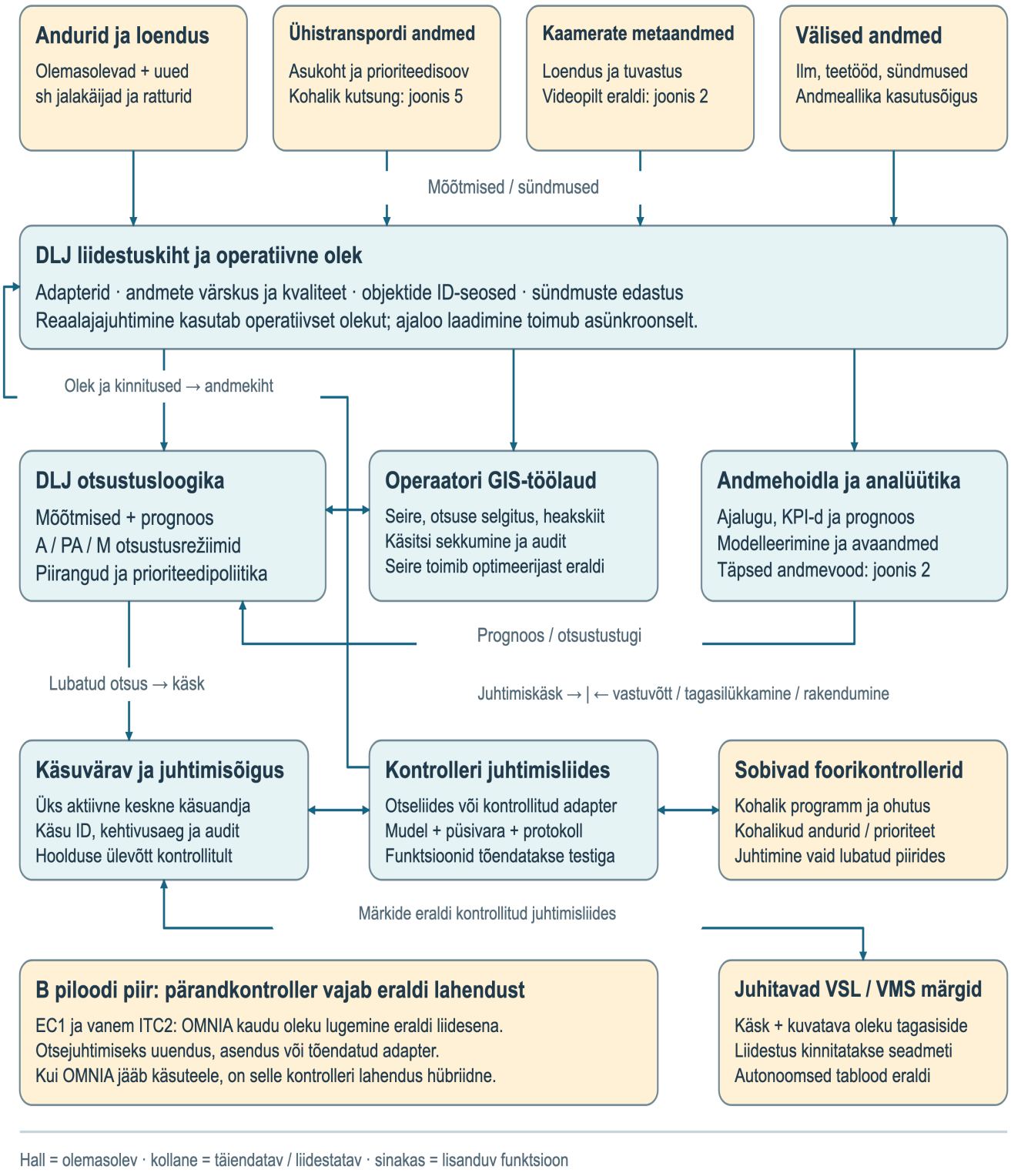
Valik	Eeldused	Mõju ja kontroll
A. Keskhaldusplatvormi välisliidese kaudu	OMNIA välisliidese (API) kasutusõigus, lubatud juhtimiskäsud ja muud funktsioonid, hind ning piisav serverivõimekus; vajavad tarnija kirjalikku kinnitust.	Kasutab olemasolevat keskhalduse ahelat; lisab vahekihi ning litsentsi- ja jõudlussõltuvuse. Mõõta täielik käsuahel.
B. Kontrolleriga otse	Konkreetse mudeli ja püsivara toetatud avatud protokoll või kontrollitud adapter; vajalikud uuendused ja ligipääsuõigused.	Võimaldab vähendada keskhaldusest sõltuvust; nõuab põlvkondade kaupa ühilduvuse ja paralleelse halduse kontrolli; kontrollerite olemasolev seadistus (fooriprogrammid, kaitseajad, ohutusloogika) jääb kasutusse.

Joonis 3 esitab variandi A, kus DLJ lahendus saadab juhtimiskäsu OMNIA välisliidesele ning võtab sealt vastu vastuvõtu-, tagasilükkamis- ja rakendumisteate; OMNIA edastab käsu kontrollerile olemasoleva ühenduse kaudu. Välisliides on tootja tasuline lisavõimalus; selle funktsioonid, õigused, jõudlus ja hind vajavad tarnija kirjalikku kinnitust ja tõendustesti. OMNIA kaudu uuendatakse juba praegu fooriprogramme ja hallatakse kontrollereid kaugelt; tarnijalt küsitakse kirjalikult, kas välisliides võimaldab ka rohelise aja pikendamist ja lühendamist. Kontrolleri kohalik ohutusloogika kehtib ka sellel käsuteel.



Joonis 3. Variant A: juhtimine keskhaldusplatvormi välisliidese kaudu

Joonis 4 esitab variandi B, kus DLJ lahendus suhtleb foorikontrolleriga otse avatud protokolli kaudu või vanemate kontrollerite puhul tõendatud adapteri kaudu. Sobivus tõendatakse iga mudeli, püsivara ja liidesefunktsiooni kohta. Oleku lugemine OMNIA kaudu ei muuda otsest käsuteed iseenesest hübriidseks. Kui osa ristmike juhtimiskäske liigub OMNIA kaudu, on nende ristmike käsutee variant A ning terviklahendus A/B kombinatsioon. EC1, ITC2b ja vanema püsivaraga ITC2 tegelik liidestusvõimekus tuleb kontrollida seadmekaupa; puuduva võimekuse korral hinnastatakse lubatud adapter, uuendus või asendus.



Joonis 4. Variant B: foorikontrolleri otsejuhtimine

Mõlemad on sihtarhitektuuri variandid. Üksnes protokolli nimetamine ei tõenda selle olemasolu paigaldatud kontrolleris. FN-M8 liidestuskava määrab võimalused, piirangud, muudatused, maksumuse suurusjärgu ja teostusaja. Kahe samaaegse käsuallika korral peab juhtimisõigus olema üheselt määratud. Tagasiühilduvus olemasolevate kontrollerite, programmide ja seirega tõendatakse enne üleminekut; ühe platvormi väljavahetamine ei tohi katkestada vajalikku kohalikku ohutusfunktsiooni. 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.

Nõuete kohaldumine A/B korral. Kõigi käesoleva dokumendi funktsionaalsete ja mittefunktsionaalsete nõuete eesmärk ning nõutav tulemus kehtib nii variandis A kui ka B. Arhitektuurivalik ei vabasta ühestki K- või H-klassi miinimumnõudest ega L-klassi nõudes nimetatud pilooditõendist. Erinevad käsutee, liidestuse tehniline teostus, sõltuvused ja vastutuse jaotus. Linnaülese teostuse maht sõltub eraldi tellitavast etapist, mitte A/B valikust.

Variandis A hõlmab juhtimisahela tõendamine käsuväravat, OMNIA välisliidest ja kontrollerit; pakkumus sisaldab vajalikku liidestust, kasutusõigusi ning kokku lepitud uuendusi. Variandis B tõendatakse käsuvärava ja kontrolleri või adapteri vaheline juhtimine, konkreetse püsivara funktsioonid ning paralleelse halduse ja ühe aktiivse käsuandja korraldus. Mõlemas variandis kehtivad samad lõpptulemuse, ohutuse, andmevärskuse, logimise ja käideldavuse nõuded. OMNIA-spetsiifiline litsentsikohustus rakendub B korral ainult kasutatavale OMNIA funktsioonile; otseliidese kohustus rakendub otsese käsuteega ristmikele.

Andmekihi, analüütika, modelleerimise, operaatorivaate, avaandmete ja turbe nõuded on mõlemale variandile ühised. Pakkuja tehniline valikuruum on piiratud tellija lubatud arhitektuuride ja töömahuga. FN-M8 liidestuskava ei asenda testalal nõutavate funktsioonide tegelikku teostust ega tõenda olemasoleva kontrolleri sobivust.

Arhitektuuriotsus enne pakkumist. Tellija määrab, kas küsitakse pakkumust variandile A, variandile B või lubatakse mõlemat võrreldava alternatiivina. Alternatiivide korral kehtivad sama testala, tulemusnõuded, teenuseperiood ja hinnavorm; kummagi variandi kulud ning eeldused esitatakse eraldi. A/B kombinatsioon on lubatud üksnes hankes sätestatud ulatuses ja iga ristmiku käsutee peab olema määratud. Käesolev dokument ei kinnita linna eest arhitektuurivalikut.

Tsüklivaba juhtimine. FN-M1, FN-M5, FN-D6 ja FN-D14 tsüklipõhiseid välju ja katseid rakendatakse tsüklivabale lahendusele samaväärse teenindusintervalli, tegeliku faasijada ja üleminekuajaloona. Puuduv tsüklipositsioon märgitakse mittekohalduvaks, mitte ei tekitata näivväärtust. Samaväärne mõõtmismeetod ja ajalised piirid määratakse enne pakkumist; ooteaja, ohutuse ja koordineerimise tulemusnõuded säilivad.

Operaator on sihtolukorras vajalik erandite, rikete, ürituste ja liikluskorralduslike valikute juhtimisel; täna on Liikuvusametil seire ja järelevalve ning hoolduspartneril ööpäevaringse teabe vastuvõtu ja rikkehalduse roll. Töö muutub erandipõhiseks: süsteem tuvastab ja selgitab kõrvalekalde, inimene lahendab talle eskaleeritud juhtumi. Tavapärane optimeerimine võib olla automaatne kinnitatud piirides; prioriteedipoliitika, ohutusparameetrite ja uue mudeli kasutuselevõtt eeldab pädeva rolli heakskiitu. Automatiseerimise tase on funktsiooni ja juhtimisala kaupa seadistatav. Mõõdetakse sekkumiste arvu, põhjust ja ajakulu; personali- ja kulumõju lähtekäsitlus on lõpparuandes ning seda täpsustatakse piloodis mõõdetud sekkumiste arvu ja ajakulu põhjal.

Operaatori kättesaadavus. Operaator tähendab käesolevas dokumendis rolli, mida täidab Liikuvusamet või valitud variandi järgi teenuseosutaja (hoolduspartner või teostaja, olenevalt sellest, kummasse lepingusse operaatoriteenus lisatakse); juhtimisotsused teeb operaator ning variandis 1 tegutseb hoolduspartner väljaspool tööaega tellija korraldusel ja etteantud stsenaariumide järgi. Kui operaatoriteenust osutab hoolduspartner, teeb ta operaatori otsuseid lepingus määratud volituste piires; prioriteedipoliitika, ohutusparameetrite ja uue mudeli kasutuselevõtu otsused jäävad linnale. 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: kriitilise häire teade jõuab ööpäevaringselt vastutajani ja muud häired menetletakse tööajal. Piloodis on kriitilised funktsioonid (automatiseerimise lähtetaseme tabelis poolautomaatseks märgitud protsessid) poolautomaatsed. Operaatori kättesaadavuse korralduse valib tellija enne hanke väljakuulutamist lõpparuandes kirjeldatud kahe variandi hulgast. Eeluuring soovitab piloodi lähtekohaks tööajal töötavat Liikuvusameti operaatorit koos hooldusparnteri ööpäevaringse häirete vastuvõtu ja eskaleerimisega tellija valvekontaktile.

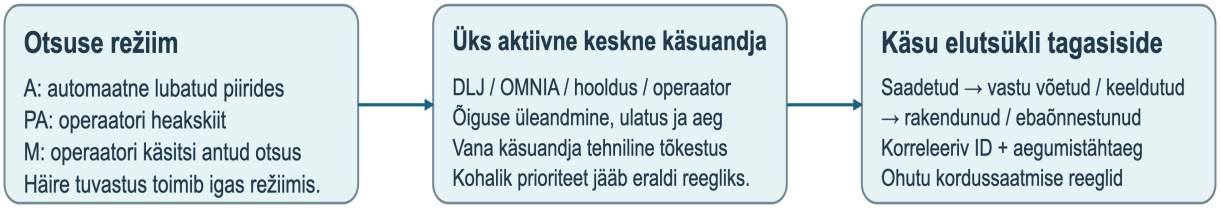
Joonis 5 koondab reeglid, mis kehtivad mõlemale variandile: ühistranspordi kohalik ja keskne kutsungitee, otsustusrežiimid A, PA ja M, ühe aktiivse keskse käsuandja põhimõte, käsu elutsükli tagasiside ning turbe- ja rikkekäitumise nõuded. Kohalik ühistranspordi kutsung tekib ühistranspordi rajal paikneva anduri signaalist (trammil induktiivsilmus, eraldi rajal sõitval ühistranspordil enamasti videoandur).

1 ÜHISTRANSPORDI KAKS KUTSUNGI TEED



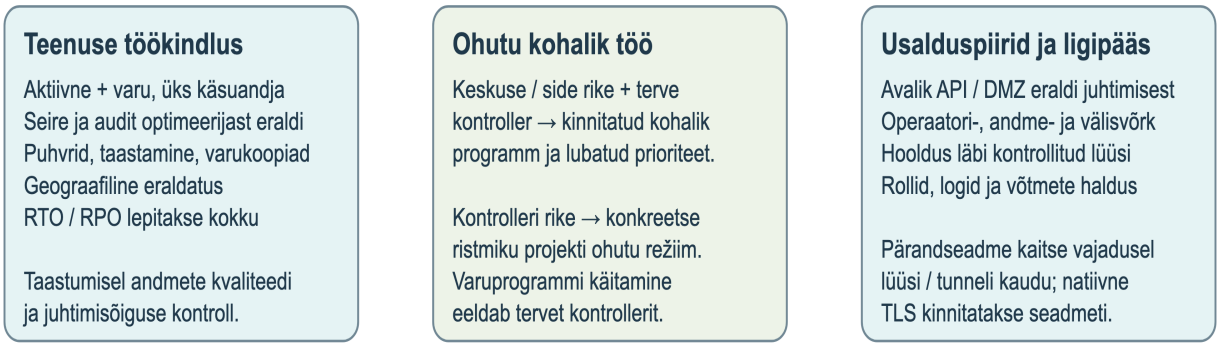
Olemasolevate prioriteediahelate ulatus ja seadistus tuleb kinnitada. DLJ lisanduv prioriteedikäsk liigub A/B käsuteel; eri kanalite taotlused lahendatakse ühise prioriteedipoliitika alusel.

2 OTSUS, JUHTIMISÕIGUS JA KINNITUSED



Kuni 10 s sündmusest käsu vastuvõtukinnituseni on tõendatav ajapiir käsuahelale. Foorifaasi tegelik vahetumine sõltub kontrolleri ohutusloogikast ja registreeritakse eraldi; mõõdik ja test täpsustatakse.

3 TURVE JA RIKKEKÄITUMINE



Ajasünkroonimine: usaldatud ajaallikas → teenused ja kontrollerid; ajatempli kvaliteet jälgitav.
Audit: otsus, juhtimisõiguse muutus, käsk, vastus ja programmiversioon → eraldi logiteenus.

Kontrolleri liidestus valitakse mudeli, riistvara, püsivara ja funktsiooni järgi. STCIP / OCIT / NTCIP / RSMP on võimalikud kandidaadid ja iga seadmerühma sobivus tõendatakse eraldi. Kohalik adaptiivjuhtimine on eraldi teostusvalik; optimeerimisalgoritmi asukoht otsustatakse A/B-variandist sõltumatult.

Joonis 5. Juhtimisõigus, prioriteet ja töökindlus

2.4 Andurid, seadmed ja asukohavalik

Seadmevalik algab mõõdetavast suurusest ja kasutusotsusest, mitte tootest. Iga asukoha kohta määratakse signaaligrupid, oote- ja ületusala, varjestused, valgustus, keerulised keskkonnatingimused, olemasolevad andurid, toide, side, hooldusjuurdepääs ning andmekaitsetingimused. Katse peab katma tegelikud liiklejagrupid ja liikumisteed; pelk ristmiku koguloendus ei tõenda suunapõhist juhtimissisendit. Seadmerühmade vajadused on esitatud tabelis 4.

Tabel 4. Seadmerühmade funktsionaalsed ja mittefunktsionaalsed vajadused

Seadmerühm	Funktsionaalne vajadus	Mittefunktsionaalne vajadus ja viited
Jalakäija- ja jalgratturituvastus	Kohalolu oote- ja ületusalal, nõudlus ning liiklejagrupi eristus seal, kus jalakäijat, jalgratturit ja kergliikurit teenindavad eri signaaligrupid.	Täpsus, töökindlus keerulistes keskkonnatingimustes, kaitstud ühendus ja rikkeohutu teenindus (FN-L6, L9, L10; MN-A, MN-K).
Sõidukituvastus ja loenduspunktid	Suunapõhine loend, järjekord, hõivatus ja pöördeliikumine.	Kalibreeritavus, ajatempel, kohalik puhver, andmemudel ja hooldus (FN-L5, L9–L11; FN-U3).
Ühistranspordi prioriteediseadmed	Kutsungi edastus ja sõiduki sidumine suunaga.	Reaktsiooniaeg, olemasoleva ahela ühilduvus ning dubleeriva kutsungi vältimine (FN-L7; MN-J2).
Kontroller või püsivara täiendus	Oleku lugemine, käsk, kinnitus ja kohalik ohutusloogika.	Põlvkondade ühilduvus, dokumenteeritud liides, varurežiim ja õigused (FN-M1, M2, M5, M8; FN-D11).
Ajaallikas ja sideseadmed	Ühtne aeg ning andme- ja juhtimisvoog.	Kellahälve, dubleerimine, seire, turbealad ja taastatavus (MN-A1–A3; MN-T2; MN-K1).
Platvormi arvutus- ja salvestusressurss	Andmete vastuvõtt, otsustus, ajalugu ja operaatorivaade.	Koormusvaru, käideldavus, eraldatud varundus ja taastamine (MN-J5; MN-S1; MN-T1–T3).
Liiklejale mõeldud kuvaseade	Kinnitatud aja või neutraalse oleku kuvamine.	Ohutu käitumine vea korral, välitingimused ja projektikohane paigaldus (FN-D17; FN-L10).

Radar-, video-, termo-, lidar- ja teekattesse paigaldatavaid andureid võrreldakse mõõdetava suuruse, klassitäpsuse, varjestuste, ilma, paigalduse, hoolduse, andmekaitse ja elukaarekulu järgi. Üht tehnoloogiat ei eeldata kõigis asukohtades sobivaks. See võrdlusraam ei asenda hanke nõutud allikatega tehnoloogiaülevaadet ega asukohapõhist uuringut: valitud lahenduste ja koguste põhjendus peab olema eeluuringu tervikkomplektis, mitte jääma üksnes II etapi pakkuja ülesandeks; tuvastustehnoloogiate ülevaade ja testala ristmike taristu on esitatud lõpparuandes.

Olemasolev loendusvõrk ja nõudluse tuvastus. Tootja andmelehe järgi on ADEC TDC3-5 loendusandurid radari, ultraheli ja infrapuna põhised. Nende andmed liiguvad loenduspunkti puhverarvutisse ja sealt reaalajas seireplatvormile, kus need koondatakse 15-minutilisteks; tootja andmelehe järgi annab andur andmed RS 485 liidese kaudu. Juhtimise sisendiks avatakse voog loendusplatvormi masinloetava reaalajaliidese kaudu või loenduspunktist eraldi vooga; valitud viis kinnitatakse enne hanke väljakuulutamist. Haabersti ringil (Rocca al Mare) ja Reidi teel kasutab kontroller loendusandureid ka tuvastuseks. Foorikontrollerite nõudluse tuvastus tugineb täna peamiselt induktiivsilmustele ja jalakäijate nuppudele. Video-, termo- ja radarandureid kasutatakse nõudluse tuvastuses üksikutes kohtades (Haabersti ringil ja Reidi teel loendusandurid, Reidi tee katses termoandurid, üksikutel ristmikel kaamerapõhised katsed). Testalade ristmikel on eeluuringu analüüsi järgi (ristmike tehnilised joonised ja hooldusparteneri teave) videoandurid neljal ristmikul (Traficam videoandurid vasakpöördel kahel ja sõidukite

tuvastusel ühel ristmikul ning videoandur bussi eelisläbipääsuks ühel ristmikul) ja FLIR TrafiOne jalakäijate termokaamerad ühel ristmikul. Kuuel testala ristmikul töötab kontroller fikseeritud fooriprogrammidega; töörežiim, olemasolevate andurite seisukord ja kasutus juhtimises ning Haabersti ringi ja Reidi tee loendusandurite signaali tee kontrollerisse kontrollitakse kohavaatlusel enne hanke väljakuulutamist. Andurite tüübipõhist sobivust hinnatakse seetõttu asukohapõhiselt pakkuja tehnoloogiavaliku käigus.

Liiklejagruppide eristus. Jalakäija ja jalgratturi eristamist pakuvad kaamerapõhised tehisaruga lahendused; saavutatav täpsus tõendatakse testala kontroll-loendusega (hälve jalgratturitel ja jalakäijatel kuni 10% ning etalonläbimistest tuvastatakse vähemalt 95%, mõõdetuna ka pimedas ning lume või lörtsi ajal). Kergliikuri eristamine jalgratturist nõuab täpsemat tuvastust, mille sobivus tõendatakse testala kontroll-loendusega ja kulu selgub pakkumustest. Eristamise tase ja kergliikuri mõõdetavad väljad kinnitatakse enne hanke väljakuulutamist ning tehnoloogia sobivust hinnatakse asukohauuringus täpsuse ja elukaarekulu kaudu.

Kaamerapõhine tuvastus. Ristmikukaamerate videoanalüütika on üks võimalik kinnisõidu ja järjekorra tuvastuse allikas. Linnas on kaamerapõhist loendust katsetatud üksikutel ristmikel. Sobivus kinnisõidu tuvastuseks tõendatakse testalal kinnisõidu ennetuse nõude kontrolli alusel: kolme nädala kaamerapildi võrdluses tuvastatakse vähemalt 90% blokeerumisohu sündmustest ja ekslikke sekkumisi on kuni 10%. Pimedus, esitulede ja päikese peegeldus ning lumi, jää ja mustus objektiivil vähendavad videotuvastuse täpsust; leevendused on soojendusega objektiiv, päikesevari, kaamera suunamine horisondist allapoole ja kaugseire ning tuvastuse katkemisel teenindab kontroller suunda varuprogrammi järgi. Kaamerapildi töötlus vastab andmekaitse tingimustele.

Seadmete loetelu ja kogused. Testala ristmike olemasolevad seadmed, adaptiivse juhtimise lünk ja potentsiaalselt hangitav tuvastus on esitatud lõpparuande testala taristu tabelis ristmike kaupa. Lisanduva tuvastuse arvestuslik kogus on esitatud signaaligruppide kaupa: sõidukituvastus nõudlust kandvatel signaaligruppidel, kergliikluse tuvastus kõigil ülekäigu- ja rattaületuskohtadel ning väljasõidu ja järjekorra tuvastus kinnisõiduohuga suundades. Kohavaatlusel selgub olemasolevate andurite seisukord ja kasutus juhtimises ning mõõtmist vajavad suunad, mille põhjal määratakse hinnavormi arvestuslik kogus; tehnoloogia ja täpse paigalduskoha valib pakkuja. Testalade seadmete loetelu on eeluuringu analüüs ristmike tehniliste jooniste ja hooldupartneri 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.

Loendustulemuste ülelinnaline kasutus ja liikumisviiside jaotus. Loendus annab vaadeldud loenduskohtade läbimiste jaotuse, mis esitatakse mõõdetud ja taastatud kirjete eristusega. Linna liikumisviiside jaotuse arvutamiseks määratakse enne arvutust ühine mõõtühik (läbimine või inimene), valimi esinduslikkus piirkonna, tänavatüübi ja ajavahemiku kaupa, korduvloenduste käsitlus ja kaalud; vajaduse korral kalibreeritakse tulemus linna liikuvusuuringute andmetega. Punktide lisandumisel laieneb arvutus seadistusena uutele punktidele. Loendusandmed teenivad nii juhtimist (nõudlus ristmikul) kui ka statistikat (liikumisviiside osakaalu muutus), mille jaoks säilitatakse ajalugu kvaliteedimärgisega.

Loenduspunktide asukohavaliku metoodika. Loenduspunktide asukohad valitakse järgmise tabeli kriteeriumide alusel. Pakkuja koostab nende põhjal asukohtade järjestuse ja tellija kinnitab selle enne punktide paigaldamist. Kriteeriumid kehtivad nii testalal kui ka loendusvõrgu linnaülesel laiendamisel. Juhtimisvajadus, kohalik sobivus ja andmekaitse on läbivad tingimused; neile vastavad asukohad järjestatakse ülejäänud kriteeriumide alusel. Kriteeriumid on eeluuringu ettepanek; kaalud määrab tellija enne järjestamist.

Tabel 5. Loenduspunktide asukohavaliku kriteeriumid

Kriteerium	Mida hinnatakse
Juhtimisvajadus	Ristmikud ja ülekäigukohad, kus dünaamiline juhtimine vajab nõudlussisendit, mida täna ei mõõdeta; esimeses järjekorras ristmikud, mis jäävad laiendamisel nõudlussisendita.
Mõõdetav suurus	Sõidukid, jalakäijad, jalgratturid ja kergliikurid; suunapõhine loend; juhtimissisend (ooteala, ületusala) ja statistika eristatakse.
Kohalik sobivus	Signaaligrupid, oote- ja ületusala, varjestused, valgustus ja keerulised keskkonnatingimused.
Olemasolev taristu	Olemasolevad paigalduskohad, elektritoide, side ja hooldusjuurdepääs.
Andmekaitse	Kaamerapõhise tuvastuse korral andmekaitse tingimused.
Katvus	Geograafiline jaotus, sealhulgas täna mõõtmata piirkonnad (näiteks Lasnamäe ja Lõuna-Tallinn) ning erineva liikumisviiside osakaaluga piirkonnad.
Koridori seos	Punkti paiknemine koridoril, mis on laienduse kandidaat.
Võrreldavus ajas	Pikaajaline püsipunkt ja seadme elukaare ajaloo säilitamine.
Kulu ja hooldus	Elukaarekulu, hooldatavus ning side katkemise ajaks ette nähtud kohalik puhverdamine.

2.5 Andmekogumine ja avalik väljund

Andmeallikate eelistus on linna mõõtevõrk, sobivad avalikud või asutustevahelised allikad ning vajaduse korral eraandmed. Ilma, teeolude, teetööde, ürituste, ühistranspordi ja parkimise andmeid hinnatakse värskuse, katvuse, hinna, kasutus- ja edasijagamisõiguse järgi. Linna omand ega allika avalik veebivaade ei tähenda automaatselt piiranguteta taaskasutust. Eraallika katkestus ei tohi peatada ohutut põhijuhtimist.

Andmekoostöö põhimõtted. Avaandmeid kasutatakse nende litsentsi tingimustel. Linna mõõtevõrgu andmed avaldatakse avaandmetena isikustatavate tunnuste minimeerimise nõude tingimustel. Eraallika, näiteks navigatsiooni- ja liikuvusteenuste anonüümitud sõiduandmete kasutamiseks sõlmitakse kirjalik leping, mis määrab andmete liigi, uuendussageduse, kasutus- ja edasijagamisõiguse, hinna, anonüümsuse ning katkestuse korra. Vastastikuse andmejagamise tingimused kinnitab tellija lepingus.

Avaandmeliides toetab päringuid ja sündmuspõhist edastust. Liikuvus- ja navigatsiooniteenused (näiteks marsruuti arvutavad rakendused ja liikuvusteenuste platvormid) vajavad värsket olekut; planeerijad ja modelleerijad vajavad ajalugu, kus iga kirje kannab kvaliteedimärgist (mõõdetud, taastatud või puuduv väärtus); liiklejale suunatud rakendused vajavad prognoosi koos kindluse ja kehtivusajaga. Andmemudel, versioonipoliitika ja kasutustingimused on dokumenteeritud. Avalik väljund järgib FN-A9 privaatsustingimusi.

2.6 Kasutusjuhud

Peatükis 2.1 tabelis (Tabel 2) kirjeldatud vajadused on piloodis koondatud viieks kasutusjuhuks. Kasutusjuht kirjeldab juhtimisolukorda, mille lahendamist piloodis testalal tõendatakse: mida lahendus selles olukorras teeb, milline tulemus näitab selle toimimist ja millised nõuded seda kannavad. Kasutusjuhud on tuletatud eeluuringus kaardistatud kitsaskohtadest ning nende alusel on sõnastatud peatüki „Funktsionaalsed nõuded“ juhtimis- ja operaatorinõuded. Alloleva Tabel 6 esitab kasutusjuhud koos seotud nõuetega.

Tabel 6. Piloodi kasutusjuhud, nende tulemus ja seotud nõuded

Tähis	Kasutusjuht	Mida lahendus teeb	Tulemust näitab	Seotud nõuded
KJ1	Nõudluspõhine tsüklipikkus	Jaotab rohelise aja ja valib tsüklipikkuse mõõdetud nõudluse järgi, mitte kalendripõhise programmi järgi	Viivituse ja järjekordade muutus võrreldes baastasemega	FN-D1
KJ2	Ühistranspordi ja operatiivsõidukite prioriteet	Annab eelisläbipääsu linna kinnitatud prioriteedihierarhia järgi ja taastab seejärel koordineerimise	Ühistranspordi läbimisaeg ja viivitus ristmikul, mõju teistele suundadele	FN-D2
KJ3	Koordineeritud koridorid	Hoiab koridori ristmike nihked liiklusolukorra järgi kooskõlas, ka režiimivahetusel	Koridori läbimisaeg ja peatumiste arv	FN-D4, FN-D14
KJ4	Kinnisõidu ennetamine	Tuvastab väljasõidu täitumise ja muudab juhtimist enne ristmiku blokeerumist	Kinnisõidu juhtumite arv ja kestus	FN-D5
KJ5	Operaatori teavitused ja sekkumised	Koondab testala oleku ja häired ühte vaatesse, teavitab vastutajat ja võimaldab käsitsi sekkuda	Häirete menetlusaeg ja sekkumiste jälgitavus	FN-O1–FN-O9

Mõisted

Dokumendis kasutatavad mõiste

3 Mõisted

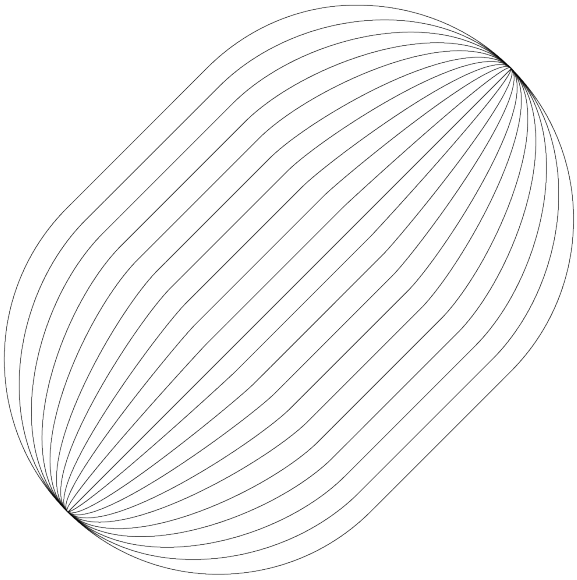
Mõisted on esitatud selles tähenduses, milles neid käesolevas dokumendis kasutatakse. Kui ristmiku projektdokumentatsioon või kehtiv standard annab mõistele teise tähenduse, lähtub pakkuja projektdokumentatsioonist ja teavitab Tellijat erinevusest pakkumuses. Mõisted on esitatud järgmises tabelis.

Tabel 7. Dokumendis kasutatavad mõisted

Mõiste	Tähendus
Adaptiivne foorijuhtimine	Liiklusele reageeriv juhtimisviis, mis kohandab foorisätteid (tsüklipikkus, rohelise kestus, nihe) reaalajas mõõdetud anduriandmete alusel.
Asendusprogramm	Fooriprogramm, mis teenindab kõiki liiklejagruppe kordamööda tuvastusest sõltumata. Käivitub anduri pikaajalise rikke või teenindamata jäänud nõudluse korral.
Asendusväärtus	Arvutuslik nõudlusväärtus, mida lahendus kasutab rikkega anduri kirje asemel, et mõjutatud signaaligrupp jääks teenindatuks.
Baasprogramm	Kalendri järgi vahetuv fooriprogramm, mille rohelise jaotus tugineb projekteerimise ajal mõõdetud nõudlusele.
Dünaamiline liiklusjuhtimine (DLJ)	Võrgutasandi raamistik, mis juhib liiklust reaalajas valitsevate ja prognoositavate tingimuste alusel mitme töövahendi kaudu: foorijuhtimine, muutteabega liiklusmärgid, ühissõidukite prioriteet ja sündmuste haldus.
E-ITS	Eesti infoturbestandard.
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.
Faas	Foorijuhtimise etapp, milles teenindatakse määratud signaaligruppe. Lubatud samaaegsused ja üleminekud määrab ristmiku projekt.
Fooritsükkel	Tsüklilise juhtimise korduv juhtimisjärjestus ja selle kestus. Kestus võib adaptiivses juhtimises muutuda.
Juhtimisala	Ristmike kogum, mida lahendus juhib ühe koordineeritud üksusena.
Kaitseaeg	Aeg ühe signaaligrupi rohelise lõpu ja konfliktse signaaligrupi rohelise alguse vahel. Lubab ristmikule sisenenud liiklejal konfliktiala tühjendada enne ristuva suuna sissesõitu.
Kaitseaegade maatriks	Ristmiku projektis fikseeritud tabel, mis annab kaitseaja iga lõpetava ja alustava liikumissuuna paari kohta.
Kasutamata roheline aeg	Rohelise aja osa, mis kulub ajal, mil signaaligrupi tuvastusala on tühi.
Keerulised keskkonnatingimused	Ilmastiku- ja keskkonnaolud, mille korral anduri tuvastus võib kaduda, näiteks tihe lumesadu, anduri jäätumine ja udu. Tuvastuse kadumisel rakendub kinnitatud varurežiim.
Konfliktsete signaaligruppide lukustus	Foorikontrolleri ohutusloogika, mis välistab konfliktsete signaaligruppide samaaegse rohelise sõltumata sellest, millise käsu kontroller saab.

Mõiste	Tähendus
Kvaliteedimärgis	Kirje juurde kuuluv märge, mis näitab, kas väärtus on mõõdetud, taastatud (arvutatud, interpoleeritud või asendatud) või puuduv.
Küllastusaste	Mõõdetud nõudluse ja teenindusvõime suhe signaaligrupi või faasi kohta.
Liiklejagrupp	Liiklejate kogum, keda ristmikul teenindatakse ühe signaaligrupi kaudu: sõidukisuund, ühistranspordi sõiduk, jalakäija, jalgrattur.
Miinimumroheline	Signaaligrupi rohelise lühim lubatud kestus.
Navigatsiooni- ja liikuvusteenused	Kolmandate osapoolte rakendused ja teenused, näiteks marsruuti arvutavad navigatsioonirakendused ja liikuvusteenuste platvormid, mis kasutavad avaandmeid. Samade teenuste anonüümitud sõiduandmed võivad olla ka andmeallikas.
Navigatsiooni- ja liikuvusteenuste anonüümitud sõiduandmed	Navigatsiooni- ja liikuvusteenuse kasutajate seadmetest kogutud, isikustamata ja koondatud asukoha- ja kiirusandmed, millest tuletatakse sõiduaegu, pöördeliikumisi ja läbimisaegu.
Nihe	Koordineeritud ristmike rohelise alguste ajaline vahe, mis paigutab läbiva voo rohelisse. Näiteks kui sõiduaeg ristmike vahel pikeneb, nihkub järgmise ristmiku rohelise algus hilisemaks.
NTCIP	NEMA hallatav SNMP-põhine liiklusjuhtimise sidestandardite kogum.
NTP	Kellaaja sünkroniseerimise protokoll (Network Time Protocol).
OCIT	Avatud sidestandardite perekond liiklusjuhtimises: keskus ja kontroller (OCIT-O), keskus ja keskus (OCIT-C) ning fooriprogrammide versioonimise liides (OCIT-VD).
Ooteaeg	Selles dokumendis aeg liiklejagrupi nõudluse registreerimisest rohelise alguseni; ei võrdu iga liikleja koguviivitusega.
Piiriristmik	Juhtimisala serva ristmik, mis piirneb juhtimisalast väljapoole jääva ristmikuga.
Prioriteedikutsung	Ühistranspordi või operatiivsõiduki lähenemise teade, mille alusel lahendus teeb eelisläbipääsu otsuse.
Ristmike koordineerimine	Järjestikuste ristmike juhtimise sidumine nii, et läbiv liiklusvoog läbib need võimalikult väheste peatumistega.
Ristmiku kinnisõit	Olukord, kus ristmikule sisenenud sõidukid jäävad rohelise lõppedes ristmikule ja takistavad ristuvate suundade liikumist.
RSMP	Avatud sidestandard liikluskorraldusseadmete ja keskhalduse vaheliseks suhtluseks.
Signaaligrupp	Foorilaternate rühm, mis näitab ühele liikumissuunale või liiklejagrupile sama signaali ja mida foorikontroller juhib ühe üksusena.
STCIP	SWARCO foorikontrolleri ja keskhalduse suhtluse protokoll, mis on Tallinna foorivõrgus täna kasutusel ja variandi A praegune side OMNIA-ga.
Taandumine	Juhtimisloogika üleminek ohutusse lõppseisundisse andmevoo katkestuse või sisendite kvaliteedi languse korral.
Teenindusintervall	Aeg sama liiklejagrupi kahe järjestikuse rohelise alguse vahel.

Mõiste	Tähendus
Tsükliline juhtimine	Adaptiivne juhtimine, mis arvutab tsüklipikkuse, rohelise jaotuse ja nihked ning hoiab koordineeritud ristmikel ühist tsüklialust.
Tsüklivaba juhtimine	Adaptiivne juhtimine, mis otsustab järgmise faasi ja selle kestuse jooksvalt libiseva ajaakna alusel. Tsüklipikkuse rolli täidab teenindusintervall.
Tühjenemisaeg	Aeg, mis lubab ületust alustanud jalakäijal või jalgratturil selle lõpetada pärast rohelise lõppu.
Varuprogramm	Fikseeritud fooriprogramm, millele ristmik läheb üle adaptiivse juhtimise katkedes.
Vilkuv roheline	Roheline vilkuv signaal, mille tähendus ja lubatud kasutus tulenevad liiklusreeglitest. Kestust ei eeldata universaalselt 2 või 4 sekundiks; lähtutakse kinnitatud projektist.
VSL / VMS	Muutuva kiiruspiirangu märk (VSL) ja muutteabega liiklusmärk (VMS).
WCAG	Veebisisu ligipääsetavuse suunised (Web Content Accessibility Guidelines).
Ületusaeg	Aeg, mille jooksul jalakäija või jalgrattur läbib ületuskoha. Arvutuse aluseks on liiklejagrupi arvestuslik kiirus.



Funktsionaalsed nõuded

Mida lahendus peab suutma

4 Funktsionaalsed nõuded

4.1 Fooride masinloetavus ja juhtimiskäsud

4.1.1.1 FN-M1. Signaaligruppide oleku masinloetav lugemine [K]

Nõue. Lahendus loeb testala kõigi fooriristmike signaaligruppide olekut masinloetava liidese kaudu reaalajas. Olekukirje sisaldab signaaligrupi tunnust, olekut (roheline, vilkuv roheline, kollane, punane, punane-kollane, vilkuv kollane, väljalülitatud), aktiivse fooriprogrammi ja juhtimisrežiimi tunnust, tsükli hetkepositsiooni ning sündmuse ajatemplit, mille allika kell on sünkroonitud NTP või samaväärse lahendusega. Nõue kehtib kontrolleri põlvkonnast ja sideliidesest sõltumata ning on täidetav mõlemal juhtimisalal.

Kontroll. Tellija võrdleb testis lahenduse olekuvoogu kontrolleri tegeliku tööga ristmikul. Voost loetud olek vastab ristmikul vaadeldud olekule kõigis kontrollpunktides ja kaetuse sihttase on 100% testala signaaligruppidest, sest ristmikuülene koordineerimine tugineb tervikpildile, sealhulgas jalakäija- ja ühistranspordigruppidele. Olekuandmete värskuse nõude esitab FN-M4.

Valik. Pakkuja valib, kas lahendus loeb oleku keskhaldusplatvormi liidese, kontrolleri otseliidese või protokolliadapteri kaudu, ning valib andmevoo tehnoloogia. Valik peab vastama hankes lubatud A/B käsuteele ja eelnevalt kinnitatud seadmete ning funktsioonide maatriksile.

4.1.1.2 FN-M2. Liideste avatus ja spetsifikatsiooni üleandmine [H]

Nõue. Pakkuja annab tellijale üle kõigi lahenduse liideste spetsifikatsiooni (andmeobjektid, väljad, ühikud, veakoodid, autentimine, versioonipoliitika) koos tähtajatu õigusega kasutada seda järgmiste hangete lähteandmetena ja anda see üle kolmandale isikule. Pakkuja rajab lahenduse ja foorijuhtimise vahelise liidestuse avalikul spetsifikatsioonil põhinevatele profiilidele (nt OCIT, NTCIP või RSMP) selles ulatuses, milles vastav funktsioon on avalikus spetsifikatsioonis kaetud, ja kirjeldab ülejäänud osa oma dokumenteeritud liidesena. Iga profiili puhul tõendab pakkuja spetsifikatsiooni kättesaadavuse, kasutusõigused ning konkreetse seadme ja püsivara toetatud funktsioonid.

Miinimumprofiil. Kontrolleri ja keskse lahenduse vaheline liides põhineb spetsifikatsioonil, mis on avalikult kättesaadav või antakse tellijale koos õigusega anda see edasi kolmandale isikule. Pakkuja nimetab protokolli ja selle versiooni ning esitab seadme ja püsivara kaupa funktsioonimaatriksi: signaaligruppide olek, juhtimisrežiim, kehtiv programm, häired, andurite olek, aeg ning lubatud juhtimiskäsud koos kinnituse ja tagasilükkamise põhjusega. Sobivad avalikud profiilid on näiteks RSMP, OCIT-O ja NTCIP 1202 koos ühistranspordi prioriteedi osaga NTCIP 1211 või nendega samaväärne. Profiilid erinevad kättesaadavuse poolest: RSMP spetsifikatsioon on avalik ja litsentsitasudeta, OCIT-O kasutamiseks kehtivad OCIT arendajate ühenduse (ODG) kasutusõiguse tingimused ja tasud, linna kasutusõiguse vajadus vajab kinnitust; NTCIP standardeid saab tellida standardiorganisatsioonilt. Avaliku spetsifikatsiooni nimetamine ei tõenda selle toetust paigaldatud seadmes; toetus tõendatakse katsega.

STCIP on testala kontrollerite olemasolev SWARCO protokoll ja variandi A praegune side OMNIA-ga; uute liideste puhul eelistatakse avatud profiili (näiteks RSMP või OCIT-O) ning STCIP on lubatud üleminekuprofiilina koos protokolliadapteriga. Tootja oma protokolli võib kasutada, kui selle spetsifikatsioon ja kasutusõigus antakse tellijale samadel tingimustel; pakkuja võib kasutada samaväärset avalikku standardit, kui ta seda põhjendab. STCIP kasutab tootja spetsifikatsiooni järgi krüpteerimata SNMP v2c ühendust, mistõttu selle korral rakenduvad küberturbe nõuetes kirjeldatud kompenseerivad meetmed. Eri protokolliga seadmed ühendatakse protokolliadapteri kaudu, mis teisendab seadme andmed ja käsud lahenduse dokumenteeritud andmemudelisse. Adapter on eraldi asendatav komponent; kontrolleri

ohutusloogika jääb adapterist ja kesksest lahendusest sõltumatuks ning igal kontrolleril on korraga üks aktiivne keskne käsuandja.

Kontroll. Tellija hindab ülevaatusega spetsifikatsiooni kaetust: iga tootmises kasutatava liidese iga andmeobjekt on dokumenteeritud ja dokumentatsiooni alusel koostatud testklient loeb andmeid pakkuja abita. Hinnatav mõõdik on avalikul spetsifikatsioonil põhinevate liidesefunktsioonide osakaal kõigist liidesefunktsioonidest; suund: mida suurem osakaal, seda parem. Miinimumtase on dokumenteeritud liides koos üleantud kasutusõigusega.

Valik. Pakkuja valib protokolliprofiili ning selle, milline osa liidestusest tugineb avalikule spetsifikatsioonile ja milline pakkuja enda liidesele.

4.1.1.3 FN-M3. Olekuvoo katkestuse tuvastamine ja klassifitseerimine [K]

Nõue. Lahendus tuvastab kontrolleri olekuvoo katkestuse automaatselt ja klassifitseerib selle võrgukihi katkestuseks (sideühendus on kadunud) või rakenduskihi veaks (sideühendus töötab ja kehtivate olekusõnumite laekumine on peatunud). Lahendus seob klassifikatsiooniga vastutava osapoole ning märgib mõjutatud ristmikud olekuvoo pimealaks, mille kirjed kannavad FN-M7 kvaliteedimärgist (vt FN-M7).

Kontroll. Tellija tekitab eraldi võrgukihi katkestuse (sideühenduse eemaldamine) ja rakenduskihi vea (sõnumivoo peatamine töötava sideühenduse juures). Lahendus tuvastab mõlemad kuni 30 sekundiga ja klassifitseerib kõik testjuhud õigesti.

Valik. Pakkuja valib tuvastusmehhanismi (rakenduskihi elumärk, sõnumiintervalli jälgimine, järjekorra sügavus) ja klassifitseerimise loogika.

4.1.1.4 FN-M4. Olekuandmete värskus otsustushetkel [K]

Nõue. Lahendus uuendab olekukirjeid vähemalt kord sekundis. Otsustushetkel on kirje vanus kuni 3 sekundit 95% ja kuni 5 sekundit 99% mõõtmistest. Aeg olekumuutusest selle põhjal tehtud käsu kontrolleripoolse vastuvõtu või tagasilükkamise kinnituseni on kuni 10 sekundit. Käsu kinnitus ja tegelik rakendumine logitakse eraldi; fooritule muutumine järgib alati kaitseaegu ja lubatud faasiüleminekuid (FN-D11). 10-sekundiline piir kehtib automaatsele ahelale. Poolautomaatses ja käsirežiimis mõõdetakse inimese otsustamise aega eraldi; selle aja vältel aegunud sisend või ettepanek valideeritakse uuesti enne käsu saatmist.

Kontroll. Tellija mõõdab allika, otsustusmootori ja kontrolleri logidest kirje vanuse, värskendussageduse, käsu kinnitamise ning tegeliku rakendumise aja. Kõik nimetatud piirid peavad kehtima sama katsekoormuse juures. Ahela 10-sekundilist piiri mõõdetakse eraldi; komponentide protsentiilide liitmine ei tõenda kogu ahela vastavust. Ohutustingimuse tõttu edasi lükatud rakendumine on eristatav side- või töötlusviivitusest.

Valik. Pakkuja valib andmevoo mustri (sündmuspõhine edastus, pollimine või nende kombinatsioon) ja vahepuhverdamise lahenduse.

4.1.1.5 FN-M5. Juhtimiskäskude masinloetav edastus ja logi [K]

Nõue. Lahendus edastab foorikontrollerile masinloetava juhtimiskäsu (rohelise aja pikendamine ja lühendamine, tsükliaja muutmine, fooriprogrammi vahetamine, koordineerimise sisse- ja väljalülitamine, prioriteedi andmine) ning registreerib iga käsu kohta käsu tunnuse, tüübi, sihtkontrolleri, algataja (operaator või automaatikareegel koos reegli tunnusega), ajatempli ühtsest ajaallikast ja kontrolleri vastuse (vastu võetud, rakendatud, tagasi lükatud koos põhjusega). Kontrolleri ohutusloogika (miinimumrohelised,

kaitseajad, konfliktimaatriks) jääb ülimuslikuks ja lahendus registreerib selle alusel tagasi lükatud käsu koos kontrolleri antud põhjusega. Logikirje koosseisu, ajatempli allika ja säilitusaja kannab auditeeritava logi nõue (vt FN-A6); käesolev nõue kannab käsuliidest ja kontrolleri vastuse käsitlust.

Kontroll. Tellija katsetab igat kohaldatavat käsutüüpi; täielik logikirje sisaldab vastust ja kontrolleri kinnitus saabub kuni 5 sekundiga. Käsuvärava eelkontroll ja kontrolleri sõltumatu ohutusloogika katsetatakse eraldi testkeskkonnas või kinnitatud katserežiimis: esimeses katses peatab ohtliku käsu käsuvärav, teises antakse kontrolleri katseliidesele ohutuspiirangut rikkuv sisend ning kontrollitakse tagasilükkamist ja põhjust. Eelkontrollis peatatud käsku ei loeta kontrolleri tagasilükkamise tõendiks (FN-D11).

Valik. Pakkuja valib käsuliidese, käsujärjekorra halduse ja logi säilitusarhitektuuri.

4.1.1.6 FN-M6. Fooriprogrammide versioonihaldus ja logitud edastus [H]

Nõue. Lahendus peab fooriprogrammide versiooniregistrit, mis seob iga programmiversiooni tunnuse, koostaja, kinnitaja, kuupäeva ja sihtkontrolleriga, näitab iga kontrolleri kohta hetkel aktiivset versiooni ning võrdleb seda kinnitatud versiooniga. Lahendus edastab kinnitatud programmiversiooni kontrollerisse masinloetavalt ja logib edastuse tulemuse.

Kontroll. Tellija jälgib demonstratsioonil programmi teekonda kinnitamisest kontrolleris aktiveerumiseni. Hinnatav mõõdik on inimese tehtavate sammude arv selles ahelas; suund: mida vähem samme, seda parem. Miinimumtase: register näitab iga testala kontrolleri aktiivset versiooni ja lahendus tuvastab kinnitatud ning kontrolleris aktiivse versiooni erinevuse kuni 24 tunniga (lähteettepanek, mis tugineb ööpäevasele hooldustsüklile; tellija kinnitab).

Valik. Pakkuja valib, kas edastus toimub avalikul spetsifikatsioonil põhineva liidese kaudu või projekteerimiskeskkonna ja kontrolleri vahelise muu masinloetava kanali kaudu.

4.1.1.7 FN-M7. Andmekirje kvaliteedimärgis kogu andmeahelas [K]

Nõue. Lahendus varustab iga olekukirje ja iga loenduskirje ajatempliga ühtsest ajaallikast (NTP), allika tunnusega ja kvaliteedimärgisega, mis eristab mõõdetud, taastatud (arvutatud, interpoleeritud või asendatud) ja puuduva väärtuse. Märgis säilib salvestamisel, koondamisel ja väljastamisel ning iga koondkirje, sealhulgas 15-minutiline koond, kannab mõõdetud kirjete osakaalu koondamisperioodis. Otsustusloogika kasutab mõõdetud märgisega kirjeid ja käsitleb ülejäänud märgiseid nõude FN-M9 esitatud reeglite alusel.

Kontroll. Tellija tekitab testis andmeahelasse teadaoleva pikkuse ja asukohaga lüngad. Kõik kirjed kannavad märgist, märgis vastab tekitatud lünkadele kõigis kontrollpunktides ja koondkirje mõõdetud osakaal vastab arvutuslikule väärtusele. Sihttase on 100% kirjetest, sest märgiseta kirje muudab kogu koondi tõlgendamise ebakindlaks.

Valik. Pakkuja valib märgise andmemudeli, väärtuste hulga detailsuse ja koha, kus lahendus märgise omistab.

4.1.1.8 FN-M8. Kontrolleripõlvkondade liidestuskava [L]

Nõue. Pakkuja esitab liidestuskava kontrolleripõlvkondade kaupa, mis katab kõik testalal esinevad põlvkonnad ja sideliidesed ning kirjeldab iga põlvkonna kohta liidestusviisi, saavutatava olekuvoo kaetuse ja värskuse, vajalikud seadme- või tarkvaramuudatused, nende maksumuse suurusjärgu ja teostusaja. Pakkuja lisab kavale mõjuhinnangu olemasolevale vaskkaablipõhisele juurdepääsuvõrgule ja mobiilsideühendustele ning laienemisjärjekorra linnaülesel juurutamisel.

Kontroll. Tellija hindab kava ülevaatusega: iga testalal esinev kontrolleripõlvkond ja iga sideliides on kavas kaetud, iga rea juures on liidestusviis, maksumuse suurusjärk ja teostusaeg ning kava katab mõlema juhtimisala kontrolleripõlvkonnad ja on rakendatav kogu foorivõrgu ulatuses.

Valik. Pakkuja valib, kas ta tugevdab olemasolevat adapterilahendust, lisab vahekihi või seab esikohale seadmete väljavahetamise, ja põhjendab valiku maksumuse ning riski kaudu.

Masinloetavuse lähteolukord kontrolleripõlvkondade kaupa. Foorivõrgus on 299 SWARCO foorikontrollerit ja 414 fooriristmikku (seis 06.10.2025). Hoolduslepingu sõlmimise ajal oli keskhalduses 293 kontrollerit, mis jagunesid koos mini-versioonidega järgmiselt: EC1 60, ITC2 44, ITC2b 66, ITC2.5 70 ja ITC3 53. Testalade 10 kontrollerist on eeluuringu analüüsi järgi (ristmike tehnilised joonised ja hoolduspartneri teave) seitse ITC3 ja kolm ITC2 Linux. Võrgu ajakohane jaotus ja püsivara versioonid vajavad kinnitust. Järgmine tabel esitab eeluuringu põhjal täieliku masinloetavuse saavutamise sammud põlvkondade kaupa. Pakkuja liidestuskava täpsustab need seadme ja püsivara kaupa ning lisab maksumuse suurusjärgu ja teostusaja. Tootja juhenditel põhinevad väited kinnitatakse sõltumatu katsega.

Keskhaldusplatvormi tööd. Kui olekuandmed või juhtimiskäsud liiguvad OMNIA kaudu, on kõigi fooride reaalajaoleku lugemiseks vaja OMNIA tasulist välisliidest (API) koos lugemis- ja vajaduse korral kirjutamisõigustega; välisliidese funktsioonid, lubatud käsud, õigused, jõudlus ja hind vajavad tarnija kirjalikku kinnitust ja tõendustesti. Lisaks tuleb tagada olekuvoo sekundiline värskus, tõsta serveri ja STCIP adapteri töökindlust, pikendada olekuandmete säilitust või väljastada need välisesse andmekihti ning lisada muudatuste logi ja fooriprogrammide versioonihalduse liides. Iga kontrolleri liidestamine keskhaldusega eeldab tootja litsentsi. Kontrolleri otsejuhtimise variandis jäävad neist vajalikuks need tööd, mida OMNIA seire ja halduse jätkamine eeldab. Tööde maht, maksumus ja tingimused vajavad enne hanke väljakuulutamist tootja kinnitust ja sõltumatut kontrolli. Liidese tõendustestis kontrollitakse, et olekukirje uueneb vähemalt kord sekundis ja on otsustushetkel kuni 3 sekundit vana 95% mõõtmistest ning juhtimiskäsk saab kontrollerilt kinnituse või tagasilükkamise põhjuse kuni 5 sekundiga; lubatud käskude loetelu, hinna ja litsentsitingimused esitab tootja kirjalikult.

Tabel 8. Täieliku masinloetavuse saavutamise sammud kontrolleripõlvkondade kaupa

Põlvkond (kontrollereid 2023. aasta seisuga)	Praegune ühendus keskhaldusega	Sammud täieliku masinloetavuse suunas ja kinnitamist vajav
EC1 (60)	STCIP adapteri kaudu; EC1 täidab alamvõrgus emakontrolleri rolli.	Lugemine jätkub keskhalduse ja adapteri kaudu koos adapteri töökindluse tõstmisega (serveri ressurss, seire, automaatne taaskäivitus) või kontroller asendatakse avatud protokolli toetavaga. Liidestuskava esitab avatud protokolli toe, ajasünkroonimise piirangu, asenduse maksumuse ja mõju alamkontrolleritele.
ITC2 ja ITC2 mini (44)	Püsivaraga alates versioonist 6.94 otse (tootja juhendi järgi), vanema püsivaraga adapteri kaudu.	Esmalt püsivara inventuur. Tootja juhendi järgi toetab püsivara alates versioonist 6.94 STCIP-i ja RSMP-d otse; vanema püsivara korral adapter, püsivara uuendus või asendus. Iga seadme püsivara versioon ja toetatud funktsioonid kantakse sobivusmaatriksisse enne hanke väljakuulutamist ning tugi kontrollitakse katsega enne juhtimisfunktsioonide käivitamist.

Põlvkond (kontrollereid 2023. aasta seisuga)	Praegune ühendus keskhaldusega	Sammud täieliku masinloetavuse suunas ja kinnitamist vajav
ITC2 Linux (testalal kolm kontrollerit)	Tõenäoliselt Linux-põhise protsessorkaardiga ITC2, mille veebiliideses STCIP seadistatakse; seos tähisega vajab kinnitust.	Sammud nagu ITC2 puhul püsivara versiooni järgi. Püsivara versioon kinnitatakse.
ITC2b ja ITC2b mini (66)	STCIP adapteri kaudu.	Püsivara uuendatavuse kontroll; muul juhul asendus või adapter. Tootjalt küsitakse kirjalikult, kas ITC2b-le saab paigaldada versiooni 6.94 või uuema püsivara.
ITC2.5 ja ITC2.5 mini (70)	STCIP otse (SNMP-agent).	Lugemine STCIP kaudu keskhalduse või otseliidese kaudu. Avatud protokollide (näiteks RSMP, OCIT-O) tugi kantakse sobivusmaatriksisse ja kontrollitakse katsega.
ITC3 ja ITC3 mini (53)	STCIP otse.	B-variandis lisatakse avatud protokolli sideseadistus (tootja juhendi järgi valitakse protokollirežiim sideparameetrites); võimalik litsentsitingimus vajab tootja kinnitust. Tootja juhendi järgi toetab püsivara STCIP-i, RSMP-d ja UTMC-d; ITC3 andmeleht nimetab keskjuhtimissüsteemide hulgas NTCIP-i; OCIT-O toe kohta on tootja teisene viide. Tugi Tallinna püsivaras kantakse sobivusmaatriksisse ja kontrollitakse katsega enne juhtimisfunktsioonide käivitamist.
Kõik põlvkonnad	Olekuvoog sündmuspõhiselt STCIP kaudu, anduri info koondatult.	Ajasünkroonimise audit ja kontrolleri veakoodistiku ühtsuse kontroll.
Testala (10 kontrollerit)	7 ITC3 ja 3 ITC2 Linux eeluuringu analüüsi järg; püsivara versioonid selgitatakse.	ITC3 ridade ja ITC2 Linux rea sammud.

4.1.1.9 FN-M9. Sisendandmete kehtivusaken ja astmeline taandumine [K]

Nõue. Lahendus määrab igale sisendliigile (olekukirje, loenduskirje, ühistranspordi kutsung, jalakäija ja jalgratturi tuvastus) kehtivusakna ning taandub sisendi vananemisel või kvaliteedimärgise muutumisel astmeliselt: ristmikuülene optimeerimine annab teed lokaalsele anduripõhisele juhtimisele ja seejärel kalendripõhisele baasprogrammile. Lahendus kannab iga taandumise ja tagasituleku logisse koos põhjuse, ristmiku ja kestusega ning rakendab tagasitulekul hüstereesi.

Kontroll. Tellija katkestab sisendid ristmiku ja sisendliigi kaupa. Kehtivusakna ületanud kirjet ei kasutata värske mõõtmisena: fooriolekuid puhul kehtivad FN-M4 piirid. Kui nõutud andurisisenditest on mõõdetud kirjete osakaal alla 80%, käivitub taandumine. Muude sisendite vanusepiir määratakse nende funktsiooni järgi; kahe tegeliku tsükli pikkune piir on lubatud üksnes sisendile, mille puhul selle ohutus on tõendatud. Tagasitulek eeldab vähemalt ühe tegeliku tsükli katkematut mõõdetud sisendit. Logi tõendab põhjuse, valitud režiimi ja hüstereesi toimimise. Hankes määratakse sisendiliigi ja juhtimisfunktsiooni kaupa kehtivusaken ning mõõdetud kirjete osakaalu arvutuse ajavahemik ja nimetaja. Lokaalsele andurijuhtimisele taandumine eeldab toimivat kohalikku anduriahelat; puuduv ahel tuleb hankemahus ette näha või kasutada kinnitatud baasprogrammi.

Valik. Pakkuja valib taandumise astmete arvu, otsustusreeglite paiknemise (platvorm või kontroller) ja hüstereesi realiseerimise.

4.2 Loendus- ja seireandmed

4.2.1.1 FN-L1. Loendusandmete reaalajavoog otsustusloogika sisendina [K]

Nõue. Lahendus võtab loendusplatvormilt vastu reaalajavoo ja teeb selle otsustusloogika sisendiks, säilitades samal ajal 15-minutilise koondi analüütika ja aruandluse tarbeks. Voog katab kõik testala loenduspunktid ja iga kirje kannab loenduspunkti, mõõtmisintervalli, liiklejaklassi ja FN-M7 kvaliteedimärgist (vt FN-M7).

Tellija tagab loendusplatvormi masinloetava reaalajaliidese olemasoleva platvormi täiendusena või eraldi hankes. Voo avamise viis (programmiliides, sündmuspõhine edastus või loenduspunkti puhverarvuti voog) lepitakse kokku loendusplatvormi arendaja ja pakkujaga enne liidestamise algust.

Kontroll. Tellija mõõdab testis loenduskirje vanust otsustusloogikasse jõudmisel ja voo katkematust. Sihtväärtused: kirje vanus otsustushetkel kuni 60 sekundit ja ööpäeva jooksul laekub vähemalt 99% oodatavatest kirjetest. 60-sekundiline piir ei anna luba kasutada nii vana sisendit kiireks faasijuhtimiseks: sellele kohaldub hankes kinnitatud sisendi ja funktsiooni värskusmaatriksi rangem piir (FN-M9).

Valik. Pakkuja valib voo edastusviisi, puhverdamise ning selle, kas ta töötleb kirjeid enne otsustusloogikat eraldi voogtöötluskihis.

4.2.1.2 FN-L2. Andurite tööoleku automaatne seire [K]

Nõue. Lahendus seirab andurite tööolekut automaatselt (nullväärtuste jadad, muutumatuks jäänud väärtused, füüsiliselt võimatud väärtused, naaberandurite ja loenduspunkti sisese ristkontrolli hälbed, sideühenduse elumärk), märgistab rikkega anduri kirjed enne nende jõudmist otsustusloogikasse ja edastab rikke häirehaldusesse koos anduri, loenduspunkti ja tuvastusaluse tunnusega. Rikkega anduri kirje asemel kasutab lahendus asendusväärtust, mis hoiab mõjutatud signaaligrupi rikke ajal teenindatuna: ajaloolisel mustril põhinev nõudlus või signaaligrupi püsinõudlus. Pakkuja kirjeldab asendusväärtuse valiku loogika, selle kehtivuse aja ja kestuse, mille järel läheb ristmik asendusprogrammi. Seire katab anduri tehnilise oleku; olukorra, kus tehniliselt korras andur jätab liikleja tuvastamata, katab nõudluse teenindamise järelevalve nõudes FN-D12. Seadme tehnilise seire intervall ei pikenda juhtimisandmete kehtivusakent (FN-M9). Null-loendus üksi ei tõenda anduririket.

Kontroll. Tellija simuleerib testis rikkeliike (anduri seiskumine, nullväärtuste jada, kinnijäänud väärtus, sideühenduse kadu). Lahendus tuvastab ja märgistab iga rikkeliigi kuni 15 minutiga ning märgistatud kirjed jäävad otsustusloogika sisendist välja. Tellija kontrollib samas testis, et mõjutatud signaaligrupp püsib rikke ajal teenindatuna asendusväärtuse alusel, ja mõõdab kestuse, mille järel ristmik läheb asendusprogrammi.

Valik. Pakkuja valib tuvastusreeglid ja nende parameetrid ning selle, kas ta täiendab reeglistikku statistilise või õppiva mudeliga.

4.2.1.3 FN-L4. Seadme elukaare kajastumine andmekihis [K]

Nõue. Lahendus peab seadmeregistrit, milles iga andur, kaamera ja sideseade kannab elukaare olekut (paigaldatud, aktiivne, hoolduses, asendatud, eemaldatud) koos kehtivusperioodiga, ning rakendab elukaare oleku muutuse andmekihis automaatselt. Eemaldatud seadme uute kirjete vastuvõtt lõpeb ja varasemad kirjed säilivad koos seadme kehtivusperioodiga, et ajalooline analüüs püsiks tõlgendatav.

Kontroll. Tellija muudab testis registris seadme elukaare olekut ja saadab seejärel sama seadme nimel andmeid. Elukaare muutus kajastub andmekihis kuni 15 minutiga, eemaldatud seadme uued kirjed jäävad vastu võtmata ja varasemad kirjed püsivad päritavad.

Valik. Pakkuja valib registri andmemudeli ja selle, kas ta haldab elukaart lahenduse sees või liidestab tellija olemasoleva seadmehalduse.

4.2.1.4 FN-L5. Ühilduvus loendusplatvormiga ja raja tasandi andmemudel [L]

Nõue. Lahendus liidestub loendusplatvormiga dokumenteeritud masinloetava liidese kaudu ja hoiab liidestuse eraldi kihina, nii et loendusplatvormi vahetus puudutab ainult seda kihti. Lahenduse andmemudel toetab loenduskirjet raja ja suuna tasandil ning säilitab kirje loenduspunkti tasandil seni, kuni andur annab raja tasandi väärtuse.

Kontroll. Tellija hindab arhitektuuri ülevaatusega: liidestuskiht on eristatud komponent koos dokumenteeritud andmelepinguga ja pakkuja näitab ülevaatusel, milliseid komponente loendusplatvormi vahetus puudutab. Andmemudelit kontrollib tellija testiga, milles lahendus võtab vastu ja säilitab raja ning suuna tasandi loenduskirje koos punkti tasandi kirjega.

Valik. Pakkuja valib liidestuskihi tehnoloogia, andmelepingu vormi ja selle, kas ta kasutab vahendavat sõnumivahetust või otseühendust.

4.2.1.5 FN-L6. Jalakäijate ja jalgratturite, kergliikurite nõudluse tuvastus reaalajas [K]

Nõue. Lahendus tuvastab jalakäijate, jalgratturite ja kergliikurite liikumise ning nõudluse reaalajas testala ristmikel ja edastab tuvastuse foorijuhtimise sisendiks. Tuvastus eristab ooteala nõudlust (ületust ootavate liiklejate olemasolu ja hulk) ning ületusalal viibimist, et rohelist aega saaks pikendada aeglasema ületaja jaoks, ja eristab jalakäija, jalgratturi ja kergliikuri seal, kus neid teenindavad eri signaaligrupid. Mõõtekihi tehnoloogiavabaduse ja liikumisandmete koosseisu kannab mõõtmise nõue (vt FN-L11).

Kontroll. Tellija jälgib demonstratsioonil tuvastuse jõudmist juhtimissisendisse ja hindab ülevaatusega pakkuja üle antud tehnoloogiavaliku põhjendust ning tuvastuspunktide asukohavaliku metoodikat, mis eelistab tellija olemasolevaid paigalduskohti, elektritoidet ja sidet. Kaetuse sihttase on kõik testala ristmike ülekäigu- ja rattaületuskohad, sest osaline kaetus muudaks teeninduse ühe ristmiku sees ebaühtlaseks. Tuvastustäpsust kontrollib tellija FN-L9 alusel (vt FN-L9).

Valik. Pakkuja valib tuvastustehnoloogia (näiteks lidar, video, termokaamera või radar) ja selle, kas signaali töötlemine toimub kontrolleris või platvormil.

4.2.1.6 FN-L7. Ühistranspordi asukoha ja prioriteedikutsungite kasutamine mõlemast ahelast [K]

Nõue. Lahendus võtab vastu ühistranspordi sõidukite reaalaja asukoha ja prioriteedikutsungid nii lokaalsest kui ka tsentraalsest ahelast, seob mõlema ahela sündmused ühe sõiduki läbimisega ning teeb tulemuse juhtimisloogika sisendiks koos liini, suuna ja sõiduplaanist kõrvalekalde tunnusega. Tsentraalse ahela katkestuse ajal säilib lokaalse ahela kutsungi kasutamine.

Kontroll. Tellija kontrollib testiga salvestatud ühistranspordi läbimiste alusel, et lahendus seob lokaalse ja tsentraalse ahela sündmused samaks läbimiseks vähemalt 95% juhtudest; tase on valitud selle järgi, et prioriteedi mõju hindamine liini kaupa tugineb läbimiste peaaegu täielikule kaetusele. Lisaks katkestab tellija testis tsentraalse ahela ja kontrollib, et lokaalne kutsung jõuab kontrollerisse edasi.

Valik. Pakkuja valib sündmuste sidumise algoritmi (aja- ja asukohaaken, sõiduki tunnus) ja liidestusviisi ühistranspordi asukohateenusega.

4.2.1.7 FN-L8. Liikluskaamerate pilt operaatori otsustustoe vaates [H]

Nõue. Lahendus kuvab operaatori otsustustoe vaates ristmikuga seotud liikluskaamera reaalaja pildi nii, et operaator kinnitab ülekoormuse või häire samas töövahendis, kus ta sekkumisotsuse teeb. Kaamerapildi kättesaadavus on vaates eraldi seisundina nähtav ja häire menetlemine jätkub ka pildi puudumise ajal.

Kontroll. Tellija hindab demonstratsioonil teed häireteatest ristmiku kaamerapildini. Hinnatav mõõdik on operaatori tehtavate sammude arv häireteatest pildini; suund: mida vähem samme, seda parem. Miinimumtase: pilt avaneb otsustustoe vaates ja on seotud õige ristmikuga.

Valik. Pakkuja valib videovoo protokolli, vahendusviisi ja pildi paigutuse operaatori vaates.

4.2.1.8 FN-L9. Andurite tuvastustäpsuse tõendamine [H]

Nõue. Lahendus tõendab iga kasutatava anduriliigi ja liiklejaklassi (sõiduk, ühistranspordi sõiduk, jalgrattur, jalakäija) tuvastustäpsuse kontroll-loendusega testala tüüpilistes oludes, sealhulgas tipptunnis ja pimeda ajal. Jalgratturite ja jalakäijate tuvastuse tõendab pakkuja lisaks etalonläbimistega: kokkulepitud mõõtmetega jalgratas ja kokkulepitud paigutusega jalakäija läbivad iga tuvastusala kindla arvu kordi ning pakkuja fikseerib tuvastuse tulemuse iga läbimise kohta. Uue anduriliigi kasutuselevõtu kannab mõõtmise nõue (vt FN-L11). Lahendus toetab automaatset kalibreerimist seal, kus andur seda võimaldab: muudatused põhinevad kontrollandmetel, läbivad valideerimise ning on logitavad ja tagasipööratavad. Automaatne kalibreerimine ei tohi ise kinnitada enda täpsust.

Kontroll. Tellija võrdleb loendust sõltumatu kontroll-loendusega 15-minutilistes intervallides vähemalt kolmel testala ristmikul: hommikusel tipptunnil, päevasel tunnil, pimedal tunnil ning lume või lörtsi ajal. Suhteline absoluutne hälve on sõidukitel ja ühistranspordil kuni 5%, jalgratturitel ja jalakäijatel kuni 10%. Nullväärtusega etalonintervallides esitatakse valepositiivsete tuvastuste arv eraldi; nulliga jagamist ei kasutata. Etalonläbimiste katses tuvastatakse vähemalt 95% läbimistest. Pakkuja fikseerib korduste arvu, ilmaolud ja anduri seadistuse. Tõendamata tuvastusega liiklejagrupile rakendatakse püsinõudlust või fikseeritud teenindust. Hinnatakse hälvet: väiksem on parem. Tellija määrab enne pakkumist iga liiklejaklassi, sealhulgas kergliikuri, täpsuslävendi, miinimumvalimi, etalonläbimiste arvu ja ilmastikuolud ning nullnõudluse lubatud absoluutse vea. Pakkuja dokumenteerib katse tegeliku valimi ja seadistuse.

Valik. Pakkuja valib anduritehnoloogia, paigalduskohad ja kalibreerimisviisi, millega ta sihtväärtused saavutab.

4.2.1.9 FN-L10. Välitingimustes töötavate seadmete töökindlus keerulistes keskkonnatingimustes ja hooldus [K]

Nõue. Lahendus kasutab välitingimustes seadmeid (andurid, kaamerad, sideseadmed, kapiseadmed), mis töötavad keerulistes keskkonnatingimustes, säilitavad tuvastustäpsuse lume, lörtsi, jäite ja teesoola tingimustes, teatavad tihedas lumesajus, anduri jäätumisel või udus tuvastuse kadumisest, mille järel rakendub kinnitatud varurežiim, ning annavad oma tööoleku ja hooldusvajaduse masinloetavalt FN-L4 seadmeregistrisse (vt FN-L4).

Kontroll. Tellija kontrollib seadmete töötemperatuuri vahemikku ja kaitseastet ning pakkuja üle antud hoolduskava, mis katab puhastuse, kalibreerimise, varuosade kättesaadavuse ja rikkele reageerimise ajad. Sihtväärtused: töötemperatuur -30 °C kuni +50 °C, välitingimustes paikneva seadme ja kapi kaitseaste vähemalt IP65 ning rikkele reageerimine tööpäeviti kuni 24 tunniga ja liiklusjuhtimist otseselt mõjutava rikke korral kuni 4 tunniga. Temperatuurivahemik on valitud tänaval paikneva seadme talvise ja suvise töökeskkonna alusel ning 4 tundi tuleneb hommikuse ja õhtuse tipptunni vahelisest ajavahemikust, mis lubab tipptunnil tekkinud rikke lahendada enne järgmist tipptundi. Täpsust keerulistes

keskkonnatingimustes kontrollib tellija FN-L9 mõõtmise kordamisega lume või lörtsi tingimustes (vt FN-L9). Hooajaliste katsete ajakava, lubatud eelnevad tõendid ja lõpliku vastuvõtu tingimused määratakse enne pakkumist; lume puudumine piloodiperioodil ei tähenda vastavuse automaatset kinnitamist keerulistes keskkonnatingimustes.

Valik. Pakkuja valib seadmete tootja ja kaitselahenduse ning hoolduse korralduse (oma teenus või hoolduspartner) tingimusel, et ta täidab töökeskkonna ja reageerimise sihtväärtused.

4.2.1.10 FN-L11. Nõudluse ja liikumise mõõtmine liiklejagruppide kaupa [K]

Nõue. Lahendus mõõdab reaalajas iga liiklejagrupi nõudlust ja liikumist testala ristmikel: sõidukid koos pöördeliikumisega, ühistranspordi sõidukid, jalgratturid, jalakäijad ja kergliikurid tellija kinnitatud liigituse alusel. Mõõdetud suurused katavad ristmikule saabumise, kohaloleku, liikumissuuna, hulga ajaühikus ja järjekorra pikkuse ning nendel liiklejagruppidel, kelle teenindusaeg sõltub liikumiskiirusest, ka ületusaja. Lahendus võtab uue anduriliigi kasutusele seadistusena ilma juhtimisloogika ümberehituseta ja hoiab varem paigaldatud anduriliigid samas andmemudelis. Pakkuja valib iga tuvastuskoha kohta anduritehnoloogia (induktsioonisilmus, radar, lidar, video, termoandur, nende kombinatsioon või muu lahendus) ja põhjendab valiku mõõdetava suuruse, paigalduskoha ja elukaare kulu kaudu. Jalakäijate ja jalgratturite nõudluse tuvastust ristmikul kannab kergliikluse nõue (vt FN-L6) ja tuvastustäpsuse tõendamist täpsusnõue (vt FN-L9).

Kontroll. Tellija kontrollib andmevoost, et iga nimetatud liiklejagrupp kannab testala ristmikel mõõdetud kirjet ja et kirje sisaldab nimetatud suurusi. Laiendatavust kontrollib tellija katsega: pakkuja lisab ühte testala tuvastuskohta uue anduriliigi ja tellija mõõdab aja seadme ühendamisest selleni, kui andmed jõuavad juhtimisloogika sisendisse. Nõue on täidetud, kui uus anduriliik jõuab andmemudelisse kuni 5 tööpäevaga ning kui andmemudel esitab uue anduri kirjed samas vormingus varem paigaldatud anduritega. Viie tööpäeva katse hõlmab hankes määratud katseseadet, mille dokumentatsioon ja kasutusõigused on olemas ning mille liideseprofiili lahendus toetab. Uue protokolli draiveri arendus hinnastatakse ja ajastatakse eraldi; tundmatu seadme piiramatut arendust sellesse tähtaega ei arvata. Kergliikuri klass ja mõõdetavad väljad kinnitatakse enne pakkumist.

Valik. Pakkuja valib anduritehnoloogiad, nende paigutuse, andmete koondamise koha (kohapeal seadmes või keskselt) ja selle, millised suurused tulenevad otsemõõtmisest ja millised arvutusest.

4.2.1.11 FN-L12. Perioodiline liikumisuuring juhtimisloogika parameetrite seadmiseks [H]

Nõue. Pakkuja viib enne juhtimisloogika käivitamist testalal läbi liikumisuuringu, mis mõõdab pöördeliikumiste jaotuse suundade kaupa, järjekorra kasvu ja lahustumise, jalakäijate ja jalgratturite kasutatavad ületusteed ja ületusaja ning ristmikul tekkivad konfliktsituatsioonid. Pakkuja seob uuringu tulemuse juhtimisloogika parameetritega nii, et iga seatud parameetri juures on nimetatud mõõdetud suurus, millest see tuleneb. Pakkuja kordab uuringut pärast juurutust samadel ristmikel ja samades ajavahemikes ning esitab võrdluse. Pakkuja fikseerib mõõtmismeetodi ja isikuandmete käsitluse mõõtmiskavas, mille tellija kinnitab enne mõõtmise algust. Pakkuja katab jalakäijate ja jalgratturite liikumist ning konfliktsituatsioone puudutavad suurused kohapealse mõõtmisega. Sõidukite pöördeliikumiste ja läbimisaegade osas võib pakkuja kasutada ka navigatsiooni- ja liikuvusteenuste anonüümitud sõiduandmeid, nimetades mõõtmiskavas, millised suurused sellest allikast tulevad, ja esitades hinnangu selle allika katvusele testala liiklusvoos.

Kontroll. Tellija hindab tulemust ülevaatusega: uuring katab testala ristmikud, nimetatud suurused ning hommikuse tipptunni, päevase tunni ja õhtuse tipptunni. Hinnatav mõõdik on nende juhtimisloogika parameetrite osakaal, mille väärtus tuleneb mõõdetud suurusest; suund: mida suurem osakaal, seda

parem. Uuring katab sama ajavahemiku ja samad ristmikud, mille katab baastaseme mõõtmine (vt FN-AR7), mistõttu tellija saab uuringu tulemust ja baastaseme näitajaid kõrvutada. Kui osa suurusi tuleb välisallikast, kontrollib tellija mõõtmiskavast allika katvuse hinnangut ja kohapealse mõõtmisega kaetud suuruste loetelu.

Valik. Pakkuja valib mõõtmismeetodi (mehitamata õhusõidukilt tehtud videosalvestus, ajutised andurid, käsitsi loendus, olemasoleva kaamerapildi järeltöötlus, navigatsiooni- ja liikuvusteenuste anonüümitud sõiduandmed või nende kombinatsioon), mõõtmisperioodi pikkuse ja töötlusvahendid.

4.3 Andmehaldus ja salvestus

4.3.1.1 FN-A1. Kihiline andmehoidla ja säilitusaeg [K]

Nõue. Lahendus hoiab liiklus-, oleku- ja sündmusandmeid kolme eristatud kihina, millest igaüks kannab oma ülesannet. Reaalajakiht teenindab otsustusahela ja operaatorivaate päringuid otsustushetkel kehtiva värskusega. Arhiivikiht hoiab kirjeid algsel detailsusel ja kannab enne-pärast võrdlust ning masinõppe treening- ja valideerimisandmestikku. Koondkiht hoiab ajaliselt agregeeritud näitajaid ja kannab mitme aasta võrdlust, seiret ning aruandlust. Pakkuja fikseerib andmete elutsükli kirjelduses iga kihi säilitusaja, detailsuse, agregeerimisreegli ja kihist kihti liikumise reegli. Arhiivikiht hoiab liiklus- ja olekuandmeid algsel detailsusel vähemalt 12 kuud ning koondkiht hoiab agregeeritud näitajaid vähemalt 5 aastat. Kirje kustub üksnes elutsükli kirjelduses fikseeritud reegli alusel.

Kontroll. Tellija ülevaatus kontrollib elutsükli kirjelduse olemasolu ja selle vastavust juurutatud konfiguratsioonile kihtide kaupa. Testis pärib tellija testala andmestikust kirjete arvu päevade kaupa juurutuse algusest kuni vastuvõtuni ja loeb nõude täidetuks, kui iga päeva kirjete arv püsib arhiivikihis muutumatuna ja vastab laadimislogile. Pakkuja esitab mahuarvutuse, mis näitab andmemahtu kihtide kaupa ja tõendab, et sama arhitektuur mahutab dimensioneerimise lähte-eeldusena 414 fooriristmiku andmed 12 kuu ulatuses koos kasvuvaruga.

Valik. Pakkuja valib andmebaasitehnoloogia, kihtide füüsilise või loogilise eraldatuse, majutusviisi ning tihendus- ja agregeerimismeetodi.

4.3.1.2 FN-A3. Automaatsed andmetöövood ja nende seire [K]

Nõue. Lahendus kogub, valideerib, puhastab ja teisendab andmed automaatsete töövoogudena. Iga töövoo käivitus, kestus, töödeldud ja kõrvale jäetud kirjete arv ning tulemus jäädvustub seirevaates. Töövoo tõrge ja kirjete arvu kõrvalekalle ootuspärasest käivitavad teavituse tellija määratud vastutajale. Side taastumise järel laadib töövoog vahepealse perioodi kirjed nii, et iga kirje jõuab andmelattu ühe korra ja korduslaadimine annab sama tulemuse.

Kontroll. Tellija katkestab ühe allika andmevoo 60 minutiks ja taastab selle. Teavitus jõuab vastutajani 15 minutiga; katkestuse kestus ja mõjutatud allikas on seirevaates nähtavad. Allika või vahenduskihi puhvris tegelikult säilinud kirjed jõuavad andmelattu kadudeta ja üks kord. Loomata või pöördumatult kadunud kirjed märgitakse puuduvaks; hinnangulised väärtused taastatuks. Puhvri nõutav kestus, maht ja järelkande lõpetamise tähtaeg määratakse enne pakkumist allikate kaupa.

Töövoogude sagedus ja jõudlus. Operatiivandmeid töödeldakse sündmuspõhiselt, 15-minutilisi koonde iga 15 minuti järel ning tunni- ja ööpäevakoonde kord tunnis ja kord ööpäevas. 15-minutiline koond on päritav kuni 5 minutit pärast perioodi lõppu ja arhiivikihti laaditakse kirjed kuni 15 minutiga. Pärast kuni 60-minutilist katkestust jõuavad puhverdatud kirjed andmelattu kuni 30 minutiga. Öine töötlus (andmekvaliteedi koondid ja koondkiht) lõpeb enne kella 06.00. Töövoogude käitamise ajal püsivad operatiivpäringute vastusajad

operatiiv- ja analüüsipäringute eraldamise nõudes määratud piirides. Väärtused on eeluuringu lähteettepanek, mille tellija kinnitab enne hanke väljakuulutamist.

Valik. Pakkuja valib töövoomootori, ajastatud või sündmuspõhise käivituse, teavituskanali ja kirjete kordumatuse tagamise meetodi.

4.3.1.3 FN-A4. Rollipõhine ligipääs ja andmekasutuse jälg [K]

Nõue. Lahendus haldab ligipääsu rollipõhiselt kihi ja andmekogumi tasemel ning seob iga rolli lubatud toimingutega: lugemine, väljavõtte tegemine, muutmine ja edasijagamine. Piiratud ligipääsuga andmete iga lugemine ja väljastamine jäädvustub kasutaja, ajatempli, päringu ulatuse ja tulemuse mahuga. Ligipääsu jälg säilib 24 kuud. Juhtimistoimingute jälje katab käesoleva peatüki auditeeritava logi nõue.

Kontroll. Tellija audit võrdleb rollimaatriksit juurutatud õigustega ja katsetab testkontodega: lubatud õigusega roll saab andmed, õiguseta roll saab keeldumise ning mõlemad toimingud jäävad jälge nimetatud väljadega. Audit kontrollib ka, et jälje kirjeid saab pärida kasutaja ja ajavahemiku kaupa.

Valik. Pakkuja valib identiteedihalduse lahenduse, õiguste mudeli tehnilise teostuse ja jälje talletuskoha.

4.3.1.4 FN-A5. Operatiiv- ja analüüsipäringute eraldamine [H]

Nõue. Lahendus eristab operatiivpäringud analüüsipäringutest ja tagab operatiivvaadetele vastuse ka analüüsikoormuse ajal. Operatiivpäring vastab 1 sekundi jooksul 95. protsentiilis ja 3 sekundi jooksul 99. protsentiilis. Analüüsikoormus mõjutab operatiivvaadet piires, mis hoiab nimetatud vastusajad.

Kontroll. Koormustestis käivitab tellija analüüsipäringu, mis loeb 12 kuu andmestikku, ja mõõdab samal ajal operatiivvaate päringute vastusaega 30 minuti vältel. Nõue on täidetud, kui 95. ja 99. protsentiil püsivad nimetatud väärtustes ja kõik operatiivpäringud saavad vastuse. Tellija võrdleb hindamisel operatiivpäringu 95. protsentiili vastusaega koormuse all: mida lühem, seda parem.

Valik. Pakkuja valib koormuse eraldamise viisi (eraldi lugemiskoopia, vahemälu, eraldatud arvutusressurss, materialiseeritud vaated) ja indekseerimise lahenduse.

4.3.1.5 FN-A6. Juhtimistoimingute auditeeritav logi [K]

Nõue. Lahendus jäädvustab muutumatus logis järgmised sündmused: iga juhtimiskäsk koos adressaadi, käsu sisu, ajatempli ja algataja tunnusega (automaatne otsus või nimeline kasutaja); käsu vastuvõtu või tõrke kinnitus juhitavalt seadmelt; iga operaatori sekkumine koos muudetud parameetri, eelmise ja uue väärtuse ning sekkumise põhjendusega; iga häire tekkimine, teadmiseks võtmine ja sulgemine; iga režiimivahetus koos vahetuse käivitanud tingimusega. Logikirjed kannavad ühest ajaallikast (NTP) pärinevat ajatemplit ja säilivad 24 kuud.

Kontroll. Tellija viib testalal läbi stsenaariumid: automaatne juhtimiskäsk, operaatori käsitsi sekkumine, häire tekkimine ja sulgemine, režiimivahetus ning tõrkega lõppenud käsk. Nõue on täidetud, kui iga stsenaarium annab logis kirje kõigi nimetatud väljadega ja kirjed on päritavad ristmiku, kasutaja ja ajavahemiku kaupa. Audit kontrollib, et kirje on loetav kogu säilitusaja vältel ning et kirje muutmise või varasema kustutamise katse jätab omakorda jälje.

Valik. Pakkuja valib logi talletusviisi, muutumatuse tagamise meetodi (ainult-lisamise hoidla, räsiahel, eraldi õigustega arhiiv) ja logi päringuliidese.

4.3.1.6 FN-A7. Andmete, mudelite ja metaandmete üleandmine [K]

Nõue. Pakkuja esitab lepingu esimese kolme kuu jooksul andmete üleandmise kava. Kava kirjeldab üleantavad koosseisud kihtide kaupa (algandmed, metaandmed, andmemudeli kirjeldus, kvaliteedimärgise

määramise reeglid, treenitud mudelid ja nende treeningandmestiku kirjeldus, konfiguratsioon ja liideste dokumentatsioon), üleandmise avatud vormingud, üleandmise viisi ja tähtaja lepingu lõppemisel ning tellija õiguse andmeid ja mudeleid edasi kasutada ja kolmandale osapoolele üle anda. Üleantavate varade koosseis, kasutus- ja edasiandmisõiguste ulatus ning kolmandate osapoolte litsentsitingimused määratakse hankes enne pakkumist; kolme kuu jooksul esitatav kava täpsustab üleandmise korraldust, mitte õiguste põhitingimusi.

Kontroll. Tellija ülevaatus kontrollib kava kaetust nimetatud koosseisude kaupa. Testalal viib pakkuja läbi proovieksportdi vähemalt ühe kuu andmestikuga kokkulepitud vormingus ja tellija loeb nõude täidetuks, kui eksporditud andmestik avaneb pakkuja tarkvarast sõltumatute vahenditega, sisaldab metaandmetes kihi, ajavahemiku ja kvaliteedimärgise ning kirjete arv ühtib andmelao päringu tulemusega.

Valik. Pakkuja valib ekspordi vormingu, edastuskanali, mudelite pakendamise viisi ja proovieksportdi tehnilise korralduse.

4.3.1.7 FN-A8. Andmekvaliteedi perioodiline raport [K]

Nõue. Lahendus koostab automaatselt andmekvaliteedi raporti, mis esitab allika kaupa (andur, kontroller, liides) laekunud kirjete osakaalu oodatavast, mõõdetud ja taastatud kirjete jaotuse, kirjete keskmise ja 95. protsentiili hilinemise, katkestuste arvu ja kestuse, kahtlaste mustrite arvu (näiteks nullväärtuste jada või muutumatu väärtus) ning muutuse eelmise perioodiga võrreldes. Lahendus koostab raporti kord kuus ja hoiab samad mõõdikud jooksvalt nähtavana seirevaates. Raport on tellijale kättesaadav nii loetaval kujul kui ka masinloetavas vormingus.

Kontroll. Tellija saab kaks järjestikust raportit ja kontrollib, et kõik nimetatud mõõdikud on esitatud allikate kaupa ja et raporti arvud ühtivad andmelao päringu tulemusega. Testis katkestab tellija ühe allika andmevoo ja loeb nõude täidetuks, kui järgmise perioodi raport kajastab katkestust õige kestuse, mõjutatud allika ja puuduvate kirjete arvuga ning seirevaade näitab sama katkestust jooksvalt.

Valik. Pakkuja valib raporti esitusviisi ja vormingu, mõõdikute arvutusmeetodi, kahtlaste mustrite tuvastuse loogika ja seirevaate ülesehituse.

4.3.1.8 FN-A9. Isikustatavate tunnuste minimeerimine andmekihis ja avaandmetes [K]

Nõue. Liiklusanalüütikas salvestatakse võimaluse korral loend, kiirus, järjekorra pikkus ja läbimisaeg ilma isikut tuvastavate tunnusteta. Ristmikevaheliseks sidumiseks vajalik pseudonüüm on isikuandmete kaitse nõuetega hõlmatud; pakkuja põhjendab selle eluiga, vahetusreeglit, ligipääsu ja säilitustähtaega. Operaatori kaamerapilt (FN-L8) on eraldi piiratud ligipääsuga andmevoog. Liiklejate vaatlustest tuletatud avaandmed avaldatakse anonüümitud ning ruumis ja ajas agregeeritud kujul. Esmane avaldamislävend on vähemalt 5 vaatlust lahtris; väiksemad lahtrid koondatakse või jäetakse avaldamata. See lävend üksi ei tõenda anonüümsust. Vähemalt viie vaatluse reegel ei kohaldu isikuandmeteta foorioleku kirjele. Avaldatavate häirete väljad kinnitab tellija eraldi lubatud väljade loeteluna; turvatundlikku või isikustatud häiret ei avaldata automaatselt. FN-AV1 värskusnõuet hinnatakse avaldamiseks lubatud väljadele.

Kontroll. Andmevoo audit kontrollib töötlemise eesmärki ja õiguslikku alust, andmete minimaalsust, säilitusaegu, ligipääse ning taasidentifitseerimise riski. Vajaduse korral tehakse andmekaitsealane mõjuhinnang. Arhiivi näidisväljavõttes puuduvad põhjendamatud isikutunnused. Madala liiklusega perioodi avalikus väljundis on vähemalt 5 vaatlust lahtris ja anonüümsus on riskihinnanguga põhjendatud; vastasel korral lahtrit ei avaldata. Pseudonüümitud andmeid ei loeta selle alusel avaandmeteks.

Valik. Pakkuja valib pseudonüümimise ja pöördumatuks muutmise meetodi, agregeerimise ruumilise ja ajalise ühiku ning pseudonüümi eluea kestuse.

4.4 Uued andmekihid

4.4.1.1 FN-U1. Kontekstandmete kiht ja andmeallikate kava [H]

Nõue. Lahendus rikastab liiklus- ja olekuandmeid kontekstandmetega järgmistes rühmades: ilm ja teekatte seisund, teetööd ja ajutine liikluskorraldus, avalikud üritused ning parkimise hõive. Lahendus seob iga kontekstikirje ajavahemiku ja ruumilise ulatusega nii, et kirje on päritav ristmiku ja ajaühiku kaupa koos sama perioodi liiklusandmega. Pakkuja esitab andmeallikate kava, mis nimetab iga rühma kohta allika, uuendussageduse, kasutustingimused ja edasikasutuse õiguse, hinnamõju ning katkestuse korral rakenduva varuallika. Kava eelistab avaandmeid ja linna enda mõõtevõrke, sealhulgas teeilmajaamade võrku, ning fikseerib eraallika kasutamisel tingimused, mille alusel linn andmeid juhtimises ja avaandmetes kasutab.

Kontroll. Tellija ülevaatus kontrollib, et kava katab kõik nimetatud rühmad koos allika, sageduse, kasutustingimuste ja varuallikaga. Testalal laekuvad töötava liidesena ilm ja teekatte seisund ning teetööd ja ajutine liikluskorraldus; tellija pärib andmelaost valitud ristmiku ja ajavahemiku kohta liiklusnäitaja koos sama perioodi kontekstikirjetega. Tellija võrdleb hindamisel töötava liidesena laekuvate rühmade arvu ja kontekstikirje ruumilise sidumise täpsust: mida rohkem rühmi ja mida täpsem sidumine, seda parem.

Valik. Pakkuja valib liidestusviisi, kontekstikirje ruumilise sidumise mudeli (ristmik, teelõik, tsoon) ja allikate koosseisu kava piires.

4.4.1.2 FN-U3. Loendusvõrgu laiendamise kava [L]

Nõue. Pakkuja esitab loenduspunktide võrgu laiendamise kava, mis katab täna mõõtmata piirkonnad ja seab laienduse järjekorra juhtimisvajaduse alusel: esimeses järjekorras ristmikud, mis jäävad dünaamilise juhtimise laiendamisel nõudlussisendita. Kava nimetab iga kandidaatasukoha kohta mõõdetava suuruse (sõidukiloendus, liigituse tase, jalgratturite ja jalakäijate loendus), anduritüübi valiku kriteeriumid ja asukohavaliku kriteeriumide alusel tehtud hinnangu, sidelahenduse koos side katkemise ajaks ette nähtud kohaliku puhverdamisega, hinnangulise maksumuse ning seose testalal tõendatud andmeahelaga.

Kontroll. Tellija ülevaatus kontrollib, et kava katab nimeliselt täna mõõtmata piirkonnad, esitab prioriteedijärjestuse koos järjestuse kriteeriumidega ja seob iga kandidaatpunkti konkreetse juhtimisvajadusega. Pakkuja tõendab testalal kava aluseks oleva andmeahela toimimise ühe loenduspunkti näitel: andmed jõuavad andmelattu, kannavad kvaliteedimärgist ja on päritavad ristmiku kaupa.

Valik. Pakkuja valib anduritehnoloogia, sideviisi, punktide arvu ja järjestuse ning etapiviisilise laienduse rütmi.

4.5 Avaandmete liides

4.5.1.1 FN-AV1. Avaandmete liides ja sündmuspõhine edastus [H]

Nõue. Lahendus avaldab masinloetava liidese kaudu fooride oleku, loendusandmed ja häireteated koos avaliku dokumentatsiooni, andmemudeli kirjelduse ja kasutustingimustega. Liides toetab päringupõhist lugemist ja sündmuspõhist edastust, mille korral registreeritud tarbija saab muutuse kohta teate korduvpäringute asemel. Pakkuja avaldab liidese versioonimuudatused ette ja hoiab eelmise versiooni kättesaadavana kokkulepitud üleminekuaja, nii et olemasoleva tarbija töö jätkub muudatuse ajal.

Kontroll. Tellija registreerib testtarbija ja kontrollib liidest kolmes osas. Päringuliides tagastab dokumentatsioonis kirjeldatud väljad ja vastab dokumenteeritud päringumahtudele. Tellija tekitab testalal oleku muutuse või häire ning mõõdab sündmuse ja tarbijani jõudmise vahe: 5 sekundit 95. protsentiilis.

Dokumentatsioon ja kasutustingimused on avalikult kättesaadavad enne liidese kasutuselevõttu. Tellija võrdleb hindamisel edastusviidet ja dokumenteeritud andmekoosseisu ulatust: mida lühem viide ja mida laiem koosseis, seda parem.

Valik. Pakkuja valib liidese tehnoloogia ja vormingu, sündmuspõhise edastuse mehhanismi, tarbijate registreerimise ja koormuspiirangute korralduse ning avaldatava oleku täpsusastme, põhjendades täpsusastme valikut liiklusohutuse ja tarbija vajaduse kaudu.

4.5.1.2 FN-AV3. Kvaliteedimärgis avaandmete objektidel [K]

Nõue. Iga avaandmete liidese kaudu väljastatav andmeobjekt kannab sama kvaliteedimärgist, mida kasutab otsustusahel, nii et tarbija eristab mõõdetud, taastatud ja puuduva väärtuse. Pakkuja kirjeldab märgise väärtused ja nende tähenduse liidese avalikus dokumentatsioonis. Käesolev nõue on tuletatud andmete kvaliteedimärgistamise põhinõudest, mis fikseerib märgise koosseisu ja määramise reegli; avaandmete liides kannab sama märgist muutmata kujul.

Kontroll. Tellija valib ajavahemiku, mille jooksul mõõtmine oli katkenud, ja pärib liidesest sama perioodi andmed. Nõue on täidetud, kui vastuses on iga objekti märgis olemas, taastatud väärtused kannavad taastatud väärtuse märgist ja märgise väärtus ühtib andmelaos oleva kirje märgisega. Sama kontrolli teeb tellija nii päringupõhise lugemise kui sündmuspõhise edastuse vastusega.

Valik. Pakkuja valib märgise tehnilise esituse (eraldi väli, laiend või metaandmeplokk) ja selle kandumise viisi päringu- ja sündmuspõhises vastuses.

4.6 Dünaamilise juhtimise funktsioonid

4.6.1.1 FN-D1. Nõudluspõhine rohelise aja jaotus ja tsüklipikkuse valik [K]

Nõue. Lahendus hindab signaaligruppide ja faaside küllastusastet reaalajas mõõdetud sisendite alusel, jaotab rohelise aja mõõdetud nõudluse järgi ning valib lühima tsüklipikkuse, mis teenindab hetkel mõõdetud nõudlust ja mahutab ristmiku kaitseajad ja miinimumrohelised ning jalakäijafaasiga ristmikul jalakäija rohelise koos tühjenemisajaga. Nõudlust kandvad suunad saavad rohelist aega mõõdetud nõudluse proportsioonis ning nõudluseta suuna faasi jätab lahendus vahele või hoiab miinimumkestusel. Lahendus hoiab arvutusliku tsüklipikkuse tellija kinnitatud vahemikus ja piirab tsüklipikkuse muutust järjestikuste tsüklite vahel nii, et koordineerimine naaberristmikega säilib; muutuse piirväärtuse esitab pakkuja juurutusdokumentatsioonis koos põhjendusega. Tsüklivaba juhtimisloogikaga lahendus täidab sama piirangu teenindusintervalli kaudu: aeg sama liiklejagrupi kahe järjestikuse rohelise alguse vahel püsib tellija kinnitatud vahemikus ning pakkuja kirjeldab, millise mehhanismiga ta seda intervalli piirab. Nõue kehtib nii üksikristmikul kui mitme ristmikuga koridoril ja nii tsüklilise kui tsüklivaba juhtimisloogika korral.

Kontroll. Tellija kontrollib juurutuse järel kümne järjestikuse tööpäeva juhtimislogi ja mõõdab kolme suurust. Esiteks: arvutusliku tsükli ülempiir on 140 sekundit ja alampiir arvutatakse kinnitatud faasiplaani ja üleminekute järgi, arvestades miinimumrohelisi, kaitse- ja ületusaegu ning lubatud kattuvusi. Samaaegsete signaaligruppide aegu ei liideta topelt. Tsüklivaba juhtimisloogikaga lahenduse korral mõõdab tellija sama ülempiiri teenindusintervallina: aeg sama liiklejagrupi kahe järjestikuse rohelise alguse vahel. Teiseks: suuna küllastusastme kasv toob järgnevas tsüklis kaasa sama suuna rohelise aja kasvu vähemalt 80% juhtudest. Kolmandaks: tuvastatud nõudluseta faas jääb vahele või püsib miinimumkestusel. Lisaks võrdleb tellija baasperioodi ja adaptiivse perioodi viivitust ning peatumiste arvu samadel nädalapäevadel ja kellaaegadel ja fikseerib tulemuse vastuvõtuaktis. Võrdlus tugineb baastaseme andmestikule (vt FN-AR7) ja samadele võtmenäitajatele (vt FN-AR2). Rohelise aja kasvu 80% mõõdiku nimetajasse kuuluvad üksnes eelnevalt määratud võrreldavad juhtumid, kus kasvu ei takista ohutus,

blokeeritud väljasõit, kinnitatud prioriteet ega teise grupi ooteajapiir. Välistamise reeglid kinnitatakse enne pakkumist ning kõik välistused esitatakse põhjusega eraldi; pakkuja ei vali neid tagantjärele.

Valik. Pakkuja valib optimeerimismeetodi (reeglipõhine, mudelipõhine või õppiv), otsustusloogika paiknemise (keskne optimeerija või kontrollerisisene loogika) ja otsustussageduse.

4.6.1.2 FN-D2. Eelisläbipääs prioriteedihierarhia alusel ja koordineerimise taastamine [K]

Nõue. Lahendus annab eelisläbipääsu tellija prioriteedipoliitikas fikseeritud hierarhia alusel, mis järjestab operatiivsõidukid, trammid, bussid ja ülejäänud liiklejagrupid ning määrab tulemuse kahe samaaegse kutsungi korral. Hierarhia reeglid on seadistatavad, mistõttu tellija põhimõtete muudatus jõuab juhtimisse seadistusena. Operatiivsõiduki kutsung rakendub viivitamata, järgides kaitseaegu, kehtivat miinimumrohelist ja käimasoleva jalakäijafaasi tühjenemisaega. Ühistranspordi kutsung rakendub tingimuslikult: lahendus arvestab kutsungi rahuldamisel naaberristmike olekut, ristuvate suundade järjekorda ja liiklejagruppide ooteaja ülempiiri ning valib sekkumisviisi (rohelise pikendamine, faasi varasem algus, faaside järjekorra muutmine). Prioriteedisekkumise järel taastab lahendus koordineerimise ja kompenseerib katkestatud suundade rohelise aja. Lahendus võtab kutsungid vastu nii lokaalsest kui tsentraalsest ahelast ja rakendab hierarhiat mõlema ahela sisendil.

Kutsungi rahuldamisel arvestab lahendus sõiduplaanist kõrvalekallet (hilinemist) ja liini teenindussagedust tellija prioriteedipoliitikas määratud viisil: poliitika määrab, kas hilinenud sõidukit eelistatakse, ja hilinemise läve.

Operatiivsõiduki kutsungi sisend. Kutsung võib tulla operatiivteenistuse jagatud sõiduki asukohaandmetest, sõidukile paigaldatud kutsungiseadmelt ristmikuseadmele või operaatori käsul. Tellija määrab enne hanke väljakuulutamist, milliseid sisendeid hankes lubatakse ja millised operatiivteenistused (kiirabi, päästeamet, politsei) on kokkuleppega kaasatud; pakkuja tõendab valitud sisendi korral sõiduki tuvastuse ja kutsungi rakendumise aja. Kaasatavad teenistused ja sisendid vajavad kinnitust.

Kontroll. Tellija katsetab testalal kolme stsenaariumi: ühistranspordi sõiduki läbimine tipptunnis, operatiivsõiduki kutsung ja kahe kutsungi kokkulangemine. Nõue on täidetud, kui operatiivsõiduki kutsung rakendub kaitseaegu, miinimumrohelisi ja jalakäija tühjenemisaega järgides, ühistranspordi kutsungi rahuldamine hoiab ristuvate suundade ooteaja tellija kinnitatud ülempiiri sees (vt FN-D12) ja koordineerimine taastub kuni kahe tegeliku tsükli jooksul. Lisaks mõõdab tellija ühistranspordi läbimiste peatumiste arvu ja ristuvate suundade viivituse muutust enne-pärast võrdluses ning fikseerib tulemuse vastuvõtuaktis; võrdlus tugineb baastaseme andmestikule (vt FN-AR7) ja samadele võtmenäitajatele (vt FN-AR2). Kui testala hõlmab mitut järjestikust ristmikku, kordab tellija stsenaariume koridori ulatuses ja mõõdab läbilaskvuse säilimist naaberristmikel.

Tellija katsetab lisaks sama liini hilinenud ja graafikus oleva sõiduki kutsungit samal ristmikul ning kontrollib, et tulemus vastab prioriteedipoliitikas määratud reeglile.

Valik. Pakkuja valib kutsungi tuvastuse ja saabumise prognoosi meetodi, sekkumisviiside komplekti ning koordineerimiskanali kontrollerite vahel või keskse liidese kaudu.

4.6.1.3 FN-D4. Koordineerimine koridoris ja nihete reaalajas hoidmine [K]

Nõue. Lahendus arvutab ja hoiab järjestikuste ristmike vahelisi nihkeid reaalajas mõõdetud sõiduaja, voo suuna ja järjekorra pikkuse alusel ning kohandab neid nõudluse muutudes. Lahendus valib koordineerimise suuna (üks suund, mõlemad suunad või tasakaalustatud jaotus) juhtimisala seadistuse alusel ning hoiab läbiva voo katkematuna järjestikuste ristmike vahel. Ühise tsüklialuse hoidmine koordineeritud ristmike vahel on üks viis seda saavutada; teine on prognoositud väljundvoo edastamine järgmisele ristmikule, mis

paigutab oma rohelise alguse selle prognoosi järgi. Pakkuja nimetab, kumma viisi ta valib, ja tõendab tulemust läbiva voo peatumiste arvu kaudu. Pakkuja teostab võimekuse enda valitud kihis (keskne arvutus, kontrollerite vaheline otseside või nende kombinatsioon) ning kasutab avalikul spetsifikatsioonil põhinevat liidest või oma juhtimiskihti, mistõttu nõue on täidetav sõltumata sellest, millise tarnija tooteperekonnale pakkumus tugineb. Pakkuja esitab koridoride ettepaneku tänavapõhiselt koos iga koridori ristmike loeteluga ja põhjendab koridori pikkuse valikut; tellija eelistab lühemaid hallatavaid koridore.

Kontroll. Kui testala hõlmab mitut järjestikust ristmikku, mõõdab tellija koridori läbimise aja ja peatumiste arvu enne ja pärast juurutust samadel nädalapäevadel ja kellaaegadel ning kontrollib logist, et nihked (naaberristmike rohelise alguste ajavahed) muutuvad, kui mõõdetud sõiduaeg, voo suund või järjekorra pikkus muutub. Kui testala on üksikristmik, hindab tellija võimekust ülevaatuse ja demonstratsiooniga: pakkuja annab üle nihete arvutuse kirjelduse ja seadistusnäite kolme järjestikuse ristmiku kohta, millest üks on testala üksikristmik ja kaks naaberristmikku on kirjeldatud modelleerimiskeskkonnas või pakkuja katsekeskkonnas, ning demonstreerib arvutust selles keskkonnas testala mõõdetud andmetega, kusjuures üksikristmik töötab juurutuses koordineerimise reeglite alusel piiriristmikuna FN-D15 tähenduses (vt FN-D15). Mõlemal juhul kontrollib tellija, et koordineerimise seadistus on ristmike kaupa muudetav. Ennepärast mõõtmine tugineb baastaseme andmestikule (vt FN-AR7) ja samadele võtmenäitajatele (vt FN-AR2).

Valik. Pakkuja valib nihete arvutuse meetodi, koordineerimise teostuskihi ja selle, kas ühine tsüklialus tuleneb kesksest arvutusest või kontrollerite vahelisest sünkroonimisest, või asendab ühise tsüklialuse prognoositud väljundvoo edastamisega naaberristmikule.

4.6.1.4 FN-D5. Ristmiku kinnisõidu ennetus [K]

Nõue. Lahendus tuvastab ristmiku või väljuva suuna ummistumise järjekorra, hõivatuse ja läbilaskevõime põhjal. Blokeeritud väljasõiduga suuna sissevoolu piiratakse; ristmiku tühjenemist toetatakse üksnes suunas, kus vastuvõturuum on olemas. Juhtimine arvestab naaberristmikke, ühistranspordi prioriteeti ja kõigi liiklejagruppide ohutust. Otsus ning selle aluseks olnud mõõteandmed logitakse. Sekkumisel kehtivad FN-D11 ohutuspiirangud ja FN-D12 ooteaja piirid. Sekkumise lõppedes taastatakse tavapärane jaotus ja koordineerimine; olek ning tulemus kuvatakse operaatorile.

Lahendus eristab ajutist tihedust püsivast ummikust: ajutine on järjekord, mis lahustub ilma sekkumiseta tellija määratud arvu tsüklite jooksul, püsiv on järjekord, mis kordub järjestikustes tsüklites. Lahendus annab operaatorile varajase hoiatuse, kui mõõdetud ja prognoositud sissevool ületab väljasõidu vastuvõtuvõime, enne blokeerumise tekkimist. Kinnisõiduohuga ristmikel mõõdetakse väljasõidu vaba ruumi ja järjekorra pikkust igas ummistusohtlikus suunas; mõõtmist vajavad suunad selguvad kohavaatlusel, anduritehnoloogia valib pakkuja.

Kui testalal on muutteabega liiklusmärke või infotahvleid, koostab lahendus ummistumise korral operaatorile ümbersuunamise ettepaneku (märgil kuvatav teave ja kestus), mis rakendub operaatori kinnitusega. Täisautomaatne ümbersuunamine kuulub võrgutasandi juhtimise laiendusse.

Kontroll. Tellija valib testalalt vähemalt ühe küllastuva ristmiku ja võrdleb kolme nädala vältel tuvastatud blokeerumisohu sündmusi sama ristmiku salvestatud kaamerapildiga. Nõue on täidetud, kui lahendus tuvastab sõltumatu vaatleja poolt kaamerapildil kinnitatud blokeerumisohu sündmustest vähemalt 90% ja ekslikult käivitunud sekkumiste osakaal jääb kuni 10% tuvastustest. Iga tuvastuse kohta on logis sekkumine koos käivitanud tingimusega. Tellija kontrollib demonstratsioonil ka sekkumise lõppu ja tavapärase jaotuse taastumist. Blokeerumisohu sündmuse tunnused, märgendamisreegel, miinimumvalim ning tuvastuse ja valepositiivse tulemuse arvutus määratakse enne pakkumist. Kõrge küllastusaste üksi ei tõenda väljasõidu blokeerumist.

Tellija määrab enne hanke väljakuulutamist ajutise ja püsiva ummiku eristamise tsüklite arvu ning varajase hoiatuse ajavaru ja kontrollib neid samal kaamerapildi valimil ning kontrollib demonstratsioonil, et ümbersuunamise ettepanek rakendub ainult operaatori kinnitusega.

Valik. Pakkuja valib küllastumise ja blokeerumisohu mõõdikud ja lävendid, sekkumisviiside komplekti ning selle, kas otsus tekib kontrolleris või platvormil.

4.6.1.5 FN-D6. Kehtiva juhtimisplaani jäädvustus ja võrreldavus baasprogrammiga [K]

Nõue. Lahendus jäädvustab iga dünaamilise muudatuse juhtimisplaanina, mis on võrreldav kinnitatud baasprogrammiga: kirje sisaldab ristmiku ja signaaligruppide kaupa faaside järjekorda, rohelise aja pikkusi, tsüklipikkust, nihkeid ning muudatuse käivitanud tingimust koos ajatempliga. Lahendus säilitab kinnitatud baasprogrammi muutumatuna võrdlusalusena ja väljastab baasprogrammi ning kehtiva juhtimisplaani erinevuse masinloetavalt ja inimloetavalt. Kirje on päritav ristmiku ja ajavahemiku kaupa.

Kontroll. Tellija valib testalalt ristmiku ja ajavahemiku ning pärib kehtiva juhtimisplaani, baasprogrammi ja nende erinevuse. Nõue on täidetud, kui väljavõte kannab kõiki nimetatud välju, erinevus vastab samal ajavahemikul logitud juhtimiskäskudele ja väljavõte on saadav nii masinloetavas vormingus kui aruandena. Tellija kordab päringut vähemalt kolme muudatustüübi kohta: rohelise aja ümberjaotus, tsüklipikkuse muutus ja prioriteedisekkumine.

Valik. Pakkuja valib juhtimisplaani andmemudeli, erinevuse arvutuse meetodi ja väljastusvormingud.

4.6.1.6 FN-D7. Juhtimisfunktsioonide automatiseerimise tase ja selle seadistatavus [K]

Nõue. Lahendus kannab iga juhtimisfunktsiooni juures automatiseerimise taset: täisautomaatne (lahendus otsustab ja rakendab), poolautomaatne (lahendus esitab ettepaneku ja operaator kinnitab enne rakendamist) või käsitsi juhitav (operaator otsustab ja rakendab). Tase on seadistatav funktsiooni ja juhtimisala kaupa ilma tarkvara ümberehituseta, taseme muutmine jääb tellija määratud rolli õiguseks ja kandub auditeeritavasse logisse (vt FN-A6) koos muutja, aja ja põhjusega. Poolautomaatsel tasemel esitab lahendus operaatorile ettepaneku koos otsuse aluseks olevate mõõdetud väärtustega ja rakendab otsuse pärast kinnitust; kinnituse viibimisel jätkab lahendus kehtiva juhtimisplaani alusel. Pakkuja annab üle juhtimisfunktsioonide loetelu koos vaikimisi tasemega ja iga taseme eeldustega (nõutav andmekvaliteet, andurikatvus, operaatori kohalolek).

Kontroll. Tellija kontrollib, et loetelu katab kõik pakutavad juhtimisfunktsioonid ja iga funktsiooni juures on tase, taseme muutmise õigus ning taseme eeldused. Demonstratsioonil muudab tellija vähemalt kahe funktsiooni taset täisautomaatsest poolautomaatseks ja tagasi ning loeb nõude täidetuks, kui muudatus jõuab juhtimisse kuni ühe tsükli jooksul, poolautomaatsel tasemel ilmub operaatorile ettepanek koos sisendväärtustega ja mõlemad muudatused jäävad logisse.

Juhtimisfunktsioonide lähtetase piloodis. Järgmine tabel seob hanke alusdokumendis nimetatud protsessid automatiseerimise tasemetega. Pakkuja esitab oma funktsioonide loetelu vaikimisi tasemega selle lähtetaseme alusel ja tellija kinnitab tasemed enne juhtimisloogika käivitamist. Piloodis on kriitilised funktsioonid (järgmises tabelis poolautomaatseks märgitud protsessid) poolautomaatsed.

Tabel 9. Juhtimisprotsesside automatiseerimise lähtetase piloodis

Protsess	Lähtetase piloodis	Alus
Fooriprogrammi kohandamine liiklusvoo järgi (tsüklipikkus, rohelise aja jaotus)	Täisautomaatne kinnitatud piirides. Eeluuringu ettepanek: piloodi alguses poolautomaatne kuni tellija otsuseni	Hanke alusdokumendi jaotus (täisautomaatne); piloodi alguse poolautomaatne tase on eeluuringu ettepanek

Protsess	Lähtetase piloodis	Alus
Ühistranspordi prioriteet	Täisautomaatne prioriteedihierarhia piirides; hierarhia muutmine poolautomaatne	Hanke alusdokumendi jaotus; hierarhia muutmise tase eeluuringu ettepanek
Häirete tuvastamine ja teavitamine	Täisautomaatne	Hanke alusdokumendi jaotus
Andmekvaliteedi seire	Täisautomaatne	Hanke alusdokumendi jaotus
Süsteemi jõudluse järelevalve	Täisautomaatne	Hanke alusdokumendi jaotus
Taandumine ohutusse lõppseisundisse	Täisautomaatne, operaator saab teavituse	Hanke alusdokument nimetab taandumist nii täis- kui ka poolautomaatsete protsesside all; täisautomaatne tase on eeluuringu ettepanek
Koordineeritud juhtimisrežiimide aktiveerimine ja lõpetamine	Poolautomaatne	Hanke alusdokumendi jaotus
Suursündmuste käsitlus ja eriolukorra juhtimisplaanid	Poolautomaatne	Hanke alusdokumendi jaotus
Kriitiliste häirete eskaleerimise otsused	Poolautomaatne	Hanke alusdokumendi jaotus
Ristmiku kinnisõidu ennetus	Poolautomaatne piloodi alguses; täisautomaatne pärast tuvastustäpsuse tõendamist ja tellija otsust	Eeluuringu ettepanek
Ümbersuunamise ettepanek muutteabega liiklusmärkidele	Poolautomaatne	Eeluuringu ettepanek
Erijuhtude sekkumine, kriisiolukorra juhtimine ja süsteemi hädaseiskamine	Käsitsi	Hanke alusdokumendi jaotus

Valik. Pakkuja valib funktsioonide jaotuse ja nimetuse, taseme seadistuse tehnilise teostuse ning ettepaneku esitusviisi operaatorile.

4.6.1.7 FN-D8. Varuprogrammide ajakohasus ja automaatne kontroll [K]

Nõue. Lahendus hoiab iga juhitava ristmiku kohta fikseeritud varuprogrammi (või varuprogramme) seob selle kehtiva baasprogrammi versiooniga ja kontrollib automaatselt, et kontrolleris olev varuprogramm vastab kinnitatud versioonile ning ristmiku kehtiva fooriprogrammi faasikoosseisule, kaitseaegadele ja miinimumrohelistele. Erinevuse tuvastamisel annab lahendus häire koos ristmiku, erinevuse kirjelduse ja vastutajaga. Lahendus toetab varuprogrammi perioodilist käivitamist tellija kinnitatud ajakava alusel ja kannab käivituse tulemuse logisse. Pakkuja annab üle varuprogrammi uuendamise protseduuri, mis nimetab rollid, sammud ja tähtajad.

Kontroll. Tellija muudab testis ühe ristmiku kinnitatud baasprogrammi ja kontrollib, et lahendus tuvastab erinevuse kuni 24 tunniga (lähteettepanek ööpäevase hooldustsükli alusel) ning annab häire nimetatud väljadega. Lisaks käivitab tellija varuprogrammi vähemalt ühel testala ristmikul ja kontrollib, et ristmik töötab varuprogrammil kaitseaegu ja miinimumrohelisi järgides ning et käivitus ja lõpp on logis. Ülevaatus kontrollib uuendamise protseduuri olemasolu ja rollide määratlust.

Valik. Pakkuja valib võrdluse tehnilise teostuse, häire edastuskanali ja varuprogrammi perioodilise käivitamise korralduse.

4.6.1.8 FN-D9. Juhtimisloogika taandumine ohutusse lõppseisundisse [K]

Nõue. Andmevoo katkestuse või sisendite kvaliteedi languse korral taandub juhtimisloogika ohutusse lõppseisundisse: ristmik töötab kalendripõhisel baasprogrammil, mille ajakohasuse tagab FN-D8, ja säilitab lokaalsest ahelast saabuva ühistranspordi prioriteedi ka tsentraalse prioriteediahela katkestuse ajal.

Taandumine järgib jooksva tsükli kaitseaegu ja miinimumrohelisi ja ülemineku kvaliteedile kehtivad FN-D14 nõuded. Lahendus teavitab operaatorit taandumisest, kuvab taandunud ristmikud eraldi seisundina, kannab logisse taandumise põhjuse, kestuse ja tagasituleku ning naaseb adaptiivsesse režiimi sisendite taastumisel. Taandumise käivitustingimused (sisendi kehtivusaken, mõõdetud sisendite osakaal, hüsterees) tulenevad FN-M9 nõudest ja lahendus rakendab neid ristmiku ning sisendliigi kaupa. Käesolev nõue käsitleb olukorda, kus andmevoog katkeb või sisendi kvaliteet langeb; olukorra, kus andmevoog on terve ja andur töökorras, kuid registreeritud nõudlus jääb teenindamata, kannab liiklejagrupi ooteaja järelevalve (vt FN-D12). Kohalik prioriteet säilib tingimusel, et kontroller ja lokaalne kutsungiahel on töökorras. Nende rikke korral rakendatakse projektis kinnitatud ohutut rikkerežiimi**.**

Kontroll. Tellija katkestab testis sisendid ristmiku ja sisendliigi kaupa; sama katse teenindab ka kehtivusakna ja astmestiku kontrolli (vt FN-M9) ning siin kontrollib tellija iga katse puhul nelja tulemust: ristmik jõuab baasprogrammile kuni ühe tsükli jooksul katkestuse tuvastamisest, lokaalne ühistranspordi kutsung jõuab kontrollerisse ka tsentraalse ahela katkestuse ajal, operaator saab teavituse ja seisund on vaates nähtav ning logis on põhjus, kestus ja tagasitulek. Tellija kordab katset vähemalt kolmel ristmikul ja vähemalt ühe korra tipptunnis.

Valik. Pakkuja valib taandumise tehnilise teostuse (kontrolleri sisemine loogika, platvormi käsk või mõlemad) ja teavituse esitusviisi.

4.6.1.9 FN-D11. Kaitseaegade, miinimumroheliste ja ületusaegade ülimuslikkus adaptiivses juhtimises [K]

Nõue. Lahendus käsitleb ristmiku kaitseaegu, miinimumrohelisi, jalakäija ja jalgratturi ületus- ning tühjenemisaega ja konfliktsete signaaligruppide lukustust piiranguna, mille sees juhtimisotsus sünnib: iga arvutatud juhtimisplaan järgib kaitseaegade maatriksit liikumissuundade paaride kaupa, miinimumrohelisi, jalakäija ja jalgratturi ületus- ning tühjenemisaega ja konfliktsete signaaligruppide lukustust. Need väärtused on ristmiku kaupa seadistatavad ja pärinevad tellija kinnitatud fooriprogrammist; väärtuse muutmine jääb tellija määratud rolli õiguseks ja kandub auditeeritavasse logisse (vt FN-A6) koos muutja, aja ja põhjusega. Lahendus kontrollib nende väärtuste järgimist enne käsu saatmist ja kontrolleri ohutusloogika jääb viimaseks kontrollkihiks. Faaside järjekord on lahenduse valida ja tsükkel võib nõudluseta faasi vahele jätta tingimusel, et iga tekkiv üleminek kannab kaitseaegade maatriksi väärtust selle liikumissuundade paari kohta. Lubavate vasakpöörete ja ebasümmeetriliste faasilõppude ohutus hinnatakse ristmiku projekti tasandil. Kasutatakse Liikuvusameti foorisüsteemi spetsialisti kinnitatud üleminekuid ja signaalilahendust, mis väldib liiklejale eksitavat olukorda. Pakkuja annab üle kirjelduse, kuidas need väärtused jõuavad ristmiku projektist juhtimisloogikasse ja kuidas pakkuja nende ajakohasust hoiab pärast liikluskorralduse muudatust. Käesolevas nõudes fikseeritud väärtused kehtivad kõigi juhtimisfunktsioonide suhtes, sealhulgas nõudluspõhise jaotuse, eelisläbipääsu, kinnisõidu ennetuse, varuprogrammi kasutuse, taandumise ja režiimivahetuse ajal.

Kontroll. Tellija koostab testala ristmike kohta kaitseaegade maatriksi kontrollvalimi ning mõõdab testis faasiüleminekuid, mis sisaldavad adaptiivsest otsusest tulenevaid faasijärjekorra muutusi, prioriteedisekkumisi ja režiimiüleminekuid. Valim hõlmab ka faasi vahelejätmisel tekkivaid üleminekuid ja neid üleminekupaare, mis tekivad ainult adaptiivses režiimis. Nõue on täidetud, kui iga mõõdetud kaitseaeg on maatriksi väärtusega võrdne või sellest pikem, miinimumrohelised püsivad kõigil signaaligruppidel ja konfliktsete suundade samaaegse rohelise juhtumite arv on null. Mõõtmine hõlmab vähemalt 200 faasiüleminekut ristmiku kohta. Lisaks esitab tellija teadlikult kaitseaegade maatriksi väärtusest lühema kaitseaja või miinimumrohelisest lühema rohelise seadistuskatse ja kontrollib, et lahendus lükkab selle tagasi koos logikirjega. Ohutuspiire rikkuvad seadistuskatsed tehakse testkeskkonnas või eraldi kinnitatud katserežiimis, mitte tavaliikluses.

Valik. Pakkuja valib andmemudeli ja täiendava ohutuskontrolli teostuse. Käsu eelkontroll ning kontrolleri sõltumatu ohutusloogika on mõlemad kohustuslikud.

4.6.1.10 FN-D12. Liiklejagrupi ooteaja ülempiir [K]

Nõue. Lahendus mõõdab ooteaega nõudluse registreerimisest rohelise alguseni ja tõstab piirile läheneva grupi teenindamise prioriteeti. See ei mõõda iga järjekorras oleva liikleja koguviivitust. Ülempiir on liiklejagrupi ja ristmiku kaupa seadistatav ning ülimuslik koordineerimise ja tsüklipikkuse optimeerimise suhtes; ohutuspiiranguid ei rikuta. Registreeritud, kuid teenindamata nõudlus käivitab häire ja vajaduse korral asendusprogrammi. Tuvastamata jäänud liikleja kaitseks kasutatakse sõltumatut sisendit, nuppu või garanteeritud perioodilist teenindust: registreeritud nõudluse taimerist üksi ei piisa. Asendusprogramm teenindab gruppe tuvastusest sõltumatult.

Kontroll. Kümne järjestikuse tööpäeva logis mõõdetakse maksimaalne ja 95. protsentiili ooteaeg. Jalakäijate ja jalgratturite piir on 90 sekundit, sõidukisuundadel 140 sekundit; ülempiiri rikkumiste arv peab olema null. Erakorraline ohutusolukord logitakse ja hinnatakse eraldi, seda ei peideta tavaliikluse statistikasse. Nupu ja anduri registreeritud nõudlus on võrdväärne. Eraldi rikkekatses hoitakse andmevoog töös, kuid peatatakse ühe grupi korrektne tuvastus. Sõltumatu etalon tõendab liikleja kohalolu ja valitud kaitsemehhanismi toimimise. Rikke järelevalve käivitab asendusprogrammi kuni 420 sekundiga ning logib põhjuse ja aja; see tehnilise rikke piir ei asenda 90/140-sekundilist teeninduspiiri. Tellija kontrollib enne pakkumist ooteajapiiride teostatavust koos fooriprogrammide, prioriteedipoliitika ja kinnisõidu ennetusega ning fikseerib hindamise tavatingimused. Ohutust ei rikuta piiri täitmiseks; erakorralised piirangud ja nende käsitlus määratakse ette ning kõik ületused jäävad nähtavaks.

Valik. Pakkuja valib, kuidas ooteaja piir optimeerimises kehtib (piirang optimeerimisülesandes, teenindusjärjekorra tõstmine või tsükli lühendamine), ooteaja mõõtmise viisi ja järelevalve teostuskoha (otsustusloogika või kontroller).

4.6.1.11 FN-D13. Kasutamata rohelise aja mõõtmine ja aruandlus [H]

Nõue. Lahendus mõõdab kasutamata rohelise aja signaaligrupi ja tsükli kaupa: rohelise aja osa, mis jääb selle signaaligrupi liikumissuunas tuvastatud liiklejate teenindamisest üle. Lahendus koondab näitaja tunni, ööpäeva ja ristmiku kaupa, esitab selle aruandes ja väljastab masinloetavalt. Lahendus seob kasutamata rohelise aja tekkepõhjusega, eristades vähemalt nõudluseta perioodi, koordineerimise piirangut, prioriteedisekkumist, miinimumrohelise kestust ja andurisisendi katkestust.

Kontroll. Tellija võrdleb valitud ristmiku ühe tunni salvestatud kaamerapilti sama tunni arvutatud näitajaga. Miinimumtase on täidetud, kui arvutatud kasutamata roheline aeg vastab vaadeldule signaaligrupi kaupa kuni 10% hälbega ning näitaja on olemas nii aruandes kui masinloetavas väljundis. Hinnatavad mõõdikud on koondamise ajaline lahutus ja tekkepõhjuste eristuse ulatus; suund: mida lühem koondamisintervall ja mida rohkem eristatud põhjuseid, seda parem. Etaloni nullväärtuse korral kasutatakse hankes ette määratud absoluutset ajahälvet; nulliga jagamist ei kasutata.

Valik. Pakkuja valib mõõtmise algoritmi, tekkepõhjuse tuletamise loogika ja aruande esitusviisi.

4.6.1.12 FN-D14. Režiimivahetus koordineerimist säilitades [K]

Nõue. Lahendus lülitub adaptiivselt režiimilt fikseeritud režiimile ja tagasi nii, et koordineerimine järjestikuste ristmike vahel säilib: üleminek algab tsükli määratud punktis, iga signaaligrupp säilitab ülemineku ajal miinimumrohelise ja maatriksijärgse kaitseaja ning tsüklipikkus liigub uuele väärtusele astmeliselt. Üleminekut saab käivitada operaator, ajakava ja automaatne taandumine. Ülemineku ajal jääb

ristmik juhitavaks ja liiklejagruppide ooteaja ülempiir kehtib. Lahendus kannab iga ülemineku logisse koos algataja, põhjuse, alguse ja lõpu ajaga ning märgib, millised ristmikud olid ülemineku ajal koordineeritud.

Kontroll. Tellija käivitab testalal vähemalt kümme üleminekut mõlemas suunas, jaotatuna tipptunni ja päevase tunni vahel. Nõue on täidetud, kui koordineerimine taastub kuni kahe tegeliku tsükli jooksul, iga signaaligrupi roheline püsib ülemineku ajal miinimumkestusest pikem või sellega võrdne, konfliktsete suundade samaaegse rohelise juhtumite arv on null ja iga üleminek on logis nimetatud väljadega. Üksikristmikust koosneva testala korral mõõdab tellija sama katsega tsüklipikkuse ja faasijärjekorra sujuvust ristmiku enda logist ning kordab katset koos naaberristmiku fikseeritud programmiga.

Valik. Pakkuja valib ülemineku algoritmi (tsükli venitamine, lühendamine või sammuline nihe) ja sünkroonimispunkti valiku loogika.

4.6.1.13 FN-D15. Juhtimisala piiritlemine ja piiriristmike käitumine [K]

Nõue. Lahendus hoiab juhtimisala koosseisu seadistatavana ristmike kaupa ja rakendab sama juhtimisloogikat nii üksikristmikul kui mitme ristmikuga koridoril. Piiriristmikul valib lahendus tellija kinnitatud reegli alusel, kas see hoiab ühist tsüklialust juhtimisalast väljapoole jääva naaberristmikuga või töötab sellest sõltumatult. Lahendus mõõdab piiriristmike järjekorra pikkust mõlemas suunas ja arvestab seda juhtimisotsuses. Ristmiku lisamine juhtimisalasse ja sealt eemaldamine toimub seadistusena ning kandub auditeeritavasse logisse (vt FN-A6) koos muutja, aja ja põhjusega.

Kontroll. Tellija lisab testis juhtimisalasse ühe ristmiku ja eemaldab sealt ühe ristmiku ning kontrollib, et mõlemad muudatused rakenduvad kuni ühe tsükli jooksul, jõuavad logisse ja jätavad ülejäänud ala töösse. Piiriristmike käitumist kontrollib tellija mõõtmisega: järjekorra pikkus piiriristmikul on juhtimisloogika sisendina logis nähtav ning tellija võrdleb piiriristmiku järjekorda ja ristmiku läbimise aega enne ja pärast juurutust samadel nädalapäevadel ja kellaaegadel. Tellija kontrollib ka, et piiriristmiku tsüklialuse reegel on seadistatav mõlemas variandis. Enne-pärast mõõtmine tugineb baastaseme andmestikule (vt FN-AR7) ja samadele võtmenäitajatele (vt FN-AR2).

Valik. Pakkuja valib juhtimisala kirjelduse andmemudeli, piiriristmiku sidumise reeglid ja järjekorra mõõtmise meetodi.

4.6.1.14 FN-D16. Juhtimisloogika ristmikule seadistamise metoodika ja töömaht [L]

Nõue. Pakkuja annab üle juhtimisloogika ristmikule seadistamise metoodika, mis nimetab seadistuse sisendid (ristmiku geomeetria, fooriprogramm, kaitseaegade maatriks, andurite paigutus ja nende seos signaaligruppidega, liiklusnõudluse andmed), sammud, iga sammu vastutava rolli ja tulemuse kontrolli viisi. Pakkuja mõõdab testala juurutuse käigus ristmiku seadistamiseks kulunud tööaja rollide kaupa ja esitab koos sellega hinnangu, kui suur osa seadistusest on korratav teistel ristmikel sama parameetrikogumi alusel. Metoodika kirjeldab ka seadistuse kehtivuse kontrolli pärast liikluskorralduse või ristmiku geomeetria muudatust.

Kontroll. Tellija hindab metoodikat ülevaatusega: iga samm kannab vastutavat rolli, sisendite loetelu katab testalal esinevad ristmikutüübid ja tulemuse kontrolli viis on kirjeldatud. Pakkuja esitab juurutuse lõpus mõõdetud tööaja vähemalt kolme ristmiku kohta või üksikristmikust koosneva testala korral ühe ristmiku kohta koos laienduse arvestusega. Nõue on täidetud, kui metoodika alusel saab arvutada seadistustöö mahu ristmike arvu kaudu ja kui esitatud tööaeg on seotud mõõdetud juurutustegevusega.

Valik. Pakkuja valib seadistuse töövahendid, sammude jaotuse oma meeskonna ja tellija rollide vahel ning korratavuse saavutamise viisi (mallid, parameetrikogumid või tuletus olemasolevatest fooriprogrammidest).

4.6.1.15 FN-D17. Rohelise alguse prognoos ja liiklejale suunatud ooteaja teave [K]

Nõue. Lahendus avaldab iga liiklejagrupi rohelise prognoositud alguse ja lõpu masinloetavalt koos kindlusastmega (FN-AV1). Prognoos eristatakse siduvast sekundinäidust: sekundinäidu avaldamisel peab juhtimine tagama lubatud ülemineku avaldatud hetkel. Kui seda ei saa tagada, kuvab seade neutraalse oleku. Ohutus on alati ülimuslik; häire korral eemaldatakse aegunud kuva ja sündmus logitakse. Prognoos ei anna liiklejale liikumisluba. Vorming eelistab avalikku spetsifikatsiooni. Tänavapaigaldus eeldab tellija kinnitatud liikluskorralduslikku lahendust ja õiguslike tingimuste kontrolli.

Kontroll. Kümne järjestikuse tööpäeva logis on rohelise alguse ja lõpu prognoosi absoluutne hälve kuni 2 sekundit vähemalt 95% avaldatud prognoosidest. Siduvast sekundinäidust kõrvalekaldumisi tavarežiimis ei esine. Ohutushäirete korral kontrollitakse eraldi kuva eemaldamist ja logi; neid juhtumeid ei peideta prognoosi kvaliteediaruandes. Liides võimaldab päringut ristmiku ja liiklejagrupi kaupa koos kindlusastmega. Vähemalt ühe testala ristmiku andmetega demonstreeritakse füüsilisel või samaväärsel katseseadmel kuva vastavust juhtimisloogikale. Tänavale paigaldatavate seadmete arv kinnitatakse eraldi. Tellija määrab enne pakkumist prognoosihorisondi või horisondid, väljastusintervalli, hõlmatud signaaligrupid ja minimaalse avaldamiskatvuse. Täpsus arvutatakse horisontide kaupa. Eraldi esitatakse avaldamata, tühistatud ja neutraalse kuvaga juhtumid ning nende osakaal kõigist nõutud prognoosijuhtudest; ainult valitud lihtsate juhtude avaldamine ei tõenda vastavust.

Valik. Pakkuja valib prognoosimeetodi, kindlusastme arvutuse, avaldamise vormingu ja kuvaseadme tehnilise lahenduse.

4.7 Analüütika ja masinõpe

4.7.1.1 FN-AN1. Nõudlusprognoos juhtimise sisendina [H]

Nõue. Lahendus prognoosib liiklusnõudlust testala ristmike ja suundade kaupa lühikeses horisondis (kuni 15 minutit, ajaline samm 5 minutit) ja keskmises horisondis (kuni 60 minutit, ajaline samm 15 minutit) ning teeb prognoosi otsustusloogika sisendiks. Prognoos tugineb mõõdetud kvaliteedimärgisega kirjetele (FN-M7) ja arvestab kontekstandmeid (ilm ja teekatte seisund, teetööd, üritused) nende laekumise ulatuses. Iga prognoosiväärtus kannab kindlusmõõdikut ja otsustusloogika kasutab prognoosi siis, kui kindlus ületab pakkuja fikseeritud läve; ülejäänud ajal tugineb otsus mõõdetud hetkeolekule.

Kontroll. Tellija võrdleb testis prognoosi mõõdetud nõudlusega vähemalt 4 järjestikuse nädala vältel, mis katab tööpäevad ja nädalavahetused. Sihtväärtused: lühikese horisondi keskmine absoluutne protsentuaalne hälve kuni 15% ja keskmise horisondi hälve kuni 25%, arvutatuna loenduspunkti tasandil tipptunni mõõtmistelt. Tellija hindab piloodi vastuvõtul mõõdetud hälvet; väiksem hälve näitab paremat tulemust. Lisaks kontrollib tellija testiga, et kindluslävest madalama prognoosi korral jätkab otsustusloogika mõõdetud hetkeoleku alusel. MAPE arvutatakse positiivse etalonväärtusega intervallidel; nullnõudlusega intervallide absoluutne viga ja osakaal esitatakse eraldi. Treening- ja testandmed eraldatakse ajaliselt, vältides tulevikuandmete sattumist prognoosi sisendisse.

Valik. Pakkuja valib prognoosimeetodi (statistiline mudel, masinõppe mudel või nende kombinatsioon), tunnuste koosseisu, kindlusmõõdiku arvutuse ja mudeli ümbertreenimise rütmi.

4.7.1.2 FN-AN2. Korduvate nõudlusmustrite tuvastus ja fooriprogrammi ettepanek [H]

Nõue. Lahendus tuvastab pikema perioodi andmestikust korduvad nõudlusmustrid (ööpäeva- ja nädalarütm, hooajalisus, korduvad pudelikaelad ja järjekorra tekkekohad) ning esitab nende alusel fooriprogrammi ja koridori koordineerimise ettepanekud, sealhulgas koridori lainegraafikud. Iga ettepanek kannab ristmiku või koridori tunnust, aluseks olevat mustrit, kasutatud andmeperioodi, oodatavat mõju

võtmenäitajates ja mõju hinnangu alust. Lahendus rakendab ettepaneku sarnase nõudlusmustri kordumisel FN-D7 automatiseerimistaseme klassifikatsiooni alusel ning operaatori kinnitust nõudval tasemel jääb rakendamine kinnituse taha (vt FN-D7). Tagasi lükatud ettepanek säilib koos põhjusega ja lahendus arvestab seda edasiste ettepanekute koostamisel.

Kontroll. Tellija hindab demonstratsioonil ettepanekute koosseisu ja põhjendatust vähemalt kolme testala ristmiku ja ühe koridori näitel: iga ettepanek näitab mustrit, andmeperioodi ja oodatavat mõju ning liikuvusameti modelleerija saab ettepaneku aluseks olevad andmed samast vaatest kätte. Tellija võrdleb piloodi tulemuse hindamisel rakendatud ettepanekute oodatava ja mõõdetud mõju hälvet võtmenäitajates: mida väiksem hälve, seda parem. Miinimumtase on ettepanekute koostamine nimetatud koosseisus ja nende jõudmine kinnitusahelasse.

Valik. Pakkuja valib mustrituvastuse meetodi, ettepanekute koostamise loogika, oodatava mõju hindamise viisi ja ettepanekute esitusvormi.

4.7.1.3 FN-AN4. Liiklusanomaaliate avastamine, teavitus ja eskaleerimine [K]

Nõue. Lahendus tuvastab testala liiklus- ja olekuandmetest kõrvalekalded ootuspärasest: ristmiku ummistumine ja jääkjärjekord, ootamatu voo langus või kasv, tavapärasest erinev läbimisaeg koridoris, faasi nõudluse kadumine ning seadme talitlusest tulenev andmemuster, mis üksiku anduri tasandi kontrolli läbib. Iga tuvastatud anomaalia jõuab häirehaldusesse kirjena, mis kannab anomaalia liiki, asukohta, algusaega, tuvastuse alust ja kindlusastet, ning lahendus teavitab operaatorit ja eskaleerib kirje FN-O2 vastutajate ja tähtaegade reeglite alusel (vt FN-O2). Üksikanduri tööoleku seiret ja rikkega anduri kirjete märgistamist enne otsustusloogikat katab FN-L2; lahendus kasutab selle märgist anomaalia liigituse sisendina ja eristab seadmepoolse põhjuse liikluspoolsest. Küllastumise ja blokeerumisohu tuvastust juhtimissekkumise käivitamiseks kannab kinnisõidu ennetuse nõue (vt FN-D5); käesolev nõue kannab häirevoogu operaatorile.

Kontroll. Tellija koostab kontrollvalimi salvestatud sündmustest, mis katab iga nimetatud anomaalialiigi, ja laseb lahendusel valimi läbi töödelda. Sihtväärtused: lahendus tuvastab vähemalt 90% kontrollvalimi sündmustest ja kinnitamata häirete osakaal kõigist väljastatud häiretest püsib kuni 20%. Tuvastuse tase on valitud selle alusel, et automaatne avastamine asendaks visuaalse seire peamise kanalina, ja kinnitamata häirete ülempiir selle alusel, et viiest häirest neli osutub kinnitatuks ja operaatori usaldus teavituse vastu püsib. Teavituse ajapiiri kannab adressaadi kaupa häire jõudmise nõue (vt MN-J3).

Valik. Pakkuja valib anomaaliate tuvastuse meetodi (reeglipõhine lävend, statistiline mudel, õppiv mudel), kindlusastme arvutuse ja korduvate sündmuste koondamise loogika.

4.7.1.4 FN-AN5. Treeningandmete päritolu, mudeli valideerimine ja täpsuse nähtavus [K]

Nõue. Lahendus treenib prognoosi- ja mustrituvastusmudeleid ainult mõõdetud kvaliteedimärgisega kirjetel (FN-M7) ning peab iga mudeli kohta treeningkirjet: mudeli versioonitunnus, treeningandmestiku ajavahemik ja koosseis, mõõdetud kirjete osakaal, valideerimise tulemus ja kasutuselevõtu kuupäev. Treeningandmestik katab tipptunni, tipptunnivälise aja, öötunnid, nädalavahetuse, koolivaheaja, suurüritused ja talvised ilmaolud. Lahendus valideerib mudeli enne kasutuselevõttu eraldi hoitud valideerimisandmestikul ja seejärel jooksvalt, võrreldes prognoosi mõõdetud tulemusega. Lahendus esitab tellijale vaates mudelite täpsuse ajas, prognoosi ja tegeliku tulemuse võrdluse ristmiku ja perioodi kaupa ning anomaaliatuvastuse tulemuse (avastatud, kinnitatud ja kinnitamata häirete arv). Täpsuse langemisel alla kokkulepitud taseme märgistab lahendus mudeli, teavitab tellijat ja käivitab ümbertreenimise.

Kontroll. Treeningkirje tõendab mõõdetud kirjete 100% osakaalu ning nõutud liiklus- ja ilmaolude katvust. See on käesoleva lahenduse pakutud kvaliteedireegel, mitte väide, et taastatud andmeid ei saaks üheski

mudelis kasutada. Puuduva hooaja või sündmuse korral esitatakse kogumisplaan ning vastav kasutusala jääb valideerimiseni piiratuks; täismahus vastavust enne ei kinnitata. Valitud ristmiku ja perioodi kuvatud täpsus peab ühtima eraldi valideerimisandmestikul arvutatuga. Täpsuse languse katses märgistatakse mudel, teavitatakse tellijat ja käivitatakse ümbertreenimine kuni 7 ööpäevaga. Uus mudel võetakse kasutusele alles pärast valideerimist. Tellija kirjeldab enne pakkumist üleantavate ajalooliste andmete perioodid ja kvaliteedi ning eristab tehnilise piloodi vastuvõtu hooajalise valideerimise lõpetamisest. Puuduvate andmete kogumine, piiratud kasutuse kestus, lõpptähtajad ja maksete seos tõenditega määratakse lepingus.

Valik. Pakkuja valib mudelite arhitektuuri, valideerimisandmestiku eraldamise meetodi, täpsuse mõõdiku ja ümbertreenimise korralduse.

4.7.1.5 FN-AN6. Automaatse otsuse seletatavus ja operaatori sekkumine [K]

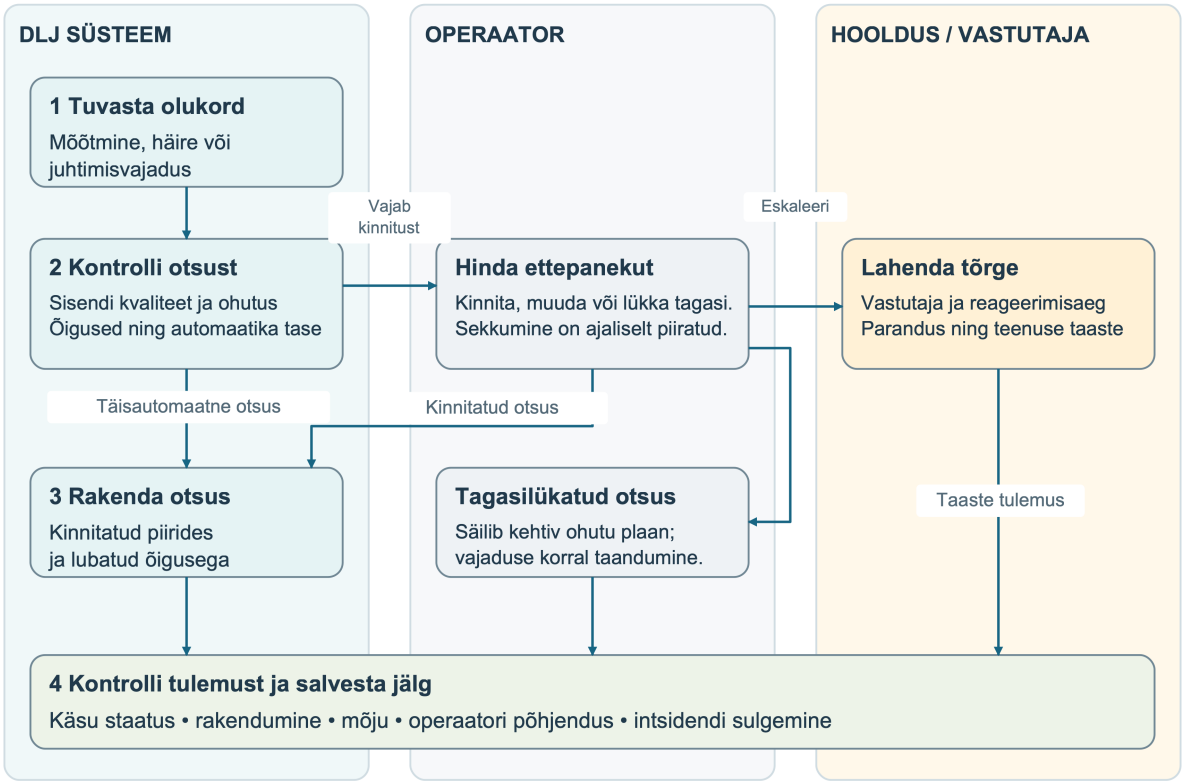
Nõue. Lahendus koostab iga automaatse juhtimisotsuse kohta otsustuskirje, mis sisaldab otsuse aluseks olnud sisendväärtusi nende hetkeseisus koos kvaliteedimärgisega, rakendatud reegli tunnust või mudeli versioonitunnust, otsuse väljundit (antud käsk ja selle ulatus) ning kaalutud alternatiivi, kui otsustusloogika valis mitme variandi vahel. Lahendus kuvab otsustuskirje sisu operaatorile inimloetavas vormis nii otsustushetkel kui ka tagantjärele ristmiku ja ajavahemiku kaupa. Operaator saab automaatse otsuse tühistada, käsu üle kirjutada ja ristmiku baasprogrammile viia igal ajal ning lahendus jäädvustab sekkumise koos põhjusega. Operaatori sekkumisvõimekuse ja käsu kinnitusaja kannab operaatori sekkumise nõue (vt FN-O3); käesolev nõue kannab otsuse seletatavust ja otsustuskirje koosseisu. Automaatikataseme, mille juures otsus jõuab liiklusesse operaatori kinnituseta, määrab FN-D7 klassifikatsioon (vt FN-D7).

Kontroll. Tellija valib logist juhusliku valimi vähemalt 20 automaatset otsust ja taastab iga otsuse: lahendus näitab sisendid, reegli või mudeli versiooni ja väljundi ning taastatud otsus ühtib logitud käsuga kõigis valimi juhtudes. Sekkumist kontrollib tellija testiga: operaatori antud tühistamiskäsk jõuab kontrolleri kinnituseni kuni 5 sekundiga ja sekkumine jääb logisse koos põhjusega. Täpse kordusarvutuse jaoks säilitatakse ka mudeli olek, vajalik arvutuskeskkonna versioon ja juhuarvuseeme või muu deterministlikku taasesitust võimaldav info; üksnes mudeli versioonitunnusest ei piisa.

Valik. Pakkuja valib otsustuskirje andmemudeli, seletuse esitusviisi operaatori vaates ja selle, kas ta tuletab seletuse reeglistikust, mudeli tunnuste mõjust või mõlemast.

4.8 Operaatori töölaud ja häirehaldus

Joonis 6 esitab otsuse teekonna: lahendus tuvastab olukorra ja kontrollib piiranguid, tegutseb kinnitatud piirides automaatselt või küsib operaatorilt kinnitust, ning erand suunatakse hooldusele. Iga tee lõpeb tulemuse kontrolli ja logimisega.



Joonis 6. Automaatika ja operaatori vastutus

4.8.1.1 FN-O1. Testala koondvaade kaardil [K]

Nõue. Lahendus kuvab operaatorile kaardipõhises vaates testala fooriristmike reaalaja oleku (aktiivne fooriprogramm, juhtimisrežiim, signaaligruppide olek), loendusandmed suundade kaupa, ühistranspordi prioriteedisündmused, aktiivsed häired ja anomaaliad ning iga kuvatava väärtuse kvaliteedimärgise ja vanuse. Vaade lubab operaatoril liikuda võrgu tasandilt koridori ja ristmiku tasandile ning avada ristmiku juurest juhtimistoimingud ja häirekirje. Vaade uueneb sündmuspõhiselt ja toob esile kõrvalekalded, et operaator saaks töötada eranditega ka võrgu tasandil.

Kontroll. Tellija mõõdab testis kuvatava olekuväärtuse vanust vaates: väärtuse vanus püsib kuni 10 sekundit 95% mõõtmistest ja kuni 30 sekundit 99% mõõtmistest. Demonstratsioonil kontrollib tellija, et vaade katab kõik nimetatud andmerühmad testala kõigi ristmike kohta, et iga väärtuse juures on nähtav selle vanus ja kvaliteedimärgis ning et operaator jõuab häireteatest ristmiku juhtimistoiminguteni sama vaate sees.

Valik. Pakkuja valib kaardirakenduse ja aluskaardi, vaate tehnoloogia ning andmete edastusviisi vaatesse.

4.8.1.2 FN-O2. Häire klassifitseerimine, vastutaja ja automaatne teavitus [K]

Nõue. Lahendus liigitab iga häire raskusastme järgi, seob selle vastutava osapoolega (operaator, hooldus partner, sidepartner) ja saadab automaatse teavituse. Häirekirje kannab tekkimise aega, asukohta, liiki, raskusastet, vastutajat, reageerimise tähtaega ja olekut (avatud, teadmiseks võetud, töös, suletud). Teadmiseks võtmata häire eskaleerub tähtaja möödumisel järgmisele tasemele ja lahendus koondab sama allika korduvad häired üheks kirjeks koos esinemiste arvuga. Raskusastmete jaotuse ja vastutajate maatriksi esitab pakkuja tellijale kinnitamiseks enne testala käivitamist.

Kontroll. Tellija tekitab testis iga raskusastme häire ning mõõdab teavituse jõudmise aega ja adressaadi õigsust. Sihtväärtus: õige adressaadi osakaal on 100% testjuhtudest. Teavituse ajapiirid kannab adressaadi kaupa häire jõudmise nõue (vt MN-J3) ja tellija mõõdab neid samas katses; käesolev nõue kannab raskusastme jaotust, vastutaja määramist ja eskaleerumist. Eskaleerumist kontrollib tellija testiga, milles ta jätab häire tähtajaks teadmiseks võtmata.

Valik. Pakkuja valib teavituskanalid, raskusastmete arvu ja eskaleerimisahela tehnilise teostuse.

Häirete lähteklassifikatsioon. Järgmine tabel koondab häirete raskusastmed koos teavituse, reageerimise ja eskaleerimise ajapiiridega. Ajapiirid tulenevad häire jõudmise, tugiteenuse, taasteaja ja välitingimustes töötavate seadmete nõuetest; välisseadme hoolduse ja tarkvara tugiteenuse reageerimisajad on esitatud eraldi, sest need katavad eri teenuseid. Teadmiseks võtmise tähtajad on eeluuringu lähteettepanek. Pakkuja täpsustab raskusastmete jaotuse ja vastutajate maatriksi selle alusel ning tellija kinnitab tähtajad ja eskaleerimise adressaadid enne testala käivitamist.

Monitooringu metoodika. Häirete töötlemise ajad arvutatakse häirekirje ajatemplitest (tekkimine, teadmiseks võtmine, töösse võtmine, sulgemine) ja esitatakse kuuaruandes raskusastme kaupa: häirete arv, teavituse jõudmise aeg, teadmiseks võtmise aeg, lahendusaeg ja eskaleerunud häirete osakaal.

Tabel 10. Häirete lähteklassifikatsioon raskusastme kaupa

Raskusaste	Näited	Teavitus	Reageerimine ja lahendus	Teadmiseks võtmine, eskaleerimine ja vastutaja
Kriitiline: liiklusjuhtimist otseselt mõjutav	Juhtimise taandumine, ristmiku olekuvoo katkestus, prioriteediahela katkestus, kontrolleri rike	Operaatori vaatesse kuni 60 sekundiga, hoolduspartneri häireregistrisse kuni 5 minutiga	Tugiteenus: reageerimine ööpäevaringselt kuni 1 tunniga, lahendus või ajutine lahendus kuni 4 tunniga. Välisseade: rikkele reageerimine kuni 4 tunniga.	Teadmiseks võtmine kuni 5 minutiga (lähteettepanek); väljaspool tööaega võtab häire teadmiseks valitud kättesaadavuse variandi järgi hoolduspartner (variant 1) või ööpäevaringselt töötav operaator (variant 2). Üle 15 minuti kestev rike eskaleerub tellija valvekontaktile, üle 1 tunni tellija juhile ja hoolduspartnerile. Vastutajad: operaator, hoolduspartner, vajaduse korral sidepartner ja teostaja tugiteenus.
Oluline: andmekvaliteeti või aruandlust mõjutav	Anduri rike, kaameravoo katkestus, sidekvaliteedi lävendi ületus, kinnitatud ja aktiivse programmiversioni erinevus	Operaatori vaatesse ja hoolduspartneri häireregistrisse kuni 15 minutiga	Tugiteenus: reageerimine tööajal kuni 4 tunniga, lahendus kuni 2 tööpäevaga. Välisseade: rikkele reageerimine tööpäeviti kuni 24 tunniga.	Teadmiseks võtmine tööajal kuni 1 tunniga (lähteettepanek); tähtajaks teadmiseks võtmata häire eskaleerub järgmisele tasemele. Vastutajad: hoolduspartner, sidepartner, teostaja tugiteenus.
Teavituslik: seadme hooldus ja kasutajatugi	Seadme hooldusvajadus väljaspool juhtimisahelat, andmekvaliteedi raporti kõrvalekalle, kasutajatoe pöördumine	Hoolduspartneri häireregistrisse ja operaatori vaatesse kuni 15 minutiga	Välisseade: rikkele reageerimine tööpäeviti kuni 24 tunniga. Kasutajatugi: vastus kuni 1 tööpäevaga.	Kantakse töönimekirja ja kuuaruandesse. Vastutajad: hoolduspartner, teostaja tugiteenus.

4.8.1.3 FN-O3. Operaatori käsitsi sekkumine ja sekkumise kehtivusaeg [K]

Nõue. Lahendus lubab operaatoril fooriprogrammi ümber lülitada, koordineerimise sisse ja välja lülitada, prioriteedi anda ning ristmiku baasprogrammile viia. Iga käsk läbib kinnitusdialoogi, mis näitab muudetava parameetri senise ja uue väärtuse, mõjutatud ristmikud ja käsu kehtivusaja. Sekkumine kannab

kehtivusaega ja lõpeb selle möödumisel automaatselt, misjärel lahendus kontrollib eelmise režiimi sisendite kehtivust, ohutust ja juhtimisõigust. Eelmisele režiimile naasetakse ainult selle eelduste täitumisel; muul juhul rakendatakse kinnitatud ohutut varurežiimi. Operaator saab tulemuse kohta teavituse. Sekkumise, selle põhjuse ja lõppemise jäädvustab lahendus FN-A6 auditeeritavas logis (vt FN-A6).

Kontroll. Tellija annab testis iga käsuliigi vähemalt ühe korra. Nõue on täidetud, kui kinnitusdialoog näitab nimetatud väljad, käsk jõuab kontrolleri kinnituseni kuni 5 sekundiga, kehtivusaja möödumisel naaseb ristmik eelmisele režiimile operaatori täiendava toiminguta ja iga samm jääb logisse koos operaatori tunnuse ning põhjusega. Kehtivusaja vaikeväärtuseks seab pakkuja 60 minutit ja operaator saab väärtust käsu andmisel muuta.

Valik. Pakkuja valib kinnitusdialoogi ülesehituse, käsuõiguste jaotuse rollide vahel ja kehtivusaja halduse teostuse.

4.8.1.4 FN-O4. Kõrvalekalded baasprogrammist ja jooksvad võtmenäitajad operaatori vaates [K]

Nõue. Lahendus näitab operaatorile ristmiku ja koridori tasandil aktiivse juhtimise ja baasprogrammi erinevust (rohelise aja jaotus faaside kaupa, tsükli pikkus, nihe koridoris) ning jooksvaid võtmenäitajaid: küllastusaste, viivitus, peatumiste arv, järjekorra pikkus ja jääkjärjekord, koridori läbimise aeg ja peatumata läbimiste osakaal, ühistranspordi eelisläbipääsu osakaal ja viivitus ning jalakäijate ja jalgratturite ooteaeg ülekäigul. Iga näitaja kannab arvutuse aluseks olnud mõõdetud kirjete osakaalu. Näitaja kokkulepitud piiri ületamisel esitab lahendus operaatorile hoiatuse koos soovitusega ning jäädvustab soovituse vastuvõtmise või tagasilükkamise koos põhjusega. Dünaamiliste muudatuste dokumenteerimist ja algse programmi säilitamist katab FN-D6; käesolev nõue katab erinevuse ja tulemuse kuvamise operaatorile. Näitajate koosseisu ja arvutusreegli kannab aruandluse nõue (vt FN-AR2).

Lahendus visualiseerib koridori lainegraafiku (aja ja teekonna diagramm): faaside algused ristmikel, kehtivad nihked ja mõõdetud sõiduaegade põhjal tuletatud läbivoo trajektoorid, ning võrdleb seda baasprogrammi lainegraafikuga. Lahendus tuvastab rohelise laine katkestuskohad, st ristmikud ja lõigud, kus läbivoo peatumiste osakaal või sõiduaja hälve ületab tellija määratud piiri, ning esitab need kaardil ja tabelina koos põhjusega. Sama vaade toetab koordineerimise kvaliteedi ja kitsaskohtade analüüsi.

Kontroll. Tellija hindab demonstratsioonil, et vaade esitab kõik nimetatud näitajad ristmiku ja koridori tasandil ning näitab aktiivse juhtimise ja baasprogrammi erinevust ajateljel. Näitajate arvutusreegli ja ümberarvutuse katse kannab aruandluse nõue (vt FN-AR2); siin kontrollib tellija, et operaatorile kuvatud väärtus ühtib sama nõude alusel arvutatud väärtusega. Tellija tekitab ühe näitaja piiriületuse ja kontrollib, et hoiatus jõuab operaatorini koos soovitusega ning et tagasilükkamise põhjus säilib. Näitajate uuenemise samm on kuni 5 minutit.

Tellija valib koridori ja päeva, mil sõltumatu mõõtmise järgi esineb vähemalt kaks katkestuskohta, ning kontrollib lainegraafiku vastavust logitud nihetele ja vähemalt kahe katkestuskoha tuvastust sõltumatu mõõtmise (kaamerapilt või sõidukite liikumisandmed) põhjal.

Valik. Pakkuja valib näitajate arvutusmeetodi, kuvamise paigutuse, hoiatuslävendite halduse ja soovituste tuletamise loogika.

4.8.1.5 FN-O6. Intsidendi menetluskirje ja vahetuse üleandmine [H]

Nõue. Lahendus peab intsidendi menetluskirjet, mis kannab intsidendi liiki, asukohta, algus- ja lõpuaega, seotud häireid, tehtud sekkumisi viitega juhtimislogi kirjetele, teavitatud osapooli koos teate aja ja sisuga ning lõpptulemust. Lahendus koostab vahetuse lõpus koondi automaatselt: lahtised intsidendid,

teadmiseks võtmata häired, kehtivad käsitsi sekkumised koos kehtivusaegadega ja vahetuse jooksul tehtud muudatused. Operaator täiendab koondit vabas vormis ja kinnitab üleandmise. Menetluskirjed ja koondid on päritavad ajavahemiku, ristmiku ja intsidendi liigi kaupa ning väljastatavad masinloetavas vormingus.

Lahendus võimaldab saata teavituse töölaualt vähemalt kahe kanali kaudu (e-kiri ning SMS või häiresüsteemi liides) tellija hallatavale teavitatavate loendile (politsei, teehooldus, hoolduspartner, ühistranspordi korraldaja, operatiivteenistused). Teate mall sisaldab ristmiku, juhtumi liigi, algusaja ja mõjutatud suunad. Kontakte ja malle haldab tellija ise.

Kontroll. Tellija läbib demonstratsioonil ühe intsidendi elukaare algusest sulgemiseni ja kontrollib, et kirje seob häire, sekkumise ja tulemuse üheks tervikuks ning et vahetuse koond sisaldab kõiki nimetatud osi. Hinnatav mõõdik on operaatori tehtavate käsitsi sammude arv vahetuse koondi koostamisel; suund: mida vähem samme, seda parem. Miinimumtase: lahendus koostab koondi automaatselt nimetatud koosseisus ja operaator kinnitab selle ühe toiminguga.

Tellija saadab testis ühe teavituse igale kanalile ja kontrollib, et teade jõuab adressaadini ning kirje kannab teate aega ja sisu.

Valik. Pakkuja valib menetluskirje andmemudeli, koondi esitusviisi ja teiste teenistuste teavitamise kanali.

4.8.1.6 FN-O7. Kahesuunaline liidestus tellija häirete registriga [K]

Nõue. Lahendus loeb tellija häirete registrist häirekirjeid ja kirjutab sinna oma kirjeid dokumenteeritud masinloetava liidese kaudu. Iga kirje kannab dünaamilise juhtimise häire tunnust, mis hoiab sama rikke mõlemas registris ühe kirjena, ja oleku muutus ühes registris kandub teise. Liidese katkestuse ajal säilitab lahendus kirjed ja edastab need taastumisel nii, et iga kirje jõuab registrisse ühe korra.

Kontroll. Tellija kontrollib testiga kirjete liikumist mõlemas suunas: lahenduses tekkinud häire jõuab registrisse ja registris tehtud oleku muutus jõuab lahendusse, kusjuures mõlemal juhul säilib ühine tunnus. Katkestuse testis katkestab tellija liidese 60 minutiks ja loeb nõude täidetuks, kui taastumise järel on kõik vahepealsed kirjed registris ühe korra.

Valik. Pakkuja valib liidestuse tehnoloogia, kirjete vahepuhverdamise ja kordumatuse tagamise meetodi.

4.8.1.7 FN-O8. Operaatori ja liikuvusameti töötajate koolitus ning teadmussiire [K]

Nõue. Pakkuja koostab ja viib läbi koolituse rollide kaupa: operaator ja järelevalvespetsialist (töölaud, häirete menetlemine, käsitsi sekkumine, otsuse seletuse lugemine), modelleerija ja analüütik (päringud, aruandlus, andmete üleandmine modelleerimiskeskkonda) ning süsteemi haldaja (konfiguratsioon, kasutajaõigused, seire); variandis 1 ka hoolduspartneri töötajad nende ülesannete osas (väljaspool tööaega häirete vastuvõtt ja etteantud stsenaariumid). Pakkuja annab üle eestikeelse kasutusjuhendi ja koolitusmaterjali, mida tellija saab ise edasi kasutada ja uuendada, ning viib enne testala käivitamist läbi harjutuse, mis katab tüüpolukorrad: ristmiku ummistus, seadme rike, ühistranspordi häire ja tagasipöördumine baasprogrammile. Koolitust kordab pakkuja lahenduse iga suurema versioonimuudatuse järel.

Operaatori oskused. Operaatori ja järelevalvespetsialisti rollis töötav inimene valdab foorijuhtimise põhimõisteid (faas, kaitseaeg, miinimumroheline, juhtimisrežiimid), töölaua kasutamist, häirete menetlemist raskusastme kaupa, käsitsi sekkumise ohutuid piire ja kehtivusaega, automaatse otsuse seletuse lugemist ja vigase sisendi äratundmist ning suhtlust teiste teenistustega ja vahetuse üleandmist. Koolitusprogramm katab need oskused rollipõhiselt.

Pakkuja annab üle tüüpolukordade eestikeelsed kiirjuhendid muudetavas vormingus, mis on avatavad töölaualt. Iga kiirjuhend kirjeldab olukorra, tegevuse, oodatava tulemuse ja eskaleerimise adressaadi ning mahub kuni kahele leheküljele (lähteettepanek).

Kontroll. Tellija hindab koolitust praktilise kontrolliga: iga rolli kohta läbib vähemalt üks tellija töötaja koolitusjärgse ülesande, milles ta lahendab oma rolli tüüpolukorra lahenduses iseseisvalt, ja ülesanne loetakse sooritatuks, kui töötaja jõuab tulemuseni pakkuja juhendamiseta. Tellija kontrollib, et kasutusjuhend ja koolitusmaterjal on eesti keeles, katavad kõik nimetatud rollid ja on tellijale muudetaval kujul üle antud. Koolitus ja harjutus jõuavad lõpule vähemalt 4 nädalat enne testala käivitamist.

Valik. Pakkuja valib koolituse vormi (kohapealne, kaugkoolitus, juhendatud töö), materjali ülesehituse ja harjutuse korralduse.

4.8.1.8 FN-O9. Operaatori töölaua ligipääsetavus ja värvist sõltumatu olekukuva [K]

Nõue. Lahenduse operaatori töölaud ja tellija kasutatavad analüüsivaated vastavad WCAG 2.1 tasemele AA. Iga olek, raskusaste ja hoiatus on eristatav ka värvi tajumata: lahendus kasutab kuju, mustri, tekstisildi või ikooni tuge. Töölaud on kasutatav klaviatuurilt, kannab nähtavat fookust ja hoiab teksti ning tausta kontrasti nõutud tasemel ka kaardivaate kohal. Häire- ja hoiatusteade jõuab kasutajani lisaks visuaalsele kuvale tekstina, mis nimetab ristmiku, häire liigi ja raskusastme.

Töölaud toetab tööd mitmel ekraanil: kaardivaate, häirevaate ja koridori lainegraafiku saab avada eraldi aknas ja jaotada ekraanide vahel sessiooni kaotamata. Iga vaate juures on kontekstipõhine abi (vaate eesmärk, näitajate seletus ja sagedased toimingud). Operaatori töölaua ja analüüsivaadete kasutajaliides, häireteated ja abi on eesti keeles.

Kontroll. Tellija kontrollib WCAG 2.1 taseme AA kohaldatavaid A- ja AA-edukriteeriume automaatsete ning käsitsi katsetega, sealhulgas klaviatuurikasutust, fookuse nähtavust ja oleku mõistmist värvita. Kõik kohaldatavad kriteeriumid peavad olema täidetud; parandustähtaeg üksi ei anna vastavust. Testiprotokoll määratleb kontrollitud vaated ja kasutusvood ning tõendid.

Valik. Pakkuja valib kasutajaliidese tehnoloogia, olekute visuaalse kodeerimise viisi ja ligipääsetavuse hindamise korralduse (sisemine hindamine või sõltumatu audit).

4.9 Aruandlus ja mõõtmine

4.9.1.1 FN-AR1. Ajaloolise andmestiku päringud, ad-hoc analüüs ja väljavõtted [K]

Nõue. Lahendus lubab tellija analüütikul pärida liiklus-, oleku-, häire- ja fooriprogrammi andmeid võrgu, koridori ja ristmiku tasandil valitud ajavahemikus ja ajaühikus ning võrrelda perioode omavahel (sama nädalapäev, eelmine kuu, eelmise aasta sama periood). Iga päringu tulemus kannab mõõdetud kirjete osakaalu valitud perioodis. Analüütik salvestab päringu koos parameetritega, jagab selle teise kasutajaga ja käivitab uuesti muudetud ajavahemikus. Lahendus väljastab tulemuse avatud tabelivormingus, tabelarvutustarkvaras avataval kujul ja masinloetava liidese kaudu. Analüüsipäringute jõudlust ja nende eraldamist operatiivpäringutest katab FN-A5.

Kontroll. Tellija koostab viie tüüppäringu komplekti, mis katab võrgu, koridori ja ristmiku tasandi ning perioodide võrdluse. Nõue on täidetud, kui tellija analüütik saab iga päringu tulemuse ise, pakkuja abita, tulemus kannab mõõdetud kirjete osakaalu, salvestatud päring annab kordamisel sama tulemuse ja väljavõte avaneb kõigis nimetatud vormingutes.

Valik. Pakkuja valib päringuliidese, analüüsivahendi, salvestatud päringute halduse ja väljundvormingute tehnilise teostuse.

4.9.1.2 FN-AR2. Linna nelja eesmärki tõendavad võtmenäitajad ja enne-pärast võrdlus [K]

Nõue. Lahendus arvutab ja esitab võtmenäitajad, mis katavad kõik neli eesmärki. Kinnisõidu vältimist katavad ristmiku blokeerumise sündmuste arv ja kestus, jääkjärjekord tsükli lõpus ning järjekorra pikkus. Rohelise aja sihipärast kasutust katavad küllastusaste faaside kaupa, nõudluseta rohelise aja osakaal ja tsükli pikkuse jaotus. Ühistranspordi eelisläbipääsu katavad eelisläbipääsu saanud läbimiste osakaal, ühistranspordi viivitus ristmikul ja koridoris ning sõiduplaanist kõrvalekalde muutus. Jalakäijate ja jalgratturite teenindamist katavad ooteaeg ülekäigul keskmisena ja 95. protsentiilis, taotluse ja rohelise vahe ning teenindatud ületusnõudluse osakaal. Lisaks arvutab lahendus läbilaskvuse, viivituse, peatumiste arvu ja koridori peatumata läbimiste osakaalu. Iga näitaja kohta avaldab pakkuja arvutusvalemi ja sisendite loendi ning iga arvutatud väärtus kannab mõõdetud kirjete osakaalu. Näitajate koosseisu ja kasutatavad protsentiilitasemed esitab pakkuja ettepanekuna ning tellija kinnitab need enne baastaseme mõõtmise algust, sest sama koosseis kannab nii baastaset kui piloodi tulemust. Lahendus võrdleb valitud perioodi baastasemega ja esitab muutuse koos mõõtmisperioodi ja mõõdetud kirjete osakaaluga. Samad näitajad koostab lahendus perioodilise aruandena tellija määratud rütmis (päev, nädal, kuu), edastab tellija määratud adressaatidele automaatselt ning väljastab nii loetaval kui masinloetaval kujul.

Kontroll. Tellija kontrollib, et iga nimetatud näitaja kohta on olemas arvutusvalem ja sisendite loend. Testis võrdleb tellija ühe ristmiku ja ühe tunni kohta lahenduse arvutatud väärtust algandmetest tehtud ümberarvutusega ja loeb nõude täidetuks, kui väärtused ühtivad. Enne-pärast võrdlust kontrollib tellija baastaseme andmestiku ja piloodiperioodi vahel: võrdlus esitab muutuse iga nelja eesmärgi näitajates koos mõõdetud kirjete osakaaluga ning märgistab näitaja, mille mõõdetud kirjete osakaal jääb alla 80%. Automaatset edastust kontrollib tellija kahe järjestikuse perioodi aruande laekumisega. Arvutustäpsus, ümardusreeglid ja lubatud arvuline tolerants määratakse mõõdikute kaupa enne pakkumist.

Valik. Pakkuja valib näitajate arvutusmeetodi ja sisendite kombinatsiooni, aruande esitusviisi ning edastuskanali.

4.9.1.3 FN-AR5. Fooriprogrammi ettepaneku eelhindamine modelleerimiskeskkonnas [H]

Nõue. Lahendus annab modelleerimiskeskkonnale üle eelhindamiseks vajaliku sisendi masinloetavas vormingus: valitud perioodi mõõdetud nõudlusprofiili suundade kaupa, aktiivse fooriprogrammi parameetrid, koordineerimise seaded ja ühistranspordi läbimised. Lahendus võtab vastu eelhindamise tulemuse, seob selle vastava programmiettepanekuga ning võrdleb pärast ettepaneku rakendamist eelhinnatud ja mõõdetud tulemust samades võtmenäitajates. Stsenaariumide eelhindamise korda ja modelleerimise ressursiplaani katab FN-MO3; käesolev nõue katab andmete üleandmise ja tulemuste võrdluse. Andmete masinloetava väljastuse ja käsitsi sammude ülempiiri kannab modelleerimise andmeahela nõue (vt FN-MO1).

Kontroll. Tellija jälgib demonstratsioonil ühe programmiettepaneku teekonda: sisendi üleandmine modelleerimiskeskkonda, eelhindamise tulemuse tagasitoomine ja rakendamisjärgne võrdlus. Hinnatav mõõdik on liikuvusameti modelleerija tehtavate käsitsi sammude arv sisendi ettevalmistamisel ja tulemuse tagasitoomisel; suund: mida vähem samme, seda parem. Miinimumtase: sisend väljastatakse modelleerimiskeskkonnas loetavas vormingus ning eelhinnatud ja mõõdetud tulemuse võrdlus on esitatud samades näitajates.

Valik. Pakkuja valib andmevahetuse vormingu ja kanali ning selle, kas ta seob keskkonnad liidesega või failipõhise vahetusega.

4.9.1.4 FN-AR7. Baastaseme mõõtmine enne testala juurutust [K]

Nõue. Pakkuja viib enne dünaamilise juhtimisloogika käivitamist testalal läbi baastaseme mõõtmise, mis katab FN-AR2 võtmenäitajad kõigi nelja eesmärgi kohta (vt FN-AR2). Pakkuja fikseerib mõõtmiskava enne mõõtmise algust: mõõdetavad ristmikud ja koridorid, mõõtmisperioodid, ajaline samm, kasutatavad andmeallikad, mõõdetud kirjete nõutav osakaal ja kvaliteedikontrolli reeglid. Mõõtmine katab tööpäevad ja nädalavahetuse ning hommikuse tipptunni, päevase aja, õhtuse tipptunni ja õhtuse madalnõudluse. Pakkuja fikseerib mõõtmise ajal kehtinud fooriprogrammid ja liikluskorralduse muudatused, et hilisem võrdlus arvestaks väliseid mõjureid, ning annab baastaseme andmestiku ja mõõtmiskava tellijale üle masinloetavas vormingus.

Kontroll. Tellija kinnitab mõõtmiskava enne mõõtmise algust ja kontrollib tulemust ülevaatusega: andmestik katab kõik FN-AR2 näitajad (vt FN-AR2), nimetatud ajavahemikud ja testala ristmikud ning iga näitaja kannab mõõdetud kirjete osakaalu. Mõõtmisperiood on vähemalt 4 järjestikust nädalat väljaspool koolivaheaega ja riigipühi. Nõue on täidetud, kui mõõdetud kirjete osakaal püsib igas näitajas vähemalt 80% ja andmestik avaneb tellija vahenditega.

Valik. Pakkuja valib mõõtmise andmeallikate kombinatsiooni (olemasolev loendusvõrk, ajutised mõõtmised, videoloendus), kvaliteedikontrolli meetodi ja andmestiku vormingu.

4.9.1.5 FN-AR8. Piloodi tulemusaruanne ja selle avaldamine [K]

Nõue. Pakkuja koostab piloodiperioodi lõpus tulemusaruande, mis esitab FN-AR2 näitajad nelja eesmärgi kaupa baastaseme ja piloodiperioodi võrdluses (vt FN-AR2), kirjeldab kasutatud arvutusmetoodikat ja andmeallikaid, toob iga näitaja juures välja mõõdetud kirjete osakaalu ning nimetab välised mõjurid (liikluskorralduse muudatused, teetööd, ilmastik, üritused), mis tulemust mõjutasid. Aruanne eristab mõõdetud tulemuse, arvutusliku hinnangu ja tõlgenduse ning esitab tulemuse usaldusväärsuse piirid. Pakkuja esitab aruande tellijale eesti keeles koos aluseks olnud andmestiku ja arvutuskäiguga ning valmistab ette avalikustamiseks sobiva lühiversiooni, mille avaldamise otsustab tellija.

Kontroll. Tellija hindab aruannet ülevaatusega: iga nelja eesmärgi kohta on esitatud vähemalt üks näitaja baastaseme ja piloodiperioodi võrdluses koos mõõdetud kirjete osakaaluga, metoodika on kirjeldatud arvutusvalemi tasemel ja välised mõjurid on nimetatud koos ajavahemikuga. Tellija kontrollib tulemuse taastatavust: tellija analüütik arvutab aruande andmestikust ühe näitaja uuesti ja tulemus ühtib aruandes esitatuga. Aruanne laekub tellijale kuni 6 nädalat pärast piloodiperioodi lõppu.

Valik. Pakkuja valib aruande ülesehituse, tulemuse esitusviisi ja usaldusväärsuse piiride hindamise meetodi.

4.9.1.6 FN-AR9. Liiklejagruppide osakaalu arvutamine mõõdetud loendusandmetest [L]

Nõue. Lahendus arvutab liiklejagruppide osakaalu mõõdetud loendusandmetest valitud ajavahemikus kolmel tasandil: ristmik, koridor ja võrk. Arvutus eristab mõõdetud ja taastatud kirjed ning esitab osakaalu kõrval mõõdetud kirjete osakaalu, mille põhjal tulemus arvutati. Lahendus esitab tulemuse masinloetavas vormingus ja lubab sama arvutust korrata võrreldavatel ajavahemikel. Loendusvõrgu katvuse kasvades laieneb arvutus uutele punktidele seadistusena. Tulemus kirjeldab vaadeldud loenduskohtade läbimiste jaotust. Sõidukite ja inimeste arve ei liideta ühise osakaalu arvutamisel ilma ühise mõõtühiku ning täituvuse hinnanguta. Kogu linna liikumisviiside jaotuse järeldamiseks tuleb eraldi valideerida valimi esinduslikkus, korduvloenduste käsitlus ja kaalud.

Kontroll. Tellija pärib osakaalu kõigil kolmel tasandil valitud ajavahemiku kohta ja kontrollib, et tulemus kannab mõõdetud kirjete osakaalu ning eristab taastatud väärtused. Tellija kordab sama päringut teise

ajavahemiku kohta ja kontrollib tulemuste võrreldavust. Testalal tõendab pakkuja arvutuse ristmiku ja koridori tasandil; võrgu tasand tõendatakse laienduse käigus. Kontroll hõlmab lugeja, nimetaja, ühikute, katvuse ja korduvloenduste käsitluse kirjeldust; mõõtepunktide jaotust ei esitata põhjendamata kogu linna reiside jaotusena.

Valik. Pakkuja valib arvutusmeetodi, liiklejagruppide agregeerimise reeglid, väljundi vormingu ja selle, kas arvutus toimub päringu ajal või eelarvutatud koondina.

4.10 Modelleerimise integratsioon

4.10.1.1 FN-MO1. Andmeahel modelleerimiskeskkonda [L]

Nõue. Lahendus väljastab modelleerimiskeskkonnale masinloetavalt kehtivad fooriprogrammid ja juhtimisplaanid signaaligruppide, faaside, rohelise aja pikkuste, tsüklipikkuse ja nihete tasandil ning loendusandmed loenduspunkti, mõõtmisintervalli ja liiklejaklassi kaupa. Iga väljastatud kirje kannab ajatemplit ühtsest ajaallikast (NTP), allika tunnust ja FN-M7 kvaliteedimärgist ning iga andmehulk kannab mõõdetud kirjete osakaalu (vt FN-M7), mille alusel modelleerija valib stsenaariumi sisendi. Pakkuja annab tellijale üle väljastusvormingu spetsifikatsiooni. Pakkuja teostab selle nõude modelleerimise tööpaketina, mille ajakava on testala käivitamise ajakavast eraldi ja mille pakkuja esitab koos FN-MO3 kavaga (vt FN-MO3).

Nõue hõlmab lahenduse andmeid testala juhtimisala fooriobjektide kohta; linna seireplatvormi ja keskhaldusplatvormi muud väljundid jäävad selle nõude ulatusest välja. Juhtimisplaan on lahenduse rakendatud muudatuse kirje; adaptiivse juhtimisloogika kirjeldamine mudelis kuulub modelleerimise tööpaketi kavasse. Nõue määrab andmete sisu ja jätab failivormingu pakkuja valikuks. Fooriprogrammide eksport keskhaldusplatvormist modelleerimiskeskkonnas kasutatavasse vormingusse vajab tootja kinnitust.

Kontroll. Tellija laadib demonstratsioonil ühe testala ristmiku kehtiva fooriprogrammi ja ühe nädala loendusandmed modelleerimiskeskkonda ning võrdleb tulemust lahenduse allikaandmetega. Nõue on täidetud, kui väljavõte kannab kõiki nimetatud välju, väärtused vastavad allikaandmetele kõigis kontrollpunktides ja andmete jõudmine mudelisse hõlmab kuni kaks inimese tehtavat sammu: modelleerija valib andmehulga ja käivitab laadimise ning teisendused teeb lahendus. Sammude arv on lähteettepanek, mille tellija kinnitab; mudeli koostamine ja kalibreerimine jäävad sammude arvestusest välja. Tellija kontrollib, et väljastusvormingu spetsifikatsioon katab kõik väljastatavad andmeobjektid. Toimiv testala liides ja nimetatud demonstratsioon kuuluvad piloodi kohustuslikku mahtu ka L-klassi korral. Hanke lähteandmed määravad üleantava mudeli, versiooni, litsentsid ning puuduva mudeli koostamise või kalibreerimise töömahu.

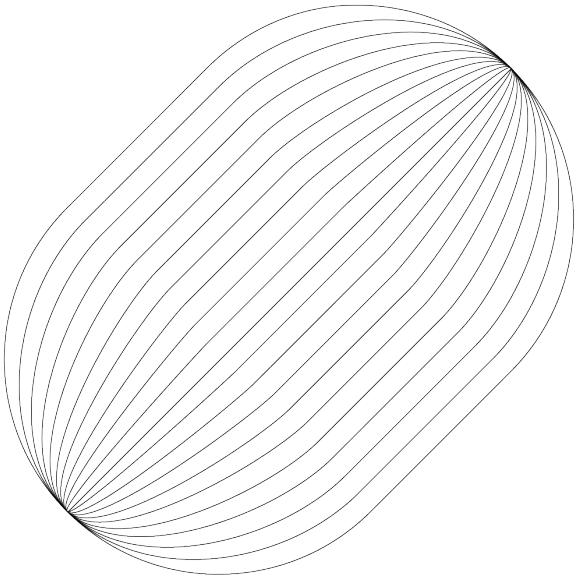
Valik. Pakkuja valib väljastusvormingu ja ülekandeviisi (failipõhine väljastus, liides või vahendav teisenduskiht) ning selle, kas ta teostab teisenduse lahenduse sees või eraldi komponendina.

4.10.1.2 FN-MO3. Modelleerimise tööpaketi kava ja stsenaariumide eelhindamine [L]

Nõue. Pakkuja esitab modelleerimise tööpaketi kava, mis nimetab eelhinnatavad testala juhtimisstsenaariumid, nende järjekorra, iga stsenaariumi sisendid, ressursikulu rollide kaupa ja ajakava, mis on testala käivitamise ajakavast eristatud. Kava esitab adaptiivse juhtimisloogika mudelisse kirjeldamise töömahu fooriobjekti kohta ja korratava osa (mallid, parameetrikogumid, tuletus olemasolevatest fooriprogrammidest). Pakkuja hindab mudelis eelnevalt vähemalt need stsenaariumid, mis muudavad tsüklipikkust, faaside järjekorda või koordineerimise nihkeid rohkem kui ühel ristmikul, ja esitab iga eelhindamise kohta sisendi, tulemuse ja järelduse.

Kontroll. Tellija hindab kava ülevaatusega: iga samm kannab vastutavat rolli, ajakava on testala käivitamise ajakavast eristatud, töömaht on esitatud fooriobjekti kohta ja korratava osa suurus on põhjendatud. Pakkuja demonstreerib ühe testala stsenaariumi eelhindamise mudelis algusest lõpuni ja tellija loeb nõude täidetuks, kui demonstratsioon katab sisendi laadimise, arvutuse ja tulemuse tõlgenduse ning kui kava alusel saab arvutada eelhindamise töömahu stsenaariumide arvu kaudu. Enne juhtimismuudatuse rakendamist tehakse hankes loetletud testala stsenaariumide tegelik eelhindamine. L-klassi laienduskava puudutab ülejäänud linna töömahtu ega asenda piloodi kohustuslikke modelleerimisi. Stsenaariumide loetelu ja tellija ning pakkuja tööjaotus määratakse enne pakkumist.

Valik. Pakkuja valib modelleerimisvahendid, adaptiivse juhtimisloogika kirjeldusviisi mudelis ja tööjaotuse oma meeskonna ning liikuvusameti modelleerija vahel.



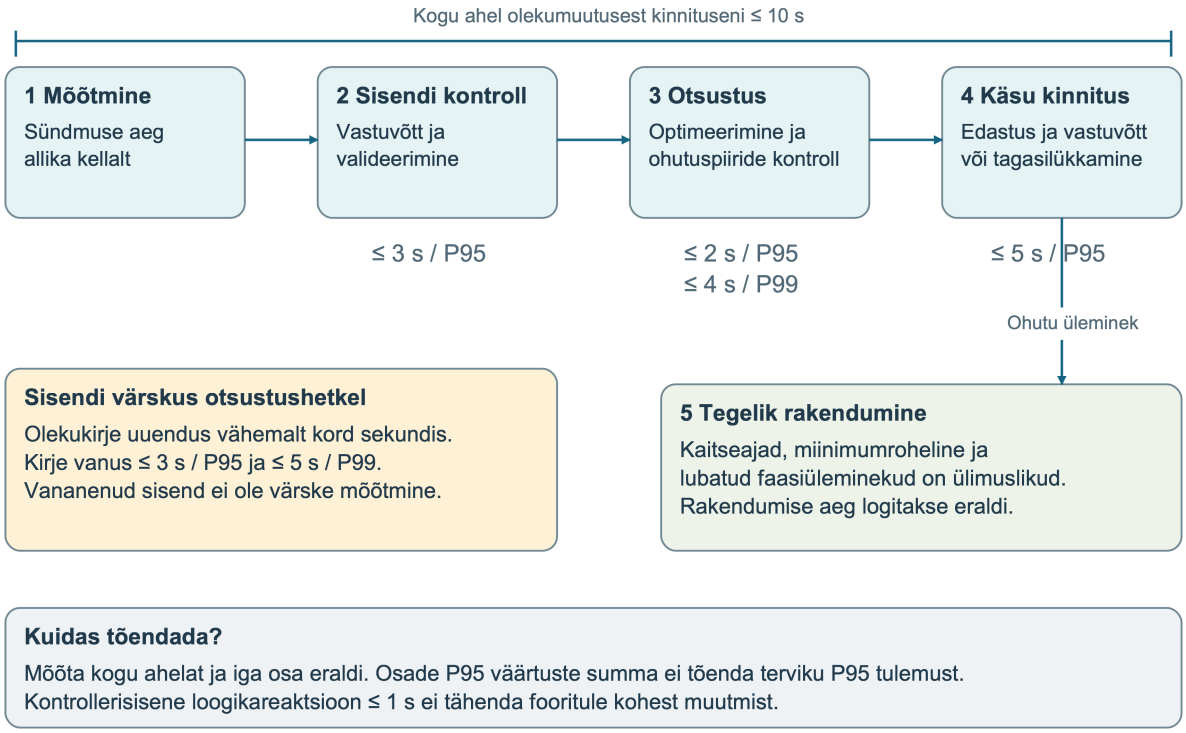
Mittefunktsionaalsed nõuded

Kui hästi lahendus peab toimima

5 Mittefunktsionaalsed nõuded

5.1 Jõudlus ja latentsus

Joonis 7 esitab otsustusahela mõõtmisest kuni ohutu rakendumiseni koos mõõtmispunktide ja ajapiiridega. Käsu kinnitamine ja fooritule tegelik muutumine on eraldi sündmused ning neid mõõdetakse eraldi.



Joonis 7. Juhtimisotsuse teekond ja ajapiirid

5.1.1.1 MN-J1. Otsustusahela lubatud viiteaeg [K]

Nõue. Pakkuja esitab pakkumuses otsustusahela ajajaotuse nelja osa kohta: sisendi vastuvõtt ja valideerimine, otsustusarvutus, käsu koostamine ja edastus ning kontrolleri kinnitus. Osade summa mahub FN-M4 koguaega. Pakkuja määrab iga osa kohta mõõtepunkti alguse ja lõpu ning esitab need koos ajajaotusega. Esimese osa mõõtmine algab allika sündmuse ajatemplist ja hõlmab ka allikast vastuvõtuni kuluvat aega. Inimese kinnituse ooteaega näidatakse eraldi vastavalt FN-M4-le; tehnilise ahela viivitusi sellest välja ei jäeta.

Lahendus mõõdab iga osa kestust iga juhtimiskäsu kohta, salvestab tulemuse ajaseeriana koos ristmiku ja käsu identifikaatoriga ning esitab operaatorile ja aruandlusse osade kaupa jaotuse ristmiku ja ajavahemiku lõikes. Osa kestuse püsimisel üle pakkuja esitatud piiri annab lahendus häire koos ületatud osa nimetusega.

Otsustusarvutuse osa on lahenduse enda vastutuses ja selle piiri täitmist hinnatakse eraldi ülejäänud kolmest osast, mille kestus sõltub olemasolevast sidest ja kontrollerist.

Kontrollerisisese juhtimisloogika korral mõõdab lahendus ahelat andurisignaalist juhtimisloogika reaktsioonini. Fooritule muutumine järgib FN-D11 ohutuspiire.

Kontroll. Testalal tehtud mõõtmiste põhjal koostatud aruanne näitab iga osa kestuse jaotust ristmiku kaupa vähemalt kahenädalase perioodi kohta. Aruandes esitatud osade summa vastab FN-M4 mõõdetud

koguajale sama perioodi kohta. Otsustusarvutuse osa püsib pakkuja esitatud piires kokkulepitud protsendil mõõtmistest. Vähemalt üks ületamise juhtum on häirena registreeritud ja jälgitav.

Valik. Pakkuja valib mõõtmise tehnilise teostuse, ajaseeria salvestuse ja aruandluse vormi ning esitab ajajaotuse väärtused oma arhitektuuri alusel.

5.1.1.2 MN-J2. Prioriteedikutsungi töötlus sõiduki lähenemise aknas [K]

Nõue. Lahendus arvutab prioriteedikutsungi saanud sõiduki prognoositud saabumisaja ristmikule kutsungipunkti kauguse ja mõõdetud kiiruse alusel, teeb prioriteediotsuse ja edastab selle kontrollerisse nii, et kontrolleril jääb otsuse rakendamiseks aega vähemalt ühe faasiülemineku jagu. Lahendus säilitab iga kutsungi kohta laekumise aja, arvutatud saabumisaja, otsuse aja ja kontrolleri kinnituse aja. Lahendus rakendab sama ajaarvestust nii lokaalsest kui ka tsentraalsest ahelast saabuvale kutsungile ning käsitleb prognoositud saabumisajast hiljem laekunud kutsungit eraldi ja kannab selle logisse. Eelisläbipääsu hierarhia ja sekkumisviisi valiku kannab eelisläbipääsu nõue (vt FN-D2); käesolev nõue kannab kutsungi töötlusaega ja saabumisaja prognoosi ajaakent.

Kontroll. Tellija mõõdab testalal vähemalt 200 prioriteedikutsungi kohta aja kutsungi laekumisest kontrolleri kinnituseni. Sihtväärtused: kuni 2 sekundit 95% ja kuni 3 sekundit 99% kutsungitest ning otsus jõuab kontrollerisse vähemalt 5 sekundit enne prognoositud saabumist ristmikule. Kaks sekundit hoiab töötluse mõju sekkumisruumile alla 30 meetri kiirusel 50 km/h ja 5 sekundit vastab ristmiku kaitseaegade suurusjärgule, mille tellija kinnitab ristmiku fooriprogrammi alusel. Prioriteedikäsu piir on FN-M5 üldisest viiesekundilisest kinnituse piirist rangem (vt FN-M5), sest lähenemise aken määrab prioriteediotsuse väärtuse. Tellija kontrollib logist, et iga kutsung kannab kõiki nimetatud aegu. Saabumiseni vähemalt viie sekundi nõuet hinnatakse piisava etteteatamisega kutsungitel; miinimumetteteatamine ja katsesündmuste jaotus määratakse enne pakkumist. Hilised kutsungid logitakse ja käsitletakse ohutult ning nende osakaal avaldatakse eraldi.

Valik. Pakkuja valib saabumisaja prognoosi meetodi, kutsungite järjekorra halduse ja kutsungipunktide kauguse valiku.

5.1.1.3 MN-J3. Häire jõudmine operaatorini ja hooldusahelasse [K]

Nõue. Lahendus edastab tuvastatud häire operaatori vaatesse ja hoolduspartneri häireregistrisse automaatselt koos ristmiku, seadme, häireliigi, tuvastusaluse, alguse aja ja juhtimisele avalduva mõjuga. Lahendus järjestab häired mõju järgi: liiklusjuhtimist otseselt mõjutav häire (juhtimise taandumine, ristmiku olekuvoo katkestus, prioriteediahela katkestus) eristub andmekvaliteedi ja seadme hooldushäirest. Lahendus koondab sama põhjusega häired üheks teateks ja säilitab koondatud sündmuste loetelu, et operaator näeks korraga häire ulatust ja üksikjuhtumeid.

Kontroll. Tellija tekitab testis iga häireliigi kohta vähemalt ühe häire ja mõõdab aja tuvastamisest teavituseni. Sihtväärtused: liiklusjuhtimist otseselt mõjutav häire jõuab operaatori vaatesse kuni 60 sekundiga ja hoolduspartneri häireregistrisse kuni 5 minutiga ning ülejäänud häired jõuavad mõlemasse kuni 15 minutiga.

Valik. Pakkuja valib teavituskanalid, häirete koondamise reeglid ja hoolduspartneri häireregistriga liidestuse viisi.

5.1.1.4 MN-J4. Sidevõrgu viivituse pidev mõõtmine [K]

Nõue. Lahendus mõõdab pidevalt iga kontrolleri sideühenduse edasi-tagasi viivitust ja pakettide kadu, säilitab tulemused ajaseeriana ning annab häire lävendi ületamisel MN-J3 korras (vt MN-J3). Mõõtmine eristab juurdepääsuvõrgu tüübi (püsiühendus, mobiilsideühendus) ja lahendus esitab viivituse jaotuse

ristmiku ning ühendusliigi kaupa. Lahendus seob viivituse kasvu ristmiku juhtimisrežiimiga, et operaator ja hooldusparter näeksid, milliste ristmike juhtimist sidekvaliteet parasjagu mõjutab.

Kontroll. Tellija kontrollib mõõtmise katkematust vähemalt seitsme ööpäeva jooksul ja võrdleb tulemusi oma võrguseire andmetega. Sihtväärtused: mõõtmisintervall kuni 60 sekundit, püsiühendusega kontrolleri viivituse mediaan kuni 50 millisekundit ja 99. protsentiil kuni 200 millisekundit, mobiilsideühendusega kontrolleri viivituse mediaan kuni 150 millisekundit ja 99. protsentiil kuni 500 millisekundit ning pakettide kadu kuni 1% tunnis. 500 millisekundit moodustab FN-M4 kümnesekundilisest ahelast 5% ja jätab ülejäänud eelarve andmetöötlusele (vt FN-M4); kaks taset vastavad võrgus kasutatavale kahele juurdepääsutehnoloogiale.

Valik. Pakkuja valib mõõtmismeetodi, ajaseeria säilitusviisi ja lävendite seadistuse korralduse.

5.1.1.5 MN-J5. Koormustaluvus linnaülesel mahul ja päringute vastamisaeg [L]

Nõue. Lahendus võtab vastu ja töötleb samaaegselt kogu foorivõrgu mahus kontrollerite olekuvood, loendusvood, kaamerate metaandmed ja liidesetarbijate päringud. Pakkuja eristab operatiivsed päringud (olek, käsk, häire) analüütilistest päringutest (ajalooline koond, aruanne) ja hoiab operatiivsete päringute vastamisaega ka analüütilise koormuse ajal. Pakkuja tõendab koormustaluvuse koormustestiga enne testala tootmiskasutust ja esitab tulemuse koos ressursikasutuse profiiliga, mille alusel tellija arvutab laienduse taristuvajaduse.

Kontroll. Tellija hindab koormustesti tulemust: esialgne sünteetiline testprofiil hõlmab 299 kontrolleri olekuvoo sekundilise värskusega, 426 loendusanduri voo, 235 kaamera metaandmevoo ja samaaegsed liidesetarbijate päringud. Sihtväärtused: operatiivne päring vastab kuni 500 millisekundiga 95% ja kuni 1000 millisekundiga 99% päringutest, analüütiline päring kuni 10 sekundiga, kirjete kadu koormustestis on null ja jõudlus püsib sihtväärtustes 1,5-kordse voomahu juures. Need mahud on koormustesti lähte-eeldus, mitte kinnitatud ajakohane inventuur. Enne pakkumuste küsimist fikseeritakse sõnumisuurus, signaaligruppide arv, iga voo sagedus, päringute arv sekundis, lugemise/kirjutamise osakaal ja analüütilise päringu maht. Pakkuja mõõdab maksimaalse püsiva päringukiiruse, mille juures kõik ajalimiidid kehtivad, ning võrdleb seda tellija kinnitatud tippkoormusega. Ilma koormusprofiilita vastavust ei kinnitata. FN-A5 ja MN-S1-ga kattuvate operatiivpäringute korral kasutatakse sama koormusprofiili juures käesoleva nõude rangemat ajapiiri. Analüütiliste päringute tüübid ja andmemahud eristatakse hanke jõudlusmaatriksis; eri mahuga päringute ajalimiite ei käsitleta samaväärsetena.

Läbilaskevõime lähteväärtus. Arvutuslikult annab 299 kontrolleri olekuvoog sekundilise värskusega ligikaudu 300 kirjet sekundis ning koos loendus- ja kaamera metaandmevoogudega ligikaudu 540 kirjet sekundis (eeldused: üks olekukirje kontrolleri kohta sekundis, loendus minutikoondina ligikaudu 7 kirjet sekundis, üks metaandmekirje kaamera kohta sekundis), 1,5-kordse varuga ligikaudu 810 kirjet sekundis. Sellest lähtudes on koormusprofiili lähteväärtus vähemalt 1 000 sissetulevat kirjet sekundis püsivalt ja 2 000 kirjet sekundis 60 sekundi jooksul kirjete kaota. Olekukirje jõuab reaalajakihti kuni 1 sekundiga ja loenduskirje kuni 60 sekundiga. Väärtused on eeluuringu lähteettepanek; tellija kinnitab need koos sõnumisuuruse, päringute arvu sekundis ning lugemise ja kirjutamise osakaaluga enne hanke väljakuulutamist.

Valik. Pakkuja valib arhitektuuri ja skaleerimise viisi, päringuliikide eraldamise lahenduse ning koormustesti töövahendid.

5.1.1.6 MN-J6. Operaatori töövahendi reageerimisaeg [K]

Nõue. Lahendus annab operaatori kriitilisele toimingule (juhtimiskäsu saatmine, juhtimisrežiimi või automatiseerimise taseme muutmine, prioriteedi käsitsi andmine, häire teadmiseks võtmine) kõigepealt

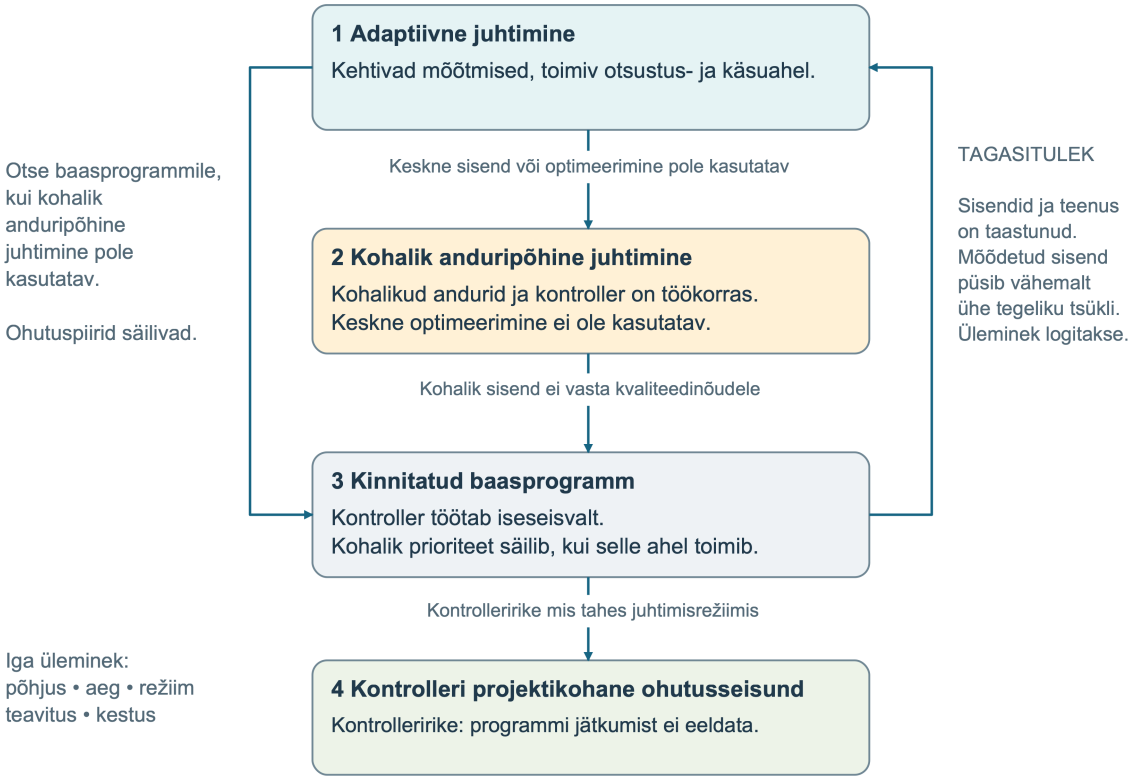
tagasiside toimingu vastuvõtust ja seejärel toimingu tulemuse koos kontrolleri vastusega. Ristmiku olekuvaade ja häirete nimekiri uuenevad automaatselt kindla intervalliga. Pakkuja annab üle kriitiliste toimingute loetelu koos iga toimingu reageerimisaja mõõtepunktidega.

Kontroll. Tellija mõõdab iga kriitilist toimingut vähemalt 20 korda: vastuvõtu tagasiside kuni 1 sekund, tulemus koos kontrolleri vastusega kuni 5 sekundit, ristmikuvaate avanemine kuni 2 sekundit ja olekuvaate värskendusintervall kuni 2 sekundit. Mõõtmine hõlmab ka vastuse kuvamiseni kuluvat aega. Värskendusintervall ei tõenda andme vanust: operaatorivaate allika ajatemplist arvutatud vanust kontrollitakse eraldi FN-O1 järgi, otsustusmootori sisendi vanust FN-M4 järgi.

Valik. Pakkuja valib kasutajaliidese tehnoloogia, vaadete värskendamise mehhanismi ja vaadete jaotuse.

5.2 Töökindlus ja käideldavus

Joonis 8 esitab juhtimisrežiimid ja nendevahelised üleminekud koos ülemineku põhjuse, taastumise tingimuse ja teavitusega. Kontrolleririke võib tekkida igas režiimis ja viib ristmiku projektikohasesse ohutusseisundisse.



Joonis 8. Juhtimisrežiimid ja taandumine rikke korral

5.2.1.1 MN-T1. Teenustase: käideldavus, seisak ja hooldusaknad [K]

Nõue. Lahendus mõõdab ja esitab kolme käideldavuse näitajat: juhtimisahela käideldavus (olekuvoo vastuvõtt, otsustusloogika ja käsuedastus), operaatori töövahendi ja aruandluse käideldavus ning andmete käideldavus ristmiku kaupa, mille arvutusreeglid annab MN-T5. Pakkuja esitab plaaniliste hooldusakende ajad ja etteteatamise korra ning kuuaruande, mis sisaldab iga näitaja väärtust ja seisakute loetelu (algus, lõpp, põhjus, mõjutatud ristmikud, fallback-olekus veedetud aeg MN-T4 järgi) (vt MN-T4).

Kontroll. Juhtimisahela käideldavus on vähemalt 99,9% kuus, operaatori töövahendil ja aruandlusel vähemalt 99,5% kuus. Lubatud seisak = arvestusperioodi kestus × (1 − käideldavus). Täieliku 30-päevase

perioodi korral on piirid vastavalt 43 minutit 12 sekundit ja 3 tundi 36 minutit. Kuu tegelik pikkus ning lepingus kokku lepitud hooldusakende välistamine muudavad arvestusperioodi. Hooldus on lubatud kell 01.00–05.00 vähemalt 5 tööpäeva etteteatamisega. Aruanne näitab nii kogu perioodi kui ka lubatud hoolduseta perioodi käideldavust, seisakuid ja taandumise kestust. Tellija kordab arvutust logi alusel.

Valik. Pakkuja valib mõõtmise teostuse, aruande vormi ja hooldustööde korralduse sihtväärtuste sees.

5.2.1.2 MN-T2. Juhtimisahela komponentide dubleerimine ja automaatne ümberlülitus [K]

Nõue. Lahendus dubleerib juhtimisahela need komponendid, mille üksikrike katkestaks korraga rohkem kui ühe ristmiku dünaamilise juhtimise: rakendusserverid, andmebaas, sõnumivahetuskiht ja keskse sõlme võrguühendus. Rikke korral lülitub lahendus varukomponendile automaatselt, säilitades käimasolevate juhtimisotsuste järjepidevuse, ning kannab ümberlülituse logisse koos põhjuse, kestuse ja mõjutatud ristmikega. Kontrollerite autonoomne töö säilib ümberlülituse ajal. Pakkuja annab üle dubleerimise skeemi koos üksikrikke stsenaariumide analüüsiga, mis nimetab iga komponendi kohta rikke mõju ja taasteviisi.

Kontroll. Tellija katkestab iga dubleeritud komponendi töö eraldi. Automaatne ümberlülitus kestab kuni 30 sekundit ja kontrolleri ohutu autonoomne töö säilib. Test kontrollib iga poolelioleva käsu staatust: täidetud, tagasi lükatud, aegunud või uuesti edastatud. Aegunud käsku ei täideta; kordused ei tekita korduvat juhtimismõju. Katkestus ja taastumine logitakse. Juhtimise ajalimiitide rikkumised kajastuvad käideldavuse aruandes ka siis, kui ümberlülitus vastab 30-sekundilisele piirile.

Valik. Pakkuja valib dubleerimise arhitektuuri (aktiiv-aktiiv, aktiiv-ootel või klaster), ümberlülituse mehhanismi ja andmete replikeerimise viisi.

5.2.1.3 MN-T3. Taasteaeg, lubatud andmekadu ja astmeline teavitusahel [K]

Nõue. Pakkuja fikseerib taasteaja (RTO) ja lubatud andmekao (RPO) komponendi kaupa, koostab taasteplaani, mis nimetab sammud ja vastutavad rollid, ning katsetab plaani tellija juuresolekul. Lahendus varundab juhtimislogi, seadistuse, mõõteandmed ja häirete ajaloo. Pikema rikke korral käivitab pakkuja astmelise teavitusahela, mille tasemed, tähtajad ja adressaadid on lepingus fikseeritud.

Kontroll. Vähemalt üks tellija juuresolekul tehtud taastekatse tõendab RTO-d kuni 4 tundi juhtimisahelale ja kuni 8 tundi operaatori töövahendile ning RPO-d kuni 15 minutit juhtimislogile ja seadistusele. Taastamist alustatakse kohe rikke käsitlemisel. Üle 15 minuti kestev rike eskaleeritakse tellija valvekontaktile, üle 1 tunni tellija juhile ja hoolduspartnerile; 4 tunni piiril hinnatakse täiendavat eskaleerimist ja RTO rikkumist, mitte ei alustata taastamist. Pakkuja määrab ka mõõteandmete ja häireajaloo RPO ning testib eraldi rikkepiirkonnas hoitava varukoopia taastatavust.

Valik. Pakkuja valib varunduse arhitektuuri, taasteprotseduuride teostuse ja teavituskanalid.

5.2.1.4 MN-T4. Fallback-hierarhia kihtide kaupa ja käsitsi juhtimise kättesaadavus [K]

Nõue. Pakkuja kirjeldab otsustus-, andme-, side- ja kontrollerikihi tõrked, taandumise viisi, ajapiiri ja teavituse. Keskse kihi või side rikke korral jätkab töökorras kontroller kinnitatud kohaliku programmiga (FN-D9). Kontrolleri enda rikke korral rakendub seadme ja ristmiku projektis määratud ohutusseisund; programmi jätkamist ei eeldata. Operaatori kaugsekkumine eeldab toimivat sidekanalit; selle puudumisel kirjeldatakse kohapealse sekkumise kanal ja reageerimisaeg. Kihipõhine testrežiim võimaldab kontrollitud katseid. Taandumise kestus salvestatakse ristmiku ja kihi kaupa ning esitatakse MN-T1 aruandes.

Kontroll. Vähemalt kolmel testala ristmikul katsetatakse iga kihi riket ning andme- ja sidekihi samaaegset riket. Töökorras kontroller taandub kuni ühe tegeliku tsükli jooksul, järgides FN-M9 sisendi kehtivust. Kontrolleririkke katses kontrollitakse projektikohast ohutusseisundit ja selle ajapiiri. Toimiva juhtimiskanali

puhul saab operaator teate ning käsitsi sekkumise võimaluse kuni 60 sekundiga. Katkenud kanali puhul kontrollitakse eraldi kohapealse sekkumise korraldust ja lepingulist reageerimisaega. Logi ja aruanne näitavad kõiki katkestusi; vähemalt üks katse korratakse testrežiimis.

Valik. Pakkuja valib kihtide jaotuse ja nimetused, käsitsi sekkumise kanali teostuse igal kihil ning juhtimise üleandmise tehnilise mehhanismi.

5.2.1.5 MN-T5. Olekuvoo pimealade arvestus ja töökindluse aruandlus [K]

Nõue. Lahendus logib iga olekuvoo katkestuse kohta ristmiku, katkestuse kihi FN-M3 klassifikatsiooni järgi (vt FN-M3), alguse, lõpu ja kestuse ning arvutab nende alusel andmete käideldavuse näitaja ristmiku, juhtimisala ja kogu testala kohta. Pakkuja dokumenteerib arvutusreeglid: millise kestusega katkestus loeb pimealaks, kuidas plaaniline hooldusaken näitajasse kandub, kuidas osaline kaetus (osa signaaligruppidest) näitajasse kandub ja kuidas lahendus käsitleb samaaegseid katkestusi mitmel ristmikul. Lahendus esitab töökindluse aruande kuu kaupa: pimealade arv, kogukestus, pikim üksikkatkestus, mõjutatud ristmikud ja näitaja väärtus võrrelduna MN-T1 sihttasemega (vt MN-T1). Katkestuse tuvastuse ja klassifitseerimise reaalajas katab FN-M3.

Kontroll. Tellija tekitab testis teadaoleva kestusega katkestused (näiteks 30 sekundit, 5 minutit ja 1 tund) vähemalt kolmel ristmikul ning võrdleb logitud kestusi tekitatutega. Nõue on täidetud, kui logitud kestus vastab tekitatule kuni 30-sekundilise hälbega, kõik katkestused kajastuvad kuuaruandes ja tellija saab näitaja väärtuse arvutusreeglite alusel logist korrata (vt FN-M3).

Valik. Pakkuja valib näitaja andmemudeli, arvutuse teostuse ja aruande esitusviisi.

5.2.1.6 MN-T6. Tugiteenuse tase ja reageerimisajad [K]

Nõue. Pakkuja osutab lahenduse tugiteenust kokkulepitud teenindusajal, võtab pöördumised vastu ühest kontaktpunktist ja liigitab need mõju järgi kolme klassi: liiklusjuhtimist otseselt mõjutav tõrge, andmekvaliteeti või aruandlust mõjutav tõrge ja kasutajatugi. Pakkuja fikseerib iga klassi kohta reageerimisaja ja lahendusaja, nimetab eskalatsiooni tasemed ning peab pöördumiste registrit, mis on tellijale nähtav ja millest tellija saab päringu klassi, aegade ja lahenduse kirjelduse kaupa. Käesolev nõue katab tarkvaralahenduse toe; välitingimustes paiknevate seadmete hoolduse ja rikkele reageerimise katab FN-L10.

Kontroll. Tellija esitab testis iga klassi kohta vähemalt kaks pöördumist ja mõõdab reageerimis- ning lahendusaja. Sihtväärtused: liiklusjuhtimist otseselt mõjutav tõrge saab reageerimise kuni 1 tunniga ööpäevaringselt ning lahenduse või ajutise lahenduse kuni 4 tunniga, andmekvaliteeti või aruandlust mõjutav tõrge saab reageerimise kuni 4 tunniga tööajal ja lahenduse kuni 2 tööpäevaga ning kasutajatoe pöördumine saab vastuse kuni 1 tööpäevaga. Neli tundi tuleneb hommikuse ja õhtuse tipptunni vahelisest ajavahemikust, mis lubab tipptunnil tekkinud tõrke lahendada enne järgmist tipptundi, ja ööpäevaringne reageerimine tuleneb sellest, et foorivõrk juhib liiklust ööpäevaringselt. Tellija kontrollib registrist, et iga pöördumine kannab klassi, aegu ja lahenduse kirjeldust.

Valik. Pakkuja valib teenuse korralduse (oma meeskond või partner), kontaktpunkti töövahendi ja eskalatsiooni sisemise korralduse.

5.2.1.7 MN-T7. Versiooniuuenduste paigaldamine liiklusjuhtimise töö ajal [K]

Nõue. Lahendus võimaldab tarkvara versiooniuuenduse paigaldamist nii, et juhtimisahel töötab paigalduse ajal edasi: pakkuja paigaldab uuenduse komponendi kaupa, kasutades MN-T2 dubleeritud komponente (vt MN-T2). Pakkuja esitab iga uuenduse kohta muudatuste kirjelduse, mõju liidestele, tagasipöördumise korra ja paigaldusaja ning kooskõlastab need tellijaga. Pakkuja katsetab uuenduse enne tootmiskeskkonda

viimist testkeskkonnas (MN-T8). Lahendus kannab paigalduse logisse koos versiooni, aja, paigaldaja ja mõjutatud komponentidega ning seob logikirje käideldavuse aruandega.

Kontroll. Tellija jälgib vähemalt kahte versiooniuuenduse paigaldust testala tootmiskasutuse ajal ja mõõdab juhtimisahela katkestuse kestuse. Sihtväärtused: juhtimisahela katkestus paigalduse ajal kuni 30 sekundit, iga ristmik jätkab ohutut juhtimist ning võimalik taandumine kinnitatud varurežiimile logitakse ja tagasipöördumine eelmisele versioonile toimub kuni 1 tunniga. Tellija kontrollib logist paigalduse kirjeid ja ülevaatusega muudatuste kirjelduse olemasolu. Varurežiimi säilimine ei tõenda adaptiivse teenuse katkematut käideldavust; katkestus kajastatakse vastava teenuse mõõdikus.

Valik. Pakkuja valib paigaldusviisi (astmeline väljalase, paralleelkeskkonna vahetus või muu), versioonihalduse töövahendid ja tagasipöördumise mehhanismi.

5.2.1.8 MN-T8. Testkeskkond ja muudatuste kontroll enne tootmiskasutust [K]

Nõue. Pakkuja rajab ja hoiab testkeskkonna, mis vastab tootmiskeskkonna versioonile ja seadistusele ning sisaldab testala ristmike andmemudelit, juhtimisloogikat ja liideste jäljendeid. Pakkuja katsetab testkeskkonnas iga tarkvarauuenduse, seadistusmuudatuse ja liidesemuudatuse ning dokumenteerib tulemuse enne tootmiskeskkonda viimist. Tellijal on testkeskkonnale juurdepääs oma rollidega, et ta saaks katsetada seadistusi, harjutada rikkeolukordi ja koolitada operaatoreid. Lahendus märgistab testkeskkonnast pärinevad andmed ja käsud nii, et need püsivad tootmisandmetest eristatavana kõigis logides ja aruannetes.

Kontroll. Tellija kontrollib, et testkeskkonna versioon ja seadistus vastavad tootmiskeskkonnale ning et keskkond katab testala ristmikud, juhtimisloogika ja liidesed. Demonstratsioonil viib tellija testkeskkonnas läbi ühe seadistusmuudatuse ja jälgib selle liikumist tootmiskeskkonda dokumenteeritud korras. Sihtväärtused: pakkuja viib uuenduse testkeskkonda vähemalt 5 tööpäeva enne tootmiskeskkonda ja iga tootmiskeskkonda viidud muudatus kannab testkeskkonna katse tulemust. Kiireloomulisele turvaparandusele rakendatakse tellija kinnitatud erakorralist muudatuskorda: minimaalsed ohutus- ja regressioonikatsed, volitatud heakskiit, tagasipöördumisplaan ning järelkontroll. Viiepäevase ooteaja erand ja selle põhjus logitakse; ohutuskontrollist erandit ei tehta.

Valik. Pakkuja valib testkeskkonna teostuse (eraldi taristu või virtualiseeritud koopia), liideste jäljendamise viisi ja muudatuste kooskõlastuse töövahendi.

5.3 Ajasünkroonsus

5.3.1.1 MN-A1. Ühtne ajaallikas ja kellahälbe piir [K]

Nõue. Lahendus sünkroonib kõik komponendid ühest ajaallikast standardse ajasünkroonimise protokolli (NTP) kaudu: platvormi serverid, andmekihi komponendid, foorikontrollerid, loenduspunktide puhverarvutid ja operaatori töövahend. Pakkuja tagab sünkroonimise ka nendel kontrolleritel, mille püsivara võtab ajaallika vastu piiratud kujul, kasutades vahendavat lahendust (kohalik ajaserver, sidesõlme kellamoodul või satelliidipõhine kellamoodul). Lahendus mõõdab iga komponendi kellahälvet etaloni suhtes pidevalt, säilitab tulemused ja annab häire piiri ületamisel MN-J3 korras (vt MN-J3).

Kontroll. Tellija mõõdab kontrollerite ja platvormi komponentide kellahälvet etaloni suhtes vähemalt seitsme ööpäeva jooksul kõigil testala ristmikel. Sihtväärtused: foorikontrolleri hälve kuni 1 sekund, platvormi komponentide hälve kuni 100 millisekundit, hälbe mõõtmise intervall kuni 5 minutit ja häire kahe järjestikuse piiriületuse järel. Üks sekund on valitud kontrolleri juhtimissammu alusel: koridori nihked on seadistatud sekundi täpsusega ja suurem hälve nihutab rohelist lainet vähemalt sammu võrra. 100 millisekundit hoiab platvormi logikirjed järjestatavana ka siis, kui ühe sekundi sisse jääb mitu sündmust.

Valik. Pakkuja valib ajaallika arhitektuuri (linna võrgu ajaserver, väline allikas või satelliidipõhine moodul), sünkroonimise sageduse ja hälbe mõõtmise viisi.

5.3.1.2 MN-A2. Ajatemplite ühtne vorming ja sündmuste järjestatavus [K]

Nõue. Iga olekukirje, käsk, häire, loenduskirje ja operaatori toiming kannab ISO 8601 vormingus ajatemplit koos sekundi murdosa ja ajavööndiga; sisemine arvestus on UTC-s. Säilitatakse sündmuse algne aeg, vastuvõtuaeg ning allika tunnus ja võimaluse korral järjenumber. Kella korrigeerimisest või viivitusest tekkinud järjestuserinevus märgistatakse, algset aega ei kirjutata ümber. Ühine ajajoon arvestab kellahälbe ja mõõtetäpsusega (MN-A1); eristamatult lähedaste eri allikate sündmuste tegelikku järjekorda ei väideta kindlana.

Kontroll. Tellija pärib ühe ristmiku ühe tunni kõik kirjed ja kontrollib vormingut, allikaid, järjenumbreid ning algse ja vastuvõtuaja säilimist. Testkeskkonnas simuleeritakse kellakeeramist, kella parandamist ja hilinenud sõnumit. UTC ajad jäävad üheselt mõistetavaks, kõrvalekalded märgistatakse ja allikasisene järjestus taastatakse olemasoleva järjenumbri alusel. Ajajoones näidatakse ebakindlus, kui sündmuste tegelik järjekord ei ole määratav.

Valik. Pakkuja valib ajatempli andmetüübi, salvestusviisi ja päringuliidese vormi.

5.3.1.3 MN-A3. Ajasünkroonimise ahela audit [K]

Nõue. Pakkuja auditeerib testala ajasünkroonimise ahela kontrolleri kaupa: ajaallikas, sünkroonimise protokoll ja sagedus, ahela vaheseadmed, mõõdetud hälve ja hälbe põhjus. Pakkuja dokumenteerib tulemuse, hindab satelliidipõhise kellamooduli vajaduse ristmiku kaupa koos maksumuse suurusjärgu ja paigaldusajaga ning esitab ettepaneku MN-A1 sihtväärtuse saavutamiseks (vt MN-A1). Pakkuja esitab auditi tulemuse enne testala juhtimisfunktsioonide käivitamist, sest koordineerimise nihked ja prioriteediotsused tuginevad sünkroonitud kellale. Audit katab mõlema juhtimisala kontrollerid.

Kontroll. Tellija hindab auditi aruannet ülevaatusega: iga testala kontroller on aruandes kaetud, iga rea juures on ajaallikas, mõõdetud hälve ja hälbe põhjus ning ettepanek nimetab tegevused, maksumuse suurusjärgu ja tähtaja. Tellija kontrollib mõõtmise korratavust, valides valimi vähemalt viiest kontrollerist ja korrates mõõtmist auditis kirjeldatud meetodil; mõõtetulemuste erinevus auditi ja korduskatse vahel jääb kuni 1 sekundi sisse (vt MN-A1).

Valik. Pakkuja valib mõõtmismeetodi ja töövahendid ning auditi ajakava testala juurutuse sees.

5.4 Skaleeritavus

5.4.1.1 MN-S1. Arhitektuuri kasvuvaru testalalt linnaülese võrguni [L]

Nõue. Lahenduse arhitektuur kannab kogu Tallinna foorivõrgu mahtu: esialgse dimensioneerimise järgi 414 fooriristmiku ja 299 foorikontrolleri olekuvoogu, juhtimiskäske ja nende kinnitusi ning loenduspunkte ja andmekihte kahekordses mahus võrreldes testala juurutusega. Laiendus toimub ristmike ja koridoride kaupa konfiguratsioonimuudatusena ning uue ristmiku või koridori lisamine hoiab juba juhitavate ristmike juhtimisahela töös. Kasvu katab ressursi lisamine (arvutusvõimsus, salvestusmaht, töötlussõlmed) senise komponendijaotuse sees ja pakkuja nimetab, milline ressurss millise kasvuteguri juures lisandub. Koormustaluvuse ja päringute vastamisajad tõendab koormustaluvuse nõue (vt MN-J5); käesolev nõue kasutab sama koormustesti tulemust arhitektuuri kasvuvaru ja ressursi lisamise sammude tõendamiseks. Arvud on dimensioneerimise lähte-eeldused, mis tuleb enne hanget võrrelda inventuuriga; ristmike ja kontrollerite arvu käsitletakse eraldi. Kontrollitakse nii MN-J5 1,5-kordset voomahu varu kui ka siin nimetatud kahekordset loenduspunktide ja andmekihtide mahtu.

Kontroll. Pakkuja viib läbi koormustesti, mis hoiab nimetatud linnaülest mahtu 60 minutit. Nõue on täidetud, kui koormuse ajal püsivad operatiivpäringute vastusajad FN-A5 nõude tasemel (vt FN-A5), operaatori vaate olekuvanus püsib kuni 10 sekundit 95. protsentiilis (FN-O1), juhtimisotsuse sisend täidab eraldi rangemad FN-M4 värskuspiirid ja iga juhtimiskäsk saab FN-M5 kohase kinnituse. Tellija ülevaatus kontrollib arhitektuuridokumendist komponentide skaleerimise viisi, ressursi lisamise sammud kasvutegurite kaupa ja hinnangulise ressursivajaduse linnaülesel mahul. Testalal demonstreerib pakkuja ühe ristmiku lisamist töötavale lahendusele ja tellija loeb selle osa täidetuks, kui teiste ristmike juhtimine jätkub katkestuseta ja lisamine piirdub konfiguratsioonimuudatusega.

Valik. Pakkuja valib skaleerimise viisi (horisontaalne või vertikaalne), majutusmudeli, koormusgeneraatori ja testi andmemudeli.

5.4.1.2 MN-S3. Komponentide piirid ja asendatavus [K]

Nõue. Pakkuja jaotab lahenduse vastutuspiirideks ja kirjeldab iga piiri: andmete kogumine ja salvestus, otsustusloogika, seadmete juhtimise liides, operaatori töölaud ja analüüsivaated ning välised liidesed (avaandmed, tellija registrid, modelleerimiskeskkond). Iga piiri ületav andmevahetus toimub dokumenteeritud, versioonitud ja autenditud liidese kaudu, mille kirjelduse (andmekoosseis, protokoll, veakäsitlus, versioonipoliitika) annab pakkuja tellijale üle. Pakkuja esitab iga piiri kohta asendamise stsenaariumi: milline liides jääb kehtima, millised andmed liiguvad üle ja milline on komponendi asendamise hinnanguline töömaht. Liidese spetsifikatsiooni üleandmist ja avalikel spetsifikatsioonidel põhinevate profiilide kasutamist kannab FN-M2 (vt FN-M2).

Liideste standardid. Lahenduse päringuliidesed kirjeldatakse OpenAPI 3 ja sündmusvood AsyncAPI 3 vormingus; sündmusvoo transpordi (näiteks MQTT 5, AMQP või WebSocket) valib pakkuja. Riiklikule juurdepääsupunktile väljastatavad liiklusandmed esitatakse DATEX II vormingus ja ühistranspordi reaalajaandmed allika vormingu järgi SIRI või GTFS Realtime kujul; riikliku juurdepääsupunkti vorminõude kinnitab Transpordiamet. Iga liides on versioonitud. Murdva muudatuse korral avaldatakse uus põhiversioon, eelmist põhiversiooni toetatakse vähemalt 12 kuud ja muudatus avaldatakse liidesekirjelduses ning muudatuste logis vähemalt 3 kuud ette (lähteettepanek, tellija kinnitab). Pakkuja annab tellijale testkeskkonna, kus liidest saab katsetada tootmisjuhtimist mõjutamata.

Kontroll. Tellija ülevaatus kontrollib liideste kataloogi kaetust nimetatud piiride kaupa ja iga kirjelduse loetavust pakkuja selgitusteta. Testalal tõendab pakkuja ühe piiri toimimise iseseisva liidesena: tellija analüütik või tellija määratud kolmas osapool loeb selle piiri kaudu andmeid ja saab dokumentatsioonis kirjeldatud koosseisu pakkuja koodimuudatuseta. Nõue on täidetud, kui kataloog katab kõik nimetatud piirid ja praktiline kontroll annab dokumentatsioonile vastava tulemuse.

Valik. Pakkuja valib sisearhitektuuri (üks juurutusüksus või eraldi teenused), liideste tehnoloogia ja versioonipoliitika ning otsustab, millised komponendid ta ise arendab ja millised toob valmistootena.

5.5 Küberturvalisus ja võrguarhitektuur

5.5.1.1 MN-K1. Võrgu segmenteerimine ja kontrollitud üleminekud [K]

Nõue. Lahendus paigutab juhtimisahela, andmeplatvormi, välisliidesed ja avaliku liidese eraldi võrgusegmentidesse. Segmentide vaheline liiklus liigub kontrollitud ülemineku kaudu, mis lubab läbi nimekirjas olevad ühendused suuna, pordi ja protokolli täpsusega ning jäädvustab nii läbilastud kui tõkestatud ühenduse. Juhtimiskäske kandev segment võtab ühendusi vastu juhtimisahela komponentidelt ja eraldi autenditud halduspääsu kaudu. Pakkuja esitab võrguskeemi koos andmevoogude, üleminekureeglite ja usaldustsoonide kirjeldusega ning hoiab skeemi ajakohasena iga muudatuse järel.

Kontroll. Tellija audit võrdleb võrguskeemi juurutatud reeglitega segmentide kaupa. Testis avab tellija avaliku liidese segmendist ühenduse juhtimissegmendi teenusesse ja loeb nõude täidetuks, kui üleminek tõkestab ühenduse, jäädvustab katse turvasündmuste logisse ja juhtimisahel jätkab tööd. Sama kontrolli kordab tellija välisliideste segmendist ja kontrollib, et halduspääs jõuab juhtimissegmenti üksnes eraldi autentimise kaudu.

Valik. Pakkuja valib segmenteerimise tehnilise teostuse (füüsiline, virtuaalne või konteineritasandi eraldus), üleminekute tehnoloogia ja halduspääsu korralduse.

5.5.1.2 MN-K2. Vastavus Eesti infoturbestandardile [K]

Nõue. Pakkuja määrab lahenduse kaitsetarbe E-ITS metoodika alusel iga turbe-eesmärgi kohta (konfidentsiaalsus, terviklus, käideldavus) ja esitab selle tellijale kinnitamiseks. Pakkuja modelleerib lahenduse etalonturbe kataloogi moodulitega, rakendab moodulite meetmed ja dokumenteerib iga rakendamata jäänud meetme koos põhjenduse, kompenseeriva meetme ja tähtajaga. Suure kaitsetarbe korral teeb pakkuja täiendava riskianalüüsi ja seob selle tulemused rakendatavate meetmetega. Vastavuse dokumentatsioon uueneb koos iga tootmiskeskkonda jõudva versioonimuudatusega. Tellija esitab enne pakkumist kaitsetarbe ja kohustuslike turvameetmete lähteülesande, olemasoleva identiteediteenuse liidese ning vastutuspiirid. Pakkuja täpsustab analüüsi ja teostust nende ühiste lähte-eelduste alusel.

Kaitsetarbe lähtehinnang. Eeluuringu esialgse hinnangu järgi on lahenduse kaitsetarve käideldavuse ja tervikluse osas suur, sest juhtimisahela katkestus või väär juhtimiskäsk mõjutab liiklust ja ohutust. Konfidentsiaalsuse osas on kaitsetarve foori- ja loendusandmetel normaalne ning kaamerapildil, kasutajaandmetel, ligipääsuandmetel ja võrgukonfiguratsioonil suur. Lõpliku kaitsetarbe määrab tellija koos Tallinna Digiteenistusega enne hanke väljakuulutamist. Linna ametiasutusena on tellija küberturvalisuse seaduse tähenduses üliioluline üksus, mistõttu seaduse turvanõuded kohalduvad ka sellele lahendusele ja pakkuja rakendab tellija turvanõudeid.

Kontroll. Tellija kontrollib kaitsetarbe põhjendust, modelleerimise kaetust ja meetmete tegelikku rakendamist. Kasutuselevõtu eel peavad kohaldatavad nõutavad meetmed olema rakendatud või lubatud erand koos toimiva kompenseeriva meetme ja jääkriski põhjendatud heakskiiduga dokumenteeritud. Pelk tähtaeg rakendamata meetme kõrval ei tõenda vastavust. Dokumentatsioon vastab tootmiskonfiguratsioonile. Ülevaatus korratakse kord aastas ja iga tootmist mõjutava arhitektuurimuudatuse järel; nõutavat sõltumatut auditit see ei asenda.

Valik. Pakkuja valib meetmete tehnilise teostuse, dokumentatsiooni vormi ja selle, kas ta hindab vastavust oma meeskonnaga või kaasab sõltumatu hindaja.

5.5.1.3 MN-K3. Isikupõhine autentimine ja rollipõhine volitamine kõigis liidestes [K]

Nõue. Kaitstud kasutajaliidesed ja kirjutusliidesed nõuavad isikupõhist autentimist ning rolli- ja ressursipõhist volitamist; teenusekontod on eraldi tuvastatavad ja minimaalse õigusega. Administraatoritel kasutatakse mitmeastmelist autentimist. OAuth 2.0 käsitleb volitamist; kasutaja identiteedi jaoks kasutatakse OpenID Connecti või samaväärset autentimislahendust. Avalik lugemisliides võib olla autentimiseta või tehnilise kasutusvõtmega, kui see vastab avaldamistingimustele; võti ei anna kaitstud andmete ega juhtimise õigusi. Kõik õiguste muudatused ja kaitstud toimingud logitakse. Ka juhtimiskäske andev kasutaja läbib mitmeastmelise autentimise. Tellija haldaja loob, muudab ja sulgeb õigusi pakkuja vahenduseta; andmekogumite õigused vastavad FN-A4 rollimaatriksile.

Kontroll. Tellija test kontrollib kolme asja: volitatud roll saab toimingu teha, volituseta roll saab keeldumise ja mõlemad toimingud jäävad logisse; kahetegurilise autentimise nõue rakendub juhtimiskäsu ja halduspääsu juures; tellija haldaja sulgeb testkonto ligipääsu ise ja suletud kontoga tehtud toimingukatse

saab keeldumise. Audit kontrollib, et teenustunnuste volitused kannavad kehtivusaega ja uuenevad juhtimisahela katkestuseta. Hanke autentimisprofiil määrab enne pakkumist, millal piisab kehtivas mitmeteguriliselt autenditud seansis käsu kinnitamisest ning millal on vaja uut autentimist, koos seansi kestuse ja teenustunnuste reeglitega.

Valik. Pakkuja valib identiteedihalduse lahenduse ja standardi (näiteks OAuth 2.0 ja OpenID Connect), teise teguri viisi ning teenustunnuste halduse teostuse.

5.5.1.4 MN-K4. Turvasündmuste logi ja logide tervikluse kaitse [K]

Nõue. Lahendus jäädvustab turvasündmuste logis autentimise õnnestumised ja ebaõnnestumised, volituste ja rollide muudatused, konfiguratsiooni ning turvaseadete muudatused, halduspääsu seansid, liidese võtmete ja tunnuste väljastamise ning segmentide vahel tõkestatud ühendused. Kirje kannab ühest ajaallikast (NTP) pärinevat ajatemplit, toimingu tegijat, päringu allikat, objekti ja tulemust. Logi säilib 24 kuud (vt FN-A6). Süsteemihalduri õigustes tehtud toimingud jäävad samasse logisse ja logikirjete haldamise õigus on eraldatud lahenduse halduse õigusest. Juhtimistoimingute logi koosseisu ja säilitusaega kannab FN-A6 ning käesolev nõue lisab turvasündmused ja õiguste eraldatuse (vt FN-A6).

Kontroll. Tellija audit kontrollib logi koosseisu nimetatud sündmuste kaupa ja päritavust kasutaja, ajavahemiku ja sündmuse liigi järgi. Testis teeb tellija süsteemihalduri õigustes katse muuta ja kustutada varasemat logikirjet ning loeb nõude täidetuks, kui kirje püsib muutumatuna ja katse jääb logisse. Tellija kontrollib ajatempli ühtsust, võrreldes sama toimingu kirjeid turvasündmuste ja juhtimistoimingute logis.

Valik. Pakkuja valib logi talletuskoha, tervikluse tagamise meetodi, õiguste eraldamise teostuse ja päringuvahendi.

5.5.1.5 MN-K5. Andmevoogude krüpteerimine, koormustaluvus ja võrguliikluse seire [K]

Nõue. Lahendus krüpteerib andmevood komponentide vahel, välissüsteemidega ja avalikus liideses avalikult dokumenteeritud ning ajakohase krüptostandardi alusel ja autendib mõlemad osapooled. Kui juhitava seadme või välissüsteemi liides piirdub krüpteerimata ühendusega, kirjeldab pakkuja kompenseerivad meetmed (eraldatud segment koos krüpteeritud tunneliga, vajaduse korral füüsiline kaitse) ja fikseerib need turvadokumentatsioonis. Avaliku liidese koormus jääb juhtimisahelast eraldatuks: koormuspiiri ületav päringuvoog piirdub avaliku liidese ressursiga ja liides taastub koormuse lõppedes ise. Lahendus seirab võrguliiklust ja teavitab tellija määratud vastutajat liiklusmustri kõrvalekaldest.

Krüpteerimise miinimumnõue. Andmevood krüpteeritakse TLS 1.3 abil. TLS 1.2 on lubatud ainult juhul, kui osapool TLS 1.3 ei toeta, ja ainult Riigi Infosüsteemi Ameti tellitud krüptoalgoritmide aruandes lubatud šifrikomplektidega; TLS 1.1 ja vanemad versioonid on keelatud. Komponentide vahelistes ühendustes autenditakse mõlemad osapooled sertifikaadiga. Kui seadme protokoll krüpteerimist ei võimalda, paigutatakse seade eraldi võrgusegmenti ja ühendus kulgeb krüpteeritud tunneli (näiteks IPsec või WireGuard) kaudu.

Ülekoormusrünnakute tõrje. Avalik liides on juhtimisahelast eraldatud. Liidesel on kasutaja ja aadressi põhised päringupiirangud ning võrgu tasandil ülekoormusrünnakute tõrje, mille teenuse valib pakkuja koos Tallinna Digiteenistusega.

Kontroll. Tellija audit kontrollib krüpteerimise kaetust andmevoogude kaupa ja kompenseerivate meetmete kirjeldust nende voogude juures, kus seadme liides piirdub krüpteerimata ühendusega. Testis koormab tellija avalikku liidest kokkulepitud koormuspiiri 10-kordse päringuvooga ja loeb nõude täidetuks, kui juhtimisahel ja operaatori töölaud hoiavad FN-A5 nõude vastusajad ning liides taastub koormuse lõppedes

ise (vt FN-A5). Turvaseire kontrolliks tekitab tellija liiklusmustri kõrvalekalde ja mõõdab teavituse jõudmist: kuni 15 minutit tuvastamisest (vt FN-A3).

Valik. Pakkuja valib krüptoteostuse krüpteerimise miinimumnõude piires ja võtmehalduse, koormuspiirangute teostuse ning võrguseire vahendi.

5.5.1.6 MN-K6. Kaameravoo katkestuse talumine ja määratletud käideldavus [K]

Nõue. Lahendus kasutab kaameravoogu ja sellest tuletatud näitajaid nii, et voo katkestus jätab juhtimise tööle: lahendus jätkab loendus- ja olekuandmete alusel, märgistab kaamerapõhise näitaja puuduvaks ning kuvab operaatorile voo oleku ja viimase kehtinud väärtuse vanuse. Kaamerapõhine näitaja jõuab otsustusahelast välja, kui selle vanus ületab 90 sekundit. Pakkuja projekteerib kaamerapõhised funktsioonid voo käideldavusele 95% kuukeskmisena ning nimetab, milline funktsioon voost sõltub ja milline jätkab voost sõltumata. Voo taastumisel jätkab lahendus kaamerapõhiste näitajate arvutamist ise.

Kontroll. Tellija katkestab testalal kaameravoo 60 minutiks ja loeb nõude täidetuks, kui juhtimine jätkub muude sisendite alusel, kaamerapõhine näitaja kannab puuduva väärtuse märgist, operaatori vaade näitab voo olekut ja väärtuse vanust ning voo taastumisel jätkub arvutus pakkuja sekkumiseta (vt FN-A3). Tellija ülevaatus kontrollib funktsioonide loetelu sõltuvuse kaupa ja käideldavuse arvestust koos sellega, millise viivituse juures lahendus näitaja aegunuks loeb.

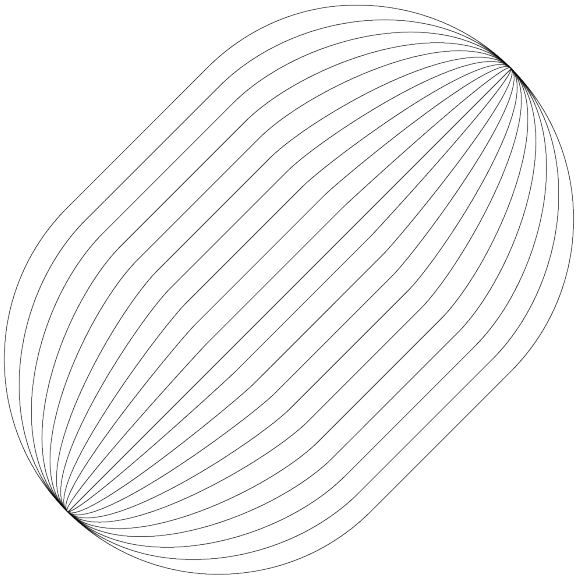
Valik. Pakkuja valib kaamerapildi töötluse koha (servaseade või keskne töötlus), voo puhverdamise ja taastumise loogika ning katkestuse ajal kasutatava asendussisendi.

5.5.1.7 MN-K7. Turvatestimine enne tootmiskeskkonda viimist [K]

Nõue. Pakkuja viib enne lahenduse tootmiskeskkonda viimist läbi turvatestimise, mis katab välisliideste ja avaliku liidese ründetestimise, autentimise ja volitamise kontrolli rollide kaupa, segmentide vaheliste üleminekute kontrolli, komponentide ja teekide teadaolevate haavatavuste skaneeringu ning konfiguratsiooni vastavuse turvadokumentatsioonile. Pakkuja esitab tulemuse leidude kaupa koos raskusastme, mõjutatud komponendi ja parandusettepanekuga. Kõrge ja kriitilise raskusastmega leiud on parandatud ja parandus järeltestiga kinnitatud enne tootmiskeskkonda viimist ning ülejäänud leiud kannavad parandamise tähtaega ja vastutajat. Pakkuja kordab turvatestimist kord aastas ja iga arhitektuuri või välisliideseid muutva versioonimuudatuse järel. Teadaolevate haavatavuste jälgimine ja paranduste paigaldamine jätkub kogu lepingu kestel.

Kontroll. Tellija ülevaatus kontrollib testiaruande kaetust nimetatud osade kaupa ja leidude käsitlust raskusastmete lõikes. Nõue on täidetud, kui kõrge ja kriitilise raskusastmega leidude kohta on olemas järeltesti kinnitus ning ülejäänud leiud kannavad tähtaega ja vastutajat. Tellija kaasab soovi korral testimisse või tulemuse ülevaatusesse sõltumatu hindaja ning pakkuja tagab talle testkeskkonna ligipääsu ja lähteinfo.

Valik. Pakkuja valib testimise metoodika ja ulatuse nimetatud osade piires, testija (oma meeskond või sõltumatu osapool) ning testkeskkonna korralduse.



Eeldused ja tellija otsused

Mis jääb tellija enda tegevuseks ja mis vajab otsust

6 Eeldused ja tellija otsused

Järgmised otsused mõjutavad mahtu, hinda või vastuvõttu ega ole käesoleva dokumendiga linna eest kinnitatud. Pakkumise hinda ja teostatavust mõjutavad tingimused määratakse enne pakkumuste küsimist. Juurutuse algusse võivad jääda ligipääsude tehniline avamine ja muud toimingud, mille tingimused, vastutaja ja tähtaeg on hankes juba määratud. Arhitektuuriskeem, nõuded ja lõpparuande kogused tuleb kinnitatud otsustega ühtlustada.

Tabel 11. Tellija eeldustegevused ja nendega seotud nõuded

Seotud nõue	Tellija eeldustegevus
FN-L5	Loendusplatvormi täienduses või linna eraldi hankes on masinloetav reaalajaliides ja raja tasandi loendustäpsus mitme rajaga ristmikel kohustuslikud nõuded. Tellija annab liidese spetsifikatsiooni pakkujale üle enne liidestamise algust. Hinda mõjutav spetsifikatsioon, õigused, tasud ja vastutus antakse kõigile pakkujatele ühtsetel tingimustel enne pakkumuste küsimist; tehnilise ligipääsu avamise tähtaeg määratakse hankes.
FN-O7	Tellija fikseerib häirete registri liidese spetsifikatsiooni ja annab selle pakkujale üle. Liikuvusametil on registris kirjutamisõigus enne testala käivitamist. Hinda mõjutav spetsifikatsioon, õigused, tasud ja vastutus antakse kõigile pakkujatele ühtsetel tingimustel enne pakkumuste küsimist; tehnilise ligipääsu avamise tähtaeg määratakse hankes.
MN-K6	Tellija fikseerib kaamerasüsteemi haldus- ja hooldusleping kaameravoo käideldavuse taseme, DLJ ligipääsu tingimused ja salvestusperioodi ning annab need tingimused pakkujale üle enne testala käivitamist. Hinda mõjutav spetsifikatsioon, õigused, tasud ja vastutus antakse kõigile pakkujatele ühtsetel tingimustel enne pakkumuste küsimist; tehnilise ligipääsu avamise tähtaeg määratakse hankes.
FN-A9, FN-A1	Tellija kui vastutav töötleja kinnitab töötlemise õigusliku aluse ja säilitusajad, koostab andmekaitse mõjuhinnangu ning otsustab järelevalveasutusega konsulteerimise vajaduse enne isikuandmeid sisaldava allika liidestamist.
FN-M8	Tellija korrastab keskhaldusplatvormi kasutuslitsentsi haldusõigused ja fikseerib enne II etapi lepingut, milline osa õigustest liigub tellija nimele. Hinda mõjutav spetsifikatsioon, õigused, tasud ja vastutus antakse kõigile pakkujatele ühtsetel tingimustel enne pakkumuste küsimist; tehnilise ligipääsu avamise tähtaeg määratakse hankes.
MN-J3, MN-T1	Tellija fikseerib hooldupartneri lepingus teenustasemed ja ligipääsuõigused ning kaasab hooldupartneri testala käivitamise ajaks. Hinda mõjutav spetsifikatsioon, õigused, tasud ja vastutus antakse kõigile pakkujatele ühtsetel tingimustel enne pakkumuste küsimist; tehnilise ligipääsu avamise tähtaeg määratakse hankes.

Liidese vastutusmaatriks määrab omaniku ja asendaja, mõlema poole arenduse ja käituse kohustused, tõrke lahendaja, reageerimisaja, muudatuste kooskõlastuse, versioonitoe ja tagasiühilduvuse, mõlema poole testimise, dokumentatsiooni ja kasutusõiguste üleandmise, kolmandate osapoolte kaasamise ning tellija juurdepääsuandmise kohustuse. Teenustaseme rikkumise tagajärjed seotakse mõõdetava vastutuspiiriga.

Tabel 12 koondab tellija otsused, mis mõjutavad pakkumuste mahtu, hinda või vastuvõttu, ning näitab, millal need tuleb kinnitada.

Tabel 12. Tellija otsused ning nende mõju ja kinnitamise hetk

Otsus	Mõju ja kinnitamise hetk
Arhitektuur A/B ja integratsioonivastutus	Enne hanget: kontrolleripõlvkondade liidesed, litsentsid, serveri- või seadmeuuendused; iga liidese arendus- ja käitusvastutus.
Testala koosseis	Enne hanget: ristmike ja kontrollerite eraldi loetelu ning Pronksi–Liivalaia ja Sadama ala piirid. Lõpparuande ja joonise kogused vajavad kooskõlastamist; üksikristmiku katse ei tõenda koridorikoordineerimist.
Lävendid ja mõõtmisplaan	Enne hanget: kõik pakutud arvväärtused, koormusprofiil, ooteaja teostatavus, valimid ja H-klassi hindamine. Ohutuspiirid tulenevad projektist.
Prioriteedipoliitika ja kergliikurid	Enne nõuete lõplikku kinnitamist: teenindushierarhia, klasside eristus ja tuvastustäpsus. Kergliikuri signaaligrupi ning ületusaja määrab liikluskorraldus, mitte üldine oletus jalgratturiga võrdsusest.
Faasiüleminekute mudel	Enne hanget: eelnevalt kinnitatud üleminekud või käitusajal arvutamine kontrollitud piirides. Mõlemad vajavad ohutustõendust, seadistustöö mahtu ja FN-D11 kontrolli.
Sekundinäidikud ja vilkuv roheline	Enne pakkumist: FN-D17 demonstratsiooni maht ning eraldi tellitavate tänavaseadmete kogus või võrreldav optsiooni ühikuhind. Enne paigaldust: asukohaprojekt ja kuva tööpõhimõtte õiguslik kontroll. Vilkuva rohelise ärajätmist ei eeldata.
Andmeallikad, kasutusõigused ja privaatsus	Enne pakkumist: allika omanik, dokumentatsioon ja näidisandmed, ligipääsu- ja edasijagamisõigused, tasud ning säilitusajad. Enne isikuandmete töötlust: kinnitatud õiguslik alus ja vajalik mõjuhinnang. Juurutuse kontrollid ja vastutajad määratakse hankes.
Rakendamine ja käitamine	Enne hanget: ajakava, rahastus, tööpakettide sõltuvused, personalirollid, kindlustus ja vastutus, teenustasemed ning andmete ja tarkvara kasutusõigused.

Hanke-eelne kontrollnimekiri. Tellija lisab pakkumuste küsimisel järgmised ühised lähteandmed ja hinnastamise tingimused:

1. Testala ja töömahu register: ristmikud, signaaligrupid, kontrollerite mudelid ja püsivara, fooriprogrammid, andurid, kaamerad, side, toide ja paigalduskohad. Seadme- ja funktsioonimaatriks eristab olemasolevat, tõendamist vajavat ning uuendatavat võimekust. Määratakse lubatud asendused ja nende hinnastamine. Teadmata koguse korral kasutatakse kõigil pakkujatel sama arvestuslikku kogust, ühikuhinda ja mahu muutmise korda. Algandmeteks on eeluuringu analüüs (ristmike tehnilised joonised ja hoolduspartneri teave); andmed kinnitatakse kohavaatlusel ja koondatakse testala seadmete inventuuri.
2. Liideste ja õiguste pakett: vajalikud funktsioonid, versioonid, väljade kirjeldused, näidisandmed, kasutusõigused, kolmanda osapoole tasud või ühine hinnastamise eeldus, mõlema poole arendustööd ning ligipääsu avamise tähtajad. OMNIA, loendusplatvormi, häireregistri, ühistranspordi ja modelleerimise sõltuvusi ei jäeta üksnes pakkuja oletuseks. Operatiivsõiduki prioriteedi tegelik sisend või piloodis kasutatav katseliides määratakse koos vastuvõtu ulatusega.
3. Lävendite ja vastuvõtu register: nõude ID, siduv väärtus, koormus, ajavahemik, mõõtepunktid, valim, etalon, nimetaja, lubatud erandid ja vastuvõtutõend. See hõlmab prognoosihorisonti ja avaldamiskatvust, sisendite värskust, ooteaega, liiklejaklasse, koormusteste ning hooajaliste

katsete tähtaegu. Ohutus on ülimuslik; prioriteedi, kinnisõidu ennetuse ja ooteaja vastastikune käitumine kinnitatakse testala olukordade alusel.

4. Hinnavorm ja teenuseperiood: piloodi kestus, etapid, garantii, tasuline tugi, majutus ja litsentsid, testkeskkonna kestus, koolituste arv, turvatestide ja uuenduste maht, andmete üleandmine ning laienduse optsioonid. FN-A1 viieaastane säilitamisnõue ei tähenda määramata perioodiks tasuta majutust: säilitamise vastutaja, teenuse lõpp ja üleandmise kulu peavad hinnavormis olema selged.
5. Käideldavuse ja vastutuse reeglid: teenused ja mõõtepunktid, osalise rikke mõju, varurežiimi käsitlus, hooldusakende lubatud maht ning väliste sõltuvuste katkestuste arvestus. Teenuse tegelik katkestus ja lepingulise vastutuse arvestus näidatakse eraldi. Sama teenuse piirid ja erandid kehtivad võrdselt kõigile pakkumustele.
6. Skeemide töömahu piir: iga komponent ja liides märgitakse piloodis rajatavaks, olemasolevaks sõltuvuseks, tõendatavaks laiendusvalmiduseks või eraldi hinnastatavaks optsiooniks. Joonisel nimetatud muutteabega liiklusmärgid (VMS), LKV, Opinfo või muu väline süsteem ei tähenda automaatselt selle süsteemi rajamist või täielikku ümbertegemist. Määratud piloodiliidestuse kohustust ei saa jätta üksnes hilisemaks valmiduseks.

Kui mõni hinnakriitiline lähteandmestik ei ole kättesaadav, määrab tellija enne pakkumist ühtse eelduste komplekti ja muudatuste hinnastamise korra või piiritleb tellimuse esmalt selle ebakindluse lahendamise etapiga. Pakkujate omavahel võrreldamatuid oletusi ei kasutata fikseeritud koguhinna võrdlemiseks.

Sõiduandmetel põhinev väline analüüsiteenus võib täiendada liikumisuuringut, kui katvus, valikunihe, kasutusõigus ja andmekaitse on kontrollitud. Eraldi hankimise võimalus ei tõenda teenuse sobivust konkreetse juhtimisfunktsiooni jaoks; see vajab turu- ja tehnilist hindamist.

7 Nõuete koondregister

Register koondab kõik 94 nõuet ning näitab nende valdkonda, pealkirja, prioriteediklassi ja piloodis nõutavat tulemust. Nõude ID on klõpsatav viide nõude täistekstile. Sama ID-d kasutatakse pakkumuse vastavustabelis ja vastuvõtu kontrollnimekirjas.

Nõutavad tulemused kehtivad nii arhitektuurivariandi A kui ka B korral; kasutatavast käsuteest sõltuvad liidestuse ja teostuse kohustused on täpsustatud põhitekstis. K- ja H-klassi miinimumnõuded ning L-klassi nõudes nimetatud pilooditõendid on kohustuslikud. Linnaülene kasutuselevõtt kuulub eraldi tellitavasse laiendusse.

Registri lühikirjeldused ei asenda nõuete täisteksti ega vastuvõtukriteeriume. Lävendite staatus ja hankeeelsed kinnitused tulenevad põhitekstist.

Nõude ID	Valdkond	Nõude pealkiri	Klass	Piloodis nõutav tulemus
FN-M1	Fooriliidesed	Signaaligruppide oleku masinloetav lugemine	K	Toimiv olekuvoog kõigilt testala signaaligruppidelt ja kaetuse kontroll.
FN-M2	Fooriliidesed	Liideste avatus ja spetsifikatsiooni üleandmine	H	Liideste spetsifikatsioonid, kasutusõigused ja sõltumatu testkliendiga tõendatud loetavus.
FN-M3	Fooriliidesed	Olekuvoo katkestuse tuvastamine ja klassifitseerimine	K	Katkestuse automaatne tuvastamine, liigitamine ja rikkekatsed.
FN-M4	Fooriliidesed	Olekuandmete värskus otsustushetkel	K	Mõõdetud olekuvärskus ja käsuahela viivitus, eraldi rakendumislogi.
FN-M5	Fooriliidesed	Juhtimiskäskude masinloetav edastus ja logi	K	Toimiv käsuedastus ja logi; käsuvärava ning kontrolleri ohutuskatsed.
FN-M6	Fooriliidesed	Fooriprogrammide versioonihaldus ja logitud edastus	H	Programmide versiooniregister, edastuse demonstratsioon ja erinevuste tuvastamine.
FN-M7	Fooriliidesed	Andmekirje kvaliteedimärgis kogu andmeahelas	K	Andmeahelas säiliv kvaliteedimärgis ja lüngakatse.
FN-M8	Fooriliidesed	Kontrolleripõlvkondade liidestuskava	L	Kontrolleripõlvkondade liidestuskava koos muudatuste, kulude, ajakava ja laiendusjärjekorraga.
FN-M9	Fooriliidesed	Sisendandmete kehtivusaken ja astmeline taandumine	K	Sisendite kehtivuskontroll, astmeline taandumine ja taastumise katsed.
FN-L1	Loendus ja seire	Loendusandmete reaalajavoog otsustusloogika sisendina	K	Toimiv loendusvoog ja koondandmed; värskuse ning täielikkuse mõõtmine.
FN-L2	Loendus ja seire	Andurite tööoleku automaatne seire	K	Anduririkete tuvastus, märgistamine ja teenindust säilitava asendusloogika katse.
FN-L4	Loendus ja seire	Seadme elukaare kajastumine andmekihis	K	Seadmete elukaare register ja muudatuste rakendumise katse.
FN-L5	Loendus ja seire	Ühilduvus loendusplatvormiga ja raja tasandi andmemudel	L	Toimiv testala liidestuskiht, dokumenteeritud andmeleping ja raja- ning suunaandmete vastuvõtu katse.
FN-L6	Loendus ja seire	Jalakäijate ja jalgratturite, kergliikurite nõudluse tuvastus reaalajas	K	Testala ületuskohtade nõudluse tuvastus ja juhtimissisendisse jõudmise demonstratsioon.
FN-L7	Loendus ja seire	Ühistranspordi asukoha ja prioriteedikutsungite kasutamine mõlemast ahelast	K	Kohalike ja kesksete prioriteedisündmuste sidumine ning katkestuskatse.

Nõude ID	Valdkond	Nõude pealkiri	Klass	Piloodis nõutav tulemus
FN-L8	Loendus ja seire	Liikluskaamerate pilt operaatori otsustustoe vaates	H	Ristmikuga seotud kaamerapilt operaatorivaates ja kasutusteekonna demonstratsioon.
FN-L9	Loendus ja seire	Andurite tuvastustäpsuse tõendamine	H	Tuvastustäpsuse katsed sõltumatu kontroll-loenduse ja etalonläbimistega.
FN-L10	Loendus ja seire	Välitingimustes töötavate seadmete töökindlus keerulistes keskkonnatingimustes ja hooldus	K	Seadmete töökindluse tõendid keerulistes keskkonnatingimustes, hoolduskorraldus ja kokkulepitud hooajalised katsed.
FN-L11	Loendus ja seire	Nõudluse ja liikumise mõõtmine liiklejagruppide kaupa	K	Liiklejagruppide mõõtevoog ning määratud katseseadme lisamise demonstratsioon.
FN-L12	Loendus ja seire	Perioodiline liikumisuuring juhtimisloogika parameetrite seadmiseks	H	Liikumisuuring ja selle tulemuste kasutamine juhtimisparameetrite seadmisel.
FN-A1	Andmehaldus	Kihiline andmehoidla ja säilitusaeg	K	Toimiv kihiline andmehoidla ning säilitamisreeglite kontroll.
FN-A3	Andmehaldus	Automaatsed andmetöövood ja nende seire	K	Automaatsed andmetöövood, katkestuste seire ja puhverdatud andmete taastamise katse.
FN-A4	Andmehaldus	Rollipõhine ligipääs ja andmekasutuse jälg	K	Rollipõhine andmepääs ja andmekasutuse jälgitavuse kontroll.
FN-A5	Andmehaldus	Operatiiv- ja analüüsipäringute eraldamine	H	Operatiiv- ja analüüsikoormuse eraldamine ning jõudlustest.
FN-A6	Andmehaldus	Juhtimistoimingute auditeeritav logi	K	Juhtimistoimingute täielik auditeeritav logi ja säilitamise kontroll.
FN-A7	Andmehaldus	Andmete, mudelite ja metaandmete üleandmine	K	Andmete ja mudelite üleandmise kava ning kokkulepitud andmestiku ekspordi katse.
FN-A8	Andmehaldus	Andmekvaliteedi perioodiline raport	K	Perioodiline andmekvaliteedi raport ja selle näitajate kontroll.
FN-A9	Andmehaldus	Isikustatavate tunnuste minimeerimine andmekihis ja avaandmetes	K	Andmete minimeerimine, avaldamisreeglid ja privaatsusriskide kontroll.
FN-U1	Uued andmekihid	Kontekstandmete kiht ja andmeallikate kava	H	Kontekstandmete kava ning vähemalt ilma- ja teetööandmete toimiv kasutamine.
FN-U3	Uued andmekihid	Loendusvõrgu laiendamise kava	L	Loendusvõrgu linnaülese laiendamise kava.
FN-AV1	Avaandmete liides	Avaandmete liides ja sündmuspõhine edastus	H	Toimiv avaandmeliides ja sündmuspõhine edastus koos värskuse kontrolliga.
FN-AV3	Avaandmete liides	Kvaliteedimärgis avaandmete objektidel	K	Avaandmetes säiliv kvaliteedimärgis ja selle vastavuse kontroll.
FN-D1	Dünaamiline juhtimine	Nõudluspõhine rohelise aja jaotus ja tsüklipikkuse valik	K	Nõudluspõhine juhtimine, juhtimislogi kontroll ja baasperioodiga võrdlus.
FN-D2	Dünaamiline juhtimine	Eelisläbipääs prioriteedihierarhia alusel ja koordineerimise taastamine	K	Prioriteedistsenaariumide katsed ning ooteaja ja koordineerimise taastumise mõõtmine.
FN-D4	Dünaamiline juhtimine	Koordineerimine koridoris ja nihete reaalajas hoidmine	K	Koridorikoordineerimise mõõtmine; üksikristmiku korral nõudes määratud modelleerimisdemonstratsioon.
FN-D5	Dünaamiline juhtimine	Ristmiku kinnisõidu ennetus	K	Blokeerumisohu tuvastus, logitud sekkumine ja sõltumatu videovõrdlus.

Nõude ID	Valdkond	Nõude pealkiri	Klass	Piloodis nõutav tulemus
FN-D6	Dünaamiline juhtimine	Kehtiva juhtimisplaani jäädvustus ja võrreldavus baasprogrammiga	K	Juhtimisplaanide ajalugu ning masin- ja inimloetav võrdlus baasprogrammiga.
FN-D7	Dünaamiline juhtimine	Juhtimisfunktsioonide automatiseerimise tase ja selle seadistatavus	K	Seadistatavad automatiseerimistasemed ja tasemevahetuse demonstratsioon.
FN-D8	Dünaamiline juhtimine	Varuprogrammide ajakohasus ja automaatne kontroll	K	Versioonitud varuprogrammid, erinevuste tuvastus ja varuprogrammi käivituskatse.
FN-D9	Dünaamiline juhtimine	Juhtimisloogika taandumine ohutusse lõppseisundisse	K	Ohutusse varurežiimi taandumise, teavituse ja taastumise katsed.
FN-D11	Dünaamiline juhtimine	Kaitseaegade, miinimumroheliste ja ületusaegade ülimuslikkus adaptiivses juhtimises	K	Projektikohane ohutusloogika; faasiüleminekute mõõtmised ja negatiivsed ohutuskatsed.
FN-D12	Dünaamiline juhtimine	Liiklejagrupi ooteaja ülempiir	K	Ooteaja mõõtmine, teeninduspiiride kontroll ja tuvastusrikke kaitsemehhanismi katse.
FN-D13	Dünaamiline juhtimine	Kasutamata rohelise aja mõõtmine ja aruandlus	H	Kasutamata rohelise näitaja, põhjused ja aruandlus koos videovõrdlusega.
FN-D14	Dünaamiline juhtimine	Režiimivahetus koordineerimist säilitades	K	Režiimiüleminekute katsed ning ohutuse ja koordineerimise taastumise tõendid.
FN-D15	Dünaamiline juhtimine	Juhtimisala piiritlemine ja piiriristmike käitumine	K	Seadistatav juhtimisala, piiriristmike reeglid ja ala muutmise katse.
FN-D16	Dünaamiline juhtimine	Juhtimisloogika ristmikule seadistamise metoodika ja töömaht	L	Ristmiku seadistamise metoodika ning piloodis mõõdetud töömaht ja korratavuse hinnang.
FN-D17	Dünaamiline juhtimine	Rohelise alguse prognoos ja liiklejale suunatud ooteaja teave	K	Prognoosiliides, täpsuse ja katvuse mõõtmine ning kuva demonstratsioon katseseadmel.
FN-AN1	Analüütika ja masinõpe	Nõudlusprognoos juhtimise sisendina	H	Nõudlusprognoos, sõltumatu täpsusmõõtmine ja ebakindla prognoosi asendusloogika katse.
FN-AN2	Analüütika ja masinõpe	Korduvate nõudlusmustrite tuvastus ja fooriprogrammi ettepanek	H	Põhjendatud programmiettepanekud, kinnitusahel ja mõju hindamise demonstratsioon.
FN-AN4	Analüütika ja masinõpe	Liiklusanomaaliate avastamine, teavitus ja eskaleerimine	K	Anomaaliate tuvastus, teavitamine ja eskaleerimine koos kvaliteedikontrolliga.
FN-AN5	Analüütika ja masinõpe	Treeningandmete päritolu, mudeli valideerimine ja täpsuse nähtavus	K	Treeningandmete päritolu, mudeli valideerimine ja ümbertreenimise katse; hooajaliste piirangute dokumenteerimine.
FN-AN6	Analüütika ja masinõpe	Automaatse otsuse seletatavus ja operaatori sekkumine	K	Automaatotsuste taasesitus ja põhjendus ning operaatori sekkumise katse.
FN-O1	Operaatori töölaud	Testala koondvaade kaardil	K	Testala toimiv kaardivaade ja kuvatavate andmete värskuse kontroll.
FN-O2	Operaatori töölaud	Häire klassifitseerimine, vastutaja ja automaatne teavitus	K	Häirete liigitamine, vastutaja määramine ja automaatsete teavituste katse.
FN-O3	Operaatori töölaud	Operaatori käsitsi sekkumine ja sekkumise kehtivusaeg	K	Tähtajalised operaatorikäsud, logimine ja ohutu tagasipöördumise kontroll.
FN-O4	Operaatori töölaud	Kõrvalekalded baasprogrammist ja jooksvad võtmenäitajad operaatori vaates	K	Baasprogrammist kõrvalekallete ja jooksvate võtmenäitajate kuvamine.

Nõude ID	Valdkond	Nõude pealkiri	Klass	Piloodis nõutav tulemus
FN-O6	Operaatori töölaud	Intsidendi menetluskirje ja vahetuse üleandmine	H	Intsidendi menetlusjälg ja vahetuse üleandmise demonstratsioon.
FN-O7	Operaatori töölaud	Kahesuunaline liidestus tellija häirete registriga	K	Toimiv kahesuunaline registriliides ja katkestusest taastumise katse.
FN-O8	Operaatori töölaud	Operaatori ja liikuvusameti töötajate koolitus ning teadmussiire	K	Rollipõhised koolitused, õppematerjalid ja teadmussiire nõudes määratud ulatuses.
FN-O9	Operaatori töölaud	Operaatori töölaua ligipääsetavus ja värvist sõltumatu olekukuva	K	Ligipääsetav operaatorivaade ja värvist sõltumatu olekute eristamise kontroll.
FN-AR1	Aruandlus ja mõõtmine	Ajaloolise andmestiku päringud, ad-hoc analüüs ja väljavõtted	K	Ajaloolised päringud, ad-hoc analüüs ja andmete eksport.
FN-AR2	Aruandlus ja mõõtmine	Linna nelja eesmärki tõendavad võtmenäitajad ja enne-pärast võrdlus	K	Võtmenäitajate valemid, arvutuste kontroll ja võrreldav enne-pärast aruanne.
FN-AR5	Aruandlus ja mõõtmine	Fooriprogrammi ettepaneku eelhindamine modelleerimiskeskkonnas	H	Programmiettepaneku tegelik eelhindamine modelleerimiskeskkonnas ja tulemuste võrdlus.
FN-AR7	Aruandlus ja mõõtmine	Baastaseme mõõtmine enne testala juurutust	K	Juurutuseelne baastaseme andmestik ja selle kvaliteedi kontroll.
FN-AR8	Aruandlus ja mõõtmine	Piloodi tulemusaruanne ja selle avaldamine	K	Piloodi tulemusaruanne ja avaldamiseks ette nähtud väljund.
FN-AR9	Aruandlus ja mõõtmine	Liiklejagruppide osakaalu arvutamine mõõdetud loendusandmetest	L	Mõõdetud loendusandmetel põhinevad liiklejagruppide osakaalud koos katvuse ja piirangutega.
FN-MO1	Modelleerimise integratsioon	Andmeahel modelleerimiskeskkonda	L	Toimiv testala mudeliliides ning fooriprogrammi ja loendusandmete impordi demonstratsioon.
FN-MO3	Modelleerimise integratsioon	Modelleerimise tööpaketi kava ja stsenaariumide eelhindamine	L	Modelleerimise tööpaketi kava, määratud pilootstsenaariumide eelhindamine ja tervikahela demonstratsioon.
MN-J1	Jõudlus ja latentsus	Otsustusahela lubatud viiteaeg	K	Otsustusahela ajajaotus ning mõõtepunktide ja tegelike viivituste tõendid.
MN-J2	Jõudlus ja latentsus	Prioriteedikutsungi töötlus sõiduki lähenemise aknas	K	Prioriteedikutsungite töötlusaja ja saabumiseelse ajavaru mõõtmine.
MN-J3	Jõudlus ja latentsus	Häire jõudmine operaatorini ja hooldusahelasse	K	Häirete edastusahela toimimine ja operaatorini ning hooldajani jõudmise mõõtmine.
MN-J4	Jõudlus ja latentsus	Sidevõrgu viivituse pidev mõõtmine	K	Sideviivituse pidev seire ja eri ühenduste tulemuste kontroll.
MN-J5	Jõudlus ja latentsus	Koormustaluvus linnaülesel mahul ja päringute vastamisaeg	L	Linnaülese sünteetilise mahu koormustest ja päringute vastamisaegade tõendid.
MN-J6	Jõudlus ja latentsus	Operaatori töövahendi reageerimisaeg	K	Operaatoritoimingute reageerimisaja ja vaate värskendamise mõõtmine.
MN-T1	Töökindlus ja käideldavus	Teenustase: käideldavus, seisak ja hooldusaknad	K	Teenustasemete seire ning käideldavuse, seisakute ja hooldusakende arvestus.
MN-T2	Töökindlus ja käideldavus	Juhtimisahela komponentide dubleerimine ja automaatne ümberlülitus	K	Dubleeritud juhtimisahel ja automaatse ümberlülituse rikkekatsed.

Nõude ID	Valdkond	Nõude pealkiri	Klass	Piloodis nõutav tulemus
MN-T3	Töökindlus ja käideldavus	Taasteaeg, lubatud andmekadu ja astmeline teavitusahel	K	Varundus- ja taastekorraldus ning taasteaja ja andmekao katsed.
MN-T4	Töökindlus ja käideldavus	Fallback-hierarhia kihtide kaupa ja käsitsi juhtimise kättesaadavus	K	Kihtide rikkekäitumise katsed ja käsitsi juhtimise kättesaadavuse tõendamine.
MN-T5	Töökindlus ja käideldavus	Olekuvoo pimealade arvestus ja töökindluse aruandlus	K	Pimealade ja osaliste rikete arvestus ning töökindluse aruanne.
MN-T6	Töökindlus ja käideldavus	Tugiteenuse tase ja reageerimisajad	K	Kokkulepitud perioodi tugiteenus, kontaktid ja reageerimise tõendid.
MN-T7	Töökindlus ja käideldavus	Versiooniuuenduste paigaldamine liiklusjuhtimise töö ajal	K	Uuenduste paigaldamise ja tagasipöördumise katsed koos juhtimise säilimise kontrolliga.
MN-T8	Töökindlus ja käideldavus	Testkeskkond ja muudatuste kontroll enne tootmiskasutust	K	Tootmisele vastav testkeskkond ja dokumenteeritud muudatuste kontroll.
MN-A1	Ajasünkroonsus	Ühtne ajaallikas ja kellahälbe piir	K	Ühtne ajaallikas ning serverite ja seadmete kellahälbe mõõtmine.
MN-A2	Ajasünkroonsus	Ajatemplite ühtne vorming ja sündmuste järjestatavus	K	Ühtsed ajatemplid ning sündmuste järjestuse ja kella ebakindluse käsitlus.
MN-A3	Ajasünkroonsus	Ajasünkroonimise ahela audit	K	Ajasünkroonimise ahela audit ja kontrollitavad tõendid.
MN-S1	Skaleeritavus	Arhitektuuri kasvuvaru testalalt linnaülese võrguni	L	Arhitektuuri kasvuvaru tõendid, koormuskatse ja ristmiku lisamise demonstratsioon.
MN-S3	Skaleeritavus	Komponentide piirid ja asendatavus	K	Dokumenteeritud komponendipiirid ja asendatavuse tõendamine.
MN-K1	Küberturvalisus	Võrgu segmenteerimine ja kontrollitud üleminekud	K	Turbealade eraldamine ja lubatud võrguühenduste kontroll.
MN-K2	Küberturvalisus	Vastavus Eesti infoturbestandardile	K	Kaitsetarbe analüüs, rakendatud turvameetmed ja vastavusdokumentatsioon.
MN-K3	Küberturvalisus	Isikupõhine autentimine ja rollipõhine volitamine kõigis liidestes	K	Autentimine, rolliõigused ja kontode sulgemise ning teenustunnuste katsed.
MN-K4	Küberturvalisus	Turvasündmuste logi ja logide tervikluse kaitse	K	Kaitstud turvalogid, säilitamine ja tervikluse kontroll.
MN-K5	Küberturvalisus	Andmevoogude krüpteerimine, koormustaluvus ja võrguliikluse seire	K	Kaitstud andmevahetus, võrguseire ja koormustaluvuse tõendid.
MN-K6	Küberturvalisus	Kaameravoo katkestuse talumine ja määratletud käideldavus	K	Kaameravoo teenustaseme mõõtmine ja katkestuskatse, mis tõendab teiste funktsioonide jätkumist.
MN-K7	Küberturvalisus	Turvatestimine enne tootmiskeskkonda viimist	K	Nõutud turvatestid, tulemuste dokumentatsioon ja puuduste lahendamise kontroll.