

**TAL
TECH**

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
INSENERITEADUSKOND
Ehituse ja arhitektuuri instituut

**RIIGITEEDE SILDADE REMONDIOBJEKTIDE
VALIKUMETOODIKA ANALÜÜS**

**DECISION-MAKING ANALYSIS OF INTERVENTION OF
STATE ROADWAY BRIDGES**

MAGISTRITÖÖ

Üliõpilane: Mihkel Männiste
/nimi/

Üliõpilaskood 083359EATI

Juhendaja: Sander Sein, Lektor
/nimi, amet/

Tallinn 2022

(Tiitellehe pöördel)

AUTORIDEKLARATSIOON

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

Lõputöö alusel ei ole varem kutse- või teaduskraadi või inseneridiplomit taotletud.

Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

"....." 2022

Autor:

/ allkiri /

Töö vastab magistritööle esitatud nõuetele

"....." 2022

Juhendaja:

/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

"....."2022.

Kaitsmiskomisjoni esimees

/ nimi ja allkiri /

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks¹

Mina Mihkel Männiste (*autori nimi*) (sünnikuupäev: 28.01.1989)

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose „Riigiteede sildade remondiobjektide valikumetoodika analüüs“,

(lõputöö pealkiri)

mille juhendaja on Sander Sein,

(juhendaja nimi)

1.1 reprodutseerimiseks lõputöö säilitamise ja elektroonse avaldamise eesmärgil, sh Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2 üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. Olen teadlik, et käesoleva lihtlitsentsi punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ning muudest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

¹Lihtlitsents ei kehti juurdepääsupiirangu kehtivuse ajal, välja arvatud ülikooli õigus lõputööd reprodutseerida üksnes säilitamise eesmärgil.

_____ (*allkiri*)

_____ (*kuupäev*)

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Üliõpilane: Mihkel Männiste, 083359EATI (nimi, üliõpilaskood)
Õppekava, peeriala: EATI02/09 - sillaehitus (kood ja nimetus)
Juhendaja(d): Lektor, Sander Sein, 6202610 (amet, nimi, telefon)
Konsultant:(nimi, amet)
..... (ettevõtte, telefon, e-post)

Lõputöö teema:

(eesti keeles) Riigiteede sildade remondiobjektide valikumethodikate analüüs
(inglise keeles) Decision-making analysis of intervention of state roadway bridges

Lõputöö põhieesmärgid:

1. Uurida ja analüüsida riigiteede sildade remondiobjektide valikumethodikat
2. Anda ülevaade rahvusvahelistest praktikatest, millest lähtuvalt pakutakse välja uued toimivusnäitajad, mis võivad olla aluseks toimivuseesmärkide seadmiseks.
- 3.

Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.		
2.		
3.		

Töö keel: eesti keel **Lõputöö esitamise tähtaeg:** ".....".....202....a

Üliõpilane: ".....".....202....a
/allkiri/

Juhendaja: ".....".....202....a
/allkiri/

Konsultant: ".....".....202....a
/allkiri/

Programmijuht: ".....".....202....a
/allkiri/

Kinnise kaitsmise ja/või lõputöö avalikustamise piirangu tingimused formuleeritakse pöördel

SISUKORD

EESSÕNA	6
Lühendite ja tähiste loetelu	7
SISSEJUHATUS	8
1. SILLA TOIMIVUS	10
1.1 Toimivusnäitajad	12
1.2 Toimivuseesmärgid	13
1.3 Kvaliteedikontrolli plaani koostamine	15
1.3.1 Peamised toimivusnäitajad (KPI)	15
1.3.2 Staatiline ja dünaamiline etapp	16
1.3.3 Ülevaatuste läbiviimise plaan	18
1.3.4 Kriitiliste piirkondade ja purunemisviiside määramine	19
1.3.5 Töökindluse, avatuse ja ohutuse skaalad	20
1.3.6 Radiaaldiagrammi kasutamine	22
1.4 Metoodika rakendamine	23
2 SILDADE REMONDIOBJEKTIDE VALIK EESTI RIIGITEEDEL	27
2.1 Riigiteede teehoiukava aastateks 2021-2030	27
2.2 Sildade remondiobjektide valiku metoodiline juhend	29
2.3 Sildade haldussüsteem	31
2.4 Remondiobjektide valik	32
2.5 Sillaremondi objektide nimekiri 2022-2025	34
3 EKSPERTIDE HULGAS LÄBIVIIDUD KÜSITLUS	38
3.1 Esimene küsimuste plokk – kuidas tehakse praegu?	39
3.1.1 Seisundi indeks kui remondiotsuste tegemise indikaator	39
3.1.2 Tehtavate remondiotsuste süsteemsus	41
3.1.3 Riigiteede sillapargi seisukord	43
3.1.4 Tervikliku sillahaldussüsteemi (BMS) olulisus	44
3.2 Teine küsimuste plokk – kuidas teha edaspidi?	45
3.2.1 Peamiste toimivusnäitajad (KPI) Eestis rakendamiseks	46
3.2.2 Ülevaatuste täiendamine mittepurustavate katsetega	48
3.2.3 Prognoosimudelite kasutuselevõtt remondiotsuste tegemisel	50
4 JÄRELDUSED JA SOOVITUSED	52
KOKKUVÕTE	59
SUMMARY	61
KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU	63
LISAD	65

EESSÕNA

Käesoleva magistritöö on koostatud koostöös Tallinna Tehnikaülikooli, Inseneriteaduskonna, Ehituse ja arhitektuuri instituudi lektori Sander Seinaga, kelle ideest ka selle magistritöö kirjutamine alguse sai.

Töö koostamisel on teoreetilise poole pealt paljuski lähtunud aastatel 2015-2019 Euroopa teaduse ja tehnika alase koostöövõrgu (ingl European Cooperation in Science and Technology, COST) poolt koostatud tegevuskavast TU1406. Selle tegevuskava raames anti konkreetseid soovitusi ja juhiseid kuidas standardiseerida sildade haldamist ja varahaldust liikmesriikides selliselt, et piiratud eelarveliste vahendite puhul teha jätkusuutlike investeerimisotsuseid.

Lisaks tänan nii sillaanalüütik Olari Valterit, kes oli valmis selgitama tänast Transpordiameti praktikantide sildade remondiobjektide valikul ning saatma selgitavaid materjale kui ka neid valdkonna eksperte, kes võtsid vaevaks vastata neile saadetud küsimustikele. Küsimustiku vastuste alusel on võimalik anda soovitusi peamiste toimivusnäitajate valikul, mis aitaksid tulevikus teha süsteemsemaid investeerimisotsuseid nii projekti- kui ka võrgutasandil.

Sildade toimivus

Toimivusnäitajad

Toimivuseesmärgid

Remondiobjektide valik

Sildade haldamine

Magistritöö

Lühendite ja tähiste loetelu

BMS – sildade haldus süsteem (ingl k *Bridge Management System*)

SI – silla seisundiindeks

COST - Euroopa Teaduse ja Tehnika alase Koostööorganisatsioon (ingl k *European Cooperation in Science and Technology*)

PI – toimivusnäitaja (ingl k *Performance Indicator*)

KPI – peamine toimivusnäitaja (ingl k *Key Performance Indicator*)

PG – toimivuseesmärk (ingl k *Performance Goal*)

SISSEJUHATUS

Sillad on teedevõrgu kriitilised komponendid, kuna nende täielik või osaline tõrge võib põhjustada ümbersõite või isegi täielikku ligipääsmatust piirkondadesse, mis omakorda võivad põhjustab mõõdukaid või tõsiseid majanduslikke tagajärgi.[1] Lisaks majanduslikule kasule võimaldab toimiv infrastruktuur kasutajaid kaasata mitmesugustesse tegevustesse, mis toovad era-, avalikku ja sotsiaalset kasu - näiteks jõuda meil töökohtadeni, tagada juurdepääsu teenustele, koolidele ja ühendada meid kogukonnaga, kus me elame. Tõhus transpordivõrk on seega hädavajalik kaasaegne ühiskonna majanduslikust, sotsiaalsest ja keskkonnaalasest vaatenurgast.

Olukorras, kus teekasutajate nõuded kasvavad (liiklussageduse kasv, raskemate veokit lubamine teedele), sillapark on vananev (ligi pool Eesti sillapargist on ehitatud enne 1980-ndat aastat) ja teisalt eelarvelised vahendid on tulenevalt ehitushindade pidevast kasvust ja teehoiu kava alusel eraldatud fikseeritud summadele piiratud, on aina olulisem teha jätkusuutlike ja süsteemseid investeerimisotsuseid sillapargi haldamisel. Seetõttu on ka üha suurem vajadus töötada välja strateegiad, mis tagaksid sildade pikaajalise kvaliteetse toimimise ja läbi selle saada investeringust maksimaalne ühiskondlik kasu. Investeringud peavad olema planeeritud, efektiivselt juhitud ja tehniliselt toetatud läbi varahaldussüsteemi, mis mitte ainult ei defineeri ära eesmärgid, mida soovitakse saavutada, vaid teeb ka kindlaks investeerimisvajadused ja -prioriteetid elukaare kulude vaates.[2]

Need väljakutsed on samasugused ka kõikides teistes Euroopa riikides, mistõttu aastatel 2015-2019 teostati Euroopa Liidu poolt rahastatava Euroopa Teaduse ja Tehnika alase Koostööorganisatsiooni COST (ingl k *European Cooperation in Science and Technology*) raames laiahaardeline teadusuuring COST tegevuskava TU1406 – Maanteesildade kvaliteedispetsifikatsioonid, standardiseerimine Euroopa tasandil. Tegevuskava põhieesmärk oli välja töötada juhend maanteesildade kvaliteedikontrolliplaani koostamiseks, integreerides värskemad teadmised toimivuse hindamise protseduuride kohta konkreetsete eesmärkide kehtestamisega. [2] Käesoleva töö esimeses osas antakse ülevaade nimetatud tegevuskava etappidest ning kirjeldatakse põhjalikumalt välja toodud soovitusi kvaliteedikontrolliplaani koostamiseks koos sinna juurde kuuluvate peamiste toimivusnäitajate valimisega ja nende sidumisega toimivuseesmärkidega.

Teises osas uuritakse, mis alustel toimub riigiteedel sildade remondiobjektide valik ehk mis on need konkreetsed kriteeriumid, mille alusel otsustatakse sild remondikavasse

lisada ja valitakse välja sobilik remondiliik. Riigiteede teehoiukavas aastateks 2021-2030 on välja toodud, et remonti ja ümberehitust vajavate sildade nimekiri 4 aastase perspektiiviga koostatakse vastavalt silla seisukorrale, liiklussagedusele ja raskeveokite osakaalule. Vastavalt seisukorrale ja liiklussagedusele ja projekteeritud koormustele koostatakse remonti vajavate sildade kohta igal aastal pingerida, mis on objektide valiku aluseks. Seisukorra hindamiseks teostatakse sildadele iga 4 aasta tagant põhjalikke visuaalseid ülevaatusi, mille käigus omistatakse igale rajatise elemendile seisunditase, mille alusel omakorda antakse rajatisele hinnang skaalal 0-100%, mida nimetatakse Seisundi Indeksiks (SI). [4] Muuhulgas tuuakse välja, et remonttegevuste tulemuseks on sildade esialgse tehnilise seisukorra taastamine.

Praegust praktikat ja kehtivat meetodikat aitas töö autorile selgitada Transpordiameti sillaanalüütik Olari Valter, kelle koostada on riigiteedel asuvate sildade iga-aastased remondikavad, mis vaadatakse üle ja kiidetakse heaks Transpordiameti investeringute komitees. Lõputöö autoril oli võimalik tutvuda erinevate andmekogudega ja abitabelitega, mille alusel pingeread on koostatud ning sillad remondikavasse valitud. Vestluste käigus selgus, et olemasolev meetodiline juhend ei täida sillaanalüütiku hinnangul soovitud eesmärki ning vajab kaasajastamist. Olemasolev juhend ei pidanud piisavalt hästi kirjeldama kõiki neid kriteeriumeid, mida sillaanalüütik iga silla puhul arvesse peab võtma ning seetõttu seda meetodikat tänaste otsuste tegemisel ei järgita.

Kuivõrd Transpordiameti sillaanalüütiku hinnangul olemasolev meetodiline juhend ei ole remondiotsuste tegemiseks sobilik ja töö autoril oli keeruline praeguste remondiotsuste taga näha süsteemset analüüsi ja sillapargi üleselt ühtsete põhimõtete alusel toimuvat valikuportsessi, siis otsustas töö autor viia täiendavalt läbi küsitluse valdkonna ekspertide hulgas, et muuhulgas välja selgitada, millised võiksid olla need peamised toimivusnäidikud, mida tuleks sildade remondiotsuste tegemisel arvestada. Lisaks uuriti ekspertidelt, millised andmeid võiks sildadel täiendavalt koguda ja remondiotsuste tegemisel kasutama. Ülevaade küsitluse käigus kogutud vastustest ja nende analüüsist on käesoleva töö kolmandaks osaks.

Neljandas osas võetakse kokku peamised leiud tänases Transpordiameti otsustusprotsessides ja tehakse ettepanekuid protsesside paremaks juhtimiseks lähtuvalt ekspertide vastustest. Pakutakse välja võimalikud peamised toimivusnäidikud, millest investeerimisotsuste tegemisel ja jätkusuutlikul sillapargi haldamisel võiks lähtuda ja millele tuleks keskenduda toimiva kvaliteedikontrolli plaani koostamisel.

1. SILLA TOIMIVUS

Kui siiani on sildade seisukorda hinnatud seisundi indeksi alusel ja kandevõimet sarnaselt projekteerimisel kasutatud metoodikatega, siis efektiivsema sildade haldamisega kaasneb vajadus vaadata sildu terviklikumalt, sest praegu kasutusel olevat visuaalset seisukorra hindamise metoodikat ei ole võimalik täiendada selliselt, et see arvestaks ka rajatise kandevõime või töökindlusega. [5]

Toimivus (inglise k *performance*) on näitaja, mille põhjal saab hinnata kui hästi rajatis täidab oma eesmärgi. Toimivuse hindamine ja eri näidikud olenevad ühelt poolt omaniku seisukorrateadlikkusest, kuid samas saavad ka sildade kasutajad seda mõjutada. Kõige lihtsam on toimivuse põhjal öelda, nagu ka kandevõime hinnangu puhul, kas rajatis täidab eesmärgi või mitte. Silla toimivus on kogum erinevatest toimivusnäitajatest (ingl k *performance indicator*), mida on võimalik numbriliselt hinnata. Iga toimivusega seotud näitaja peaks andma infot silla kohta ja nendele peab saama kindlas kontekstis esitada nõudeid või eesmärgi (inglise k *performance goal*). Selgete nõuete kirjeldamisel on võimalik hinnata ka kogumit tervikuna eri haldamisega seotud stsenaariumite puhul. [5]

COST on Euroopa vanim teaduse ja tehnoloogia valdkonna koostööprogramm, mis loodi juba 1971. aastal. Selle tegevuskavade peamine eesmärk on ühtlustada Euroopa tasandil teadlaste, poliitikakujundajate ja ühiskonna vahelisi arusaamu. Eesti on COSTi liikmesriik 1997. aastast ja selle tegevuses on osalenud tuhanded Eesti teadlased. [3] Tõhusa haldamise parandamiseks ja ühtlustamiseks alustati 2015. aastal Euroopa tasemel arutelu Euroopa teaduse ja tehnika alase koostorganisatsiooni COST kaudu tegevuskava TU1406, et välja töötada uus standard olemasolevate maanteerajatiste kvaliteedikontrolliplaani rakendamiseks. Tegevuskava koostamise juures olid esindatud peaaegu kõik Euroopa riigid. Tegevuskava põhieesmärk oli välja töötada juhend maanteesildade kvaliteedikontrolliplaani koostamiseks, integreerides värskeimad teadmised toimivuse hindamise protseduuride kohta konkreetsete eesmärkide kehtestamisega. See juhend keskendub sildade hooldusele ja elutsükli toimivusele kahel tasandil: **(I) toimivusnäitajad, (II) toimivuseesmärgid.** [6] Läbimõeldud kvaliteedikontrolli plaan peaks täpsustama kõik tegevused ja vahendid, mis on vajalikud ohutuse tagamiseks. Lisaks peaks kvaliteedikontrolli plaan määratlema sildade ülevaatuste või toimingute ulatuse ja intervalli ning andmed, mis on vajalikud peamiste toimivusnäitajate hindamiseks ja nende edasise arengu prognoosimiseks.[2]

Varahaldusstrateegiate rakendamisel on vaja hooldustoiminguid, et hoida vara soovitud toimivustasemel. Maantesildade puhul kehtestatakse nende komponentidele spetsiifilised toimivusnäitajad. Need näitajad võivad olla kvalitatiivsed või kvantitatiivsed ning nende kogumise viisideks võivad olla visuaalsed kontrollid, mittepurustava katsed või ajutised/püsivad monitoorimissüsteemid. Seejärel võrreldakse saadud näitajaid toimivuseesmärkidega, et hinnata, kas kvaliteedikontrolli plaan on täidetud. On jõutud järeldusele, et Euroopas on toimivusnäitajate kvantifitseerimise ja eesmärkide määratlemise osas suured erinevused. Seetõttu oli selle meetme eesmärk tuua esimest korda kokku nii teadlaste kui ka praktikute kogukond, et kiirendada Euroopas juhendite koostamist selles valdkonnas.[6] Kõige enam kasu peaks sellest saama lõppkokkuvõttes maksumaksja ja teekasutaja, sest töö käigus mõtestatakse lahti ja seotakse omavahel sildade haldamine ja kvaliteedikontroll. [3]

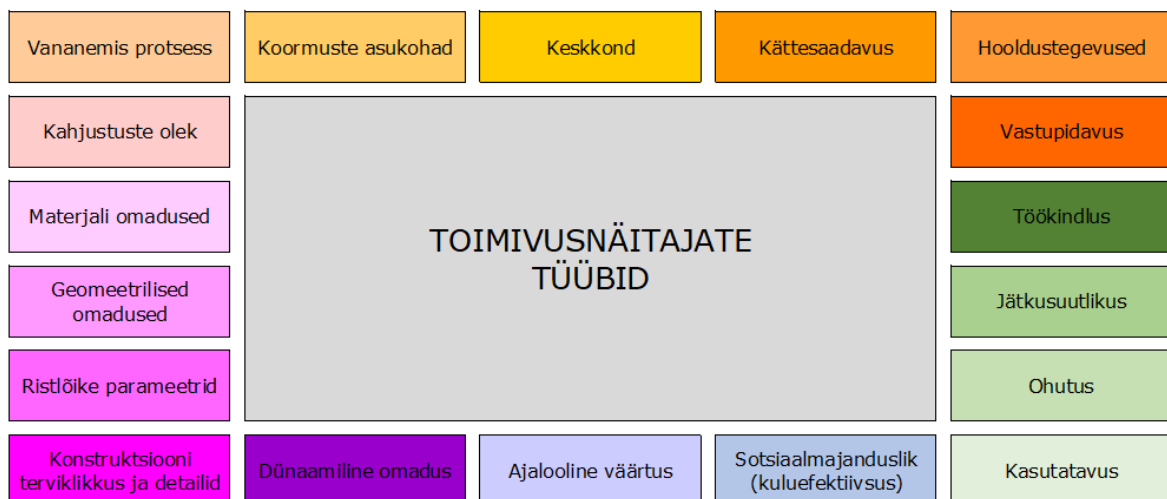
Tegevuskava oli jaotatud viide etappi, mille eest vastutasid erinevad töögrupid ning kogu tegevuskava koostamise lõpptähtaeg koos lõpuraportite esitamisega oli 2019-s aasta. Töögruppide ülesanded olid järgmised:

1. töögrupp: toimivusnäitajad (ingl k performance indicators) - Üleeuroopalise sildade hindamisega seotud näitajate ja eesmärkide kogumine, andmebaasi loomine ja vajalike toimivusnäitajate soovitamine;
2. töögrupp: toimivuseesmärgid (ingl k performance goals) – Standardiseeritud põhisihide kirjeldamine koos piirväärtuste leidmise ja määramisega;
3. töögrupp: kvaliteedikontrolliplaani loomine (ingl k establishment of a QC plan) - Kvaliteedi hindamiseks vajaliku juhendi koostamine koos metoodika kirjelduse ja näidetega;
4. töögrupp: rakendamine juhtumiuuringute kaudu (ingl k implementation in a Case Study) - Eelnevate töögruppide koostatud töö kontrollimine reaalses situatsioonides ja võrdlemine olemasoleva olukorraga;
5. töögrupp: suuniste/soovituste koostamine (ingl k drafting of guideline/recommendations) - Soovituste koostamine praktiseerivatele omanikele ja inseneridele. [6]

1.1 Toimivusnäitajad

COST TU1406 töögrupp 1 uuris rahvusvahelise teaduskoostöö raames maanteesildade peamisi toimivusnäitajaid, kasutades selleks kahes uurimisfaasis saadaolevaid andmeid. Näitajad kajastavad mehaanilisi ja tehnilisi omadusi ning nende lagunemiskäitumist. Arvesse võeti loomulikku vananemist, materjali kvaliteeti, kasutusea kavandamise meetodeid, jätkusuutlikuse näitajaid ning keskkonnaalaseid, majanduslikke ja sotsiaalseid näitajaid.

Tulemuseks oli Euroopa ülese toimivusnäitajate andmebaasi loomine, mida rakendatakse paindlikult, et vastata riikide nõuetele. Näitajad käsitlevad: **a) Ohutust, b) Kasutuskõlblikust, c) Avatust, d) Maksumust, e) Keskkonna säästu aspekte** [7]



Joonis 1.1 Võimalikud toimivusnäitajate sarjad [7]

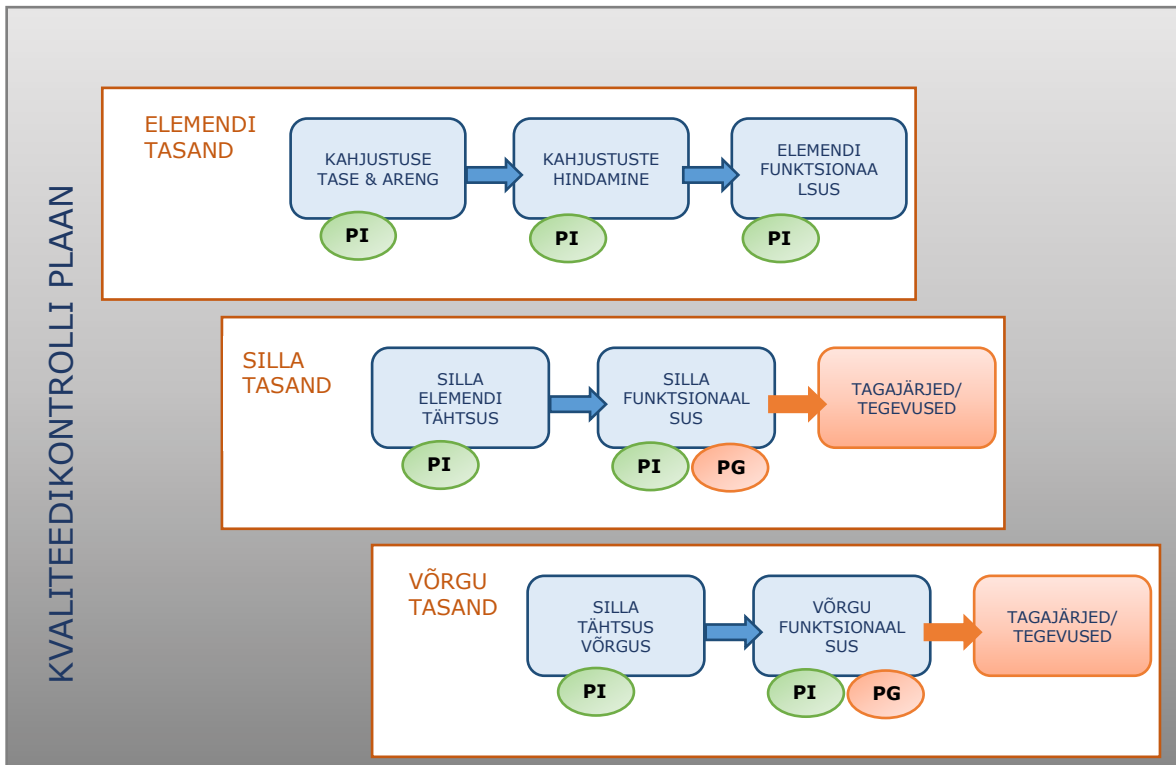
Silla rahuldava toimimise tagamiseks terve kasutusea jooksul, on oluline määratleda raamistik, milles varahaldus opereerib. Sellise tervikliku raamistiku loomise puhul on oluline tuvastada ja defineerida individuaalsed ja kombineeritud toimivusnäitajad lähtudes ohutusest, kasutajate vajadustest ja keskkonna ning sotsiaalmajanduslikest aspektidest. Sildade toimivusel Euroopas domineerivad operaatorite andmebaasidel tuginevad toimivusnäitajad. Sellegipoolest muutuvad olemasolevate teaduspõhiste toimivusnäitajate kogumine ja analüüs olulisemaks, sest need võivad pakkuda täpsemat ja objektiivsemat teavet, mille alusel täiendavaid uuringuid läbi viia. Toimivusnäitajate mõiste on riigiti erinev ning samuti nende sidumine toimivuseesmärkidega. Antud töögrupp tegeles ühise andmebaasi välja arendamisega, mis sisaldab endas elemendi, süsteemi ja võrgu tasemel toimivusnäitajate informatsiooni.

Kõige olulisemate toimivusnäitajate valimiseks tuleb järgida järgmisi samme:

1. Määratleda olulisemad toimivuseesmärgid (näiteks liiklusohutus, kasutatavus, töökindlus, vastupidavus, avatus, hooldatavus jne)
2. Kategoriseerida toimivusnäitajad toimivuseesmärkide suhtes ja seda erinevatel tasanditel: komponendi-, süsteemi- ja võrgutasandil. Sealjuures võttes arvesse erinevaid aspekte nagu tehniline, jätkusuutlikus, sotsiaalmajanduslik jne.
3. Ideaaljuhul peaks toimivuseesmärkide puhul kaaluma järgmisi küsimusi:
 - a. Kas see on mõõdetav?
 - b. Kas see on arvuliselt väljendatav?
 - c. Kas sellele on sihtväärtus leitav?
 - d. Kas see on sobilik paremusjärjestuse koostamiseks?
 - e. Kas see võimaldab teha otsuseid, millel on majanduslik mõju? [7]

1.2 Toimivuseesmärgid

Töögrupp nr 2 eesmärk oli uurida, kuidas oleks võimalik siduda toimivusnäitajad toimivuseesmärkidega ja peamiste toimivusnäitajate (ingl k *Key Performance Indicators*, KPI) hindamise raamistiku väljatöötamine. Hooldusstrateegiate loomiseks on oluline luua seos silla komponendi ja võrgutasandil toimivusaspektide vahel. COST TU 1406 poolt välja töötatud raamistik on kirjeldatud joonisel 1.2. Olenevalt valitud varahalduse lähenemisest, kas alt üles või ülevalt alla, on joonist võimalik rakendada ja lugeda mõlemas suunas. Ülevallt alla lähenemise keskendub planeerimisele ja strateegia juhtimisele sillavõrgu tasemel. Alt üles strateegia keskendub projektitasandi analüüsile, mis määrab võrgustrateegia. [8]



Joonis 1.2. Toimivusnäitajatel ja toimivuseesmärkidel põhinev hindamisprotseduur komponendi tasandilt süsteemi- ja võrgutasandile. [8]

Sildade ülevaatused viiakse üldiselt läbi elemendi tasemel ja on tavaliselt jagatud erinevatesse alamkategoriatesse nagu alusehitus, pealisehitus, sõidutee jne. Ülevaatuste käigus kogutakse ja analüüsitakse erinevaid toimivusnäitajaid (PI), selleks et silla tasandil määrata koondatud peamist toimivusnäitajat (KPI). Need kogutud toimivusnäitajad on tavaliselt seotud silla toimivuse tehniliste aspektidega, mida defineeritakse kui konstruktsiooni toimivust või töökindlust. Kui toimivusnäitajad teisendatakse silla tasemelt võrgutasemele, tuleb arvestada sillaelemendi tähtsusega silla funktsionaalsusele. [6] Tavaliste maantesildade puhul tehakse hindamine üldiselt seisundiindeksite põhjal, mille tulemusel saadakse lõpuks koondatud silla Seisundi Indeks (SI). SI-d kasutatakse seejärel peamise toimivusnäitajana töökindluse hindamisel. SI piirväärtuse või minimaalse nõutava väärtuse määrab silla omanik. Tegelikult tuleks olemasolevate sildade hindamist läbi viia mitte ainult perioodiliste ülevaatuste abil tehtava silla seisukorra subjektiivse hindamisel alusel, vaid vaatenurgast kuidas silla tegelik seisukord mõjutab silla töökindlust järelejäänud eluea jooksul. [8]

Ajalooliselt on sildade hoolduse otsuseid tehtud põhiliselt silla kahjustuste (üksik KPI) ja operaatori käsutuses olevate vahendite alusel. Aja jooksul on lisatud teisi näitajaid (peamiselt tehnilised) et arendada otsuse tegemise protsessi. Viimase kümnendi

jooksul on otsuse tegemise protsessi lisandunud ühiskondlikud aspektid ja kasutajate saadav kasu on kasutusel kõikide juhtimisotsuste tegemisel, kaasa arvatud hooldus. [9]

Raportis analüüsiti erinevate riikide praktikat ja pakuti välja viis põhilist toimumisaspekti, millest võiks lähtuda:

- Töökindlus (ingl k *Reliability*)
- Avatus või Kättesaadavus (ingl k *Availability*)
- Majandus (ingl k *Economy*)
- Keskkond (ingl k *Environment*)
- Liiklusohutus (ingl k *Traffic Safety*) [6]

Täpsemalt toimumisaspektide sisu kirjeldatud järgmise alapeatüki punktis 1.3.1.

1.3 Kvaliteedikontrolli plaani koostamine

Töögrupp nr 3 keskendus maanteesildade kvaliteedikontrolli raamistiku loomisele. Kvaliteedikontrolli plaan määrab kindlaks ülevaatuste või uuringute ulatuse ning intervalli, mis on vajalikud peamiste toimumisnäitajate hindamiseks, tulevase arengu prognoosimiseks ja hooldusmeetmete valimiseks. Need põhimõtted kattuvad ISO 55000 (rahvusvaheline standard mistahes vara haldamiseks) standardis välja toodud Strateegilise Vara Haldamise Plaani (ingl k *Strategic Asset Management Plan, SAMP*) ja Varade Haldamise Plaani (ingl k *Asset Management Plan, AMP*) põhimõtetega. Peamiste toimumisnäitajate hindamine toimumisnäitajate põhjal vajab endiselt täiendavat arutelu, et lahendada probleemid nagu osade toimumisnäitajate kattumine (usaldusväärsus ja avatus) või näiteks poliitika ja tervise kui peamiste toimumisnäitajate hindamine silla tasandil. [9]

1.3.1 Peamised toimumisnäitajad (KPI)

Kvaliteedikontrolli raamistikus hinnatakse peamisi toimumisnäitajaid erinevate hooldusstsenaariumite puhul ja leitakse kõige mõistlikum ning teostatavam. Osasid toimumisnäitajaid on mõistlikum rakendada ainult aja teljel, näiteks avatus või maksumus.

Sobilike KPI-de valikul lähtutakse konkreetse sillavõrgu kohta kogutavatest andmetest. KPI mille väärtust ei ole võimalik määrata iga silla kohta antud sillavõrgus, ei saa kasutada hindamiseks.[10]

COST TU1406 raames välja pakutud peamised toimivusnäitajad (KPI) ja nende definitsioon:

I Töökindlus – tõenäosus, et sild on oma otstarbeks sobiv kogu kasutusea jooksul.

II Avatus – aeg, mil sild täidab oma funktsiooni. See ei sisalda töökindlusest tulenevaid seisakuid vaid planeeritud hooldusseisakutega seotud (täiendav sõiduaeg sillale kehtestatud liikluspiirangu tõttu)

III Ohutus – seotud silla eluea jooksul kasutajatele tehtava kahju minimeerimise või likvideerimisega. Ei sisalda konstruktsioonilise rikke tõttu kaotatud elu (sisaldub töökindluses)

IV Majandus – seotud pikaajaliste kulutuste ja hooldus tegevuste minimeerimisega silla eluea jooksul. Ei sisalda kasutajakulud seoses ümbersõitude ja teekonna pikenemisega

V Keskkond – seotud keskkonnale tehtava kahjuga silla eluea jooksul [9]

1.3.2 Staatiline ja dünaamiline etapp

Kvaliteedikontrolli plaanis nähakse ette kahte etappi – staatiline ja dünaamiline. Staatiline on ajas muutumatu, mis enamasti tähendab, et vaadeldakse ühte hetke ja dünaamiline ajas muutuv ehk vaadatakse pikemat perspektiivi. Staatiline hõlmab endas üldjuhul ettevalmistustöid, ülevaatuste läbiviimist ja peamiste toimivusnäitajate hetkeväärtuste hindamist. Dünaamiline etapp hõlmab endas järelejäädud kasutusea hindamist, peamiste toimivusnäitajate arengut aja jooksul ning optimaalse hooldusstsenaariumi leidmist ehk otsuste tegemist.

Sammud staatiliseks (hetkeliseks) kvaliteedikontrolliks sisaldavad:

1. Ettevalmistustöö

- Silla teabe uurimine
- Tuvastada algse projekti kontseptuaalsed nõrkused
- Tuvastada materjali nõrkused
- Võrrelda praeguseid liikluskoormusi projekti aluseks olnud liikluskoormuse mudelitega

- Tuvastada kriitilised piirkonnad
- Töökindluse hindamine *à priori*

2. Ülevaatus objektil

- Kahjustuste tuvastamine (nt praod, murenemine, deformatsioonid jne)
- Materjalide omaduste mõõtmine objektil
- Proovide võtmine

3. Laborikatsed (nt karboniseerumise sügavus, kloriidide sissetung jne)

4. Peamise toimivusnäitaja Töökindluse hindamine

- Vastupidavuse vähenemine kvalitatiivsel meetodil lähtudes tuvastatud kahjustustest
- Töökindluse (struktuurne ohutus ja kasutatavus) kvalitatiivne hindamine

5. Peamise toimivusnäitaja Ohutuse hindamine

Sammud dünaamiliseks kvaliteedikontrolliks sisaldavad:

1. Järelejäänud kasutusea hindamine

- Aktiivsete kahjustusprotsesside kiiruse hindamine
- Kahjustuste prognoos
- Töökindluse ja Ohutuse areng ajas

2. Hooldusstsenaariumid

- Võrdlus stsenaarium – sekkumine kasutusea lõpus
- Ennetav stsenaarium
- Eeldatavad pikaajalised kulud kõikide stsenaariumite puhul
- Eeldatav Avatus kõikide stsenaariumite puhul
- Eeldatav hoolduse mõju Töökindlusele ja Ohutusele.

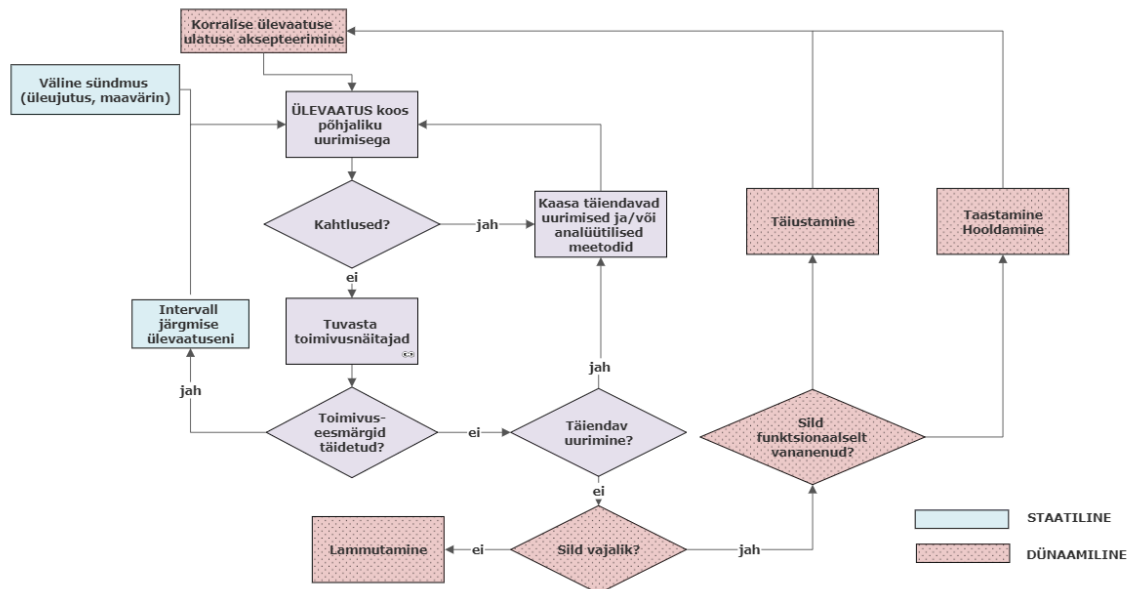
3. Otsuse tegemine

- Teostada mitme atribuudiga või mitme eesmärgiga optimeerimist
- Mitterahaliste peamiste toimivusnäitajate teisendamine rahaliselt mõõdetavaks
- Optimaalse stsenaariumi tuvastamine [6]

1.3.3 Ülevaatuste läbiviimise plaan

Kvaliteedikontrolli plaani oluliseks osaks on ülevaatuste läbiviimise plaan, et tagata ülevaatuste käigus kogutavate andmete ja otsuste tegemise meetodite puhul soovitud usaldusväarsuse tase. Teisalt ei ole võimalik välja töötada sellist ülevaatuste plaani, mis käsitleb kõiki protseduure ja nõudeid sellise täpsusega, et tehtavad otsused oleksid perfektselt täpsed. Alati jääb alles mingi tõlgendamise ruum, mis võib viia erinevate otsuste tegemiseni, aga seda saab oluliselt vähendada kui kasutada asjakohast protokollit. [9]

Tüüpilised viisid sildade hindamiseks on läbi visuaalsete ülevaatuste, mittepurustavate katsete ja läbi konstruktsiooni monitoorimise (ingl k *structural health monitoring SHM*). Kuna konstruktsiooni monitoorimine on väga ressursi ja aja mahukas, siis see sobib ainult väga tähtsate ja suurte sildade puhul. Seega jääb andmete kogumiseks kaks varianti: visuaalsed ülevaadused ja mittepurustavad meetodid. Visuaalsete ülevaatuste puhul on peamiseks plussiks selle kiirus kuid osade toimivusnäitajate hindamiseks ei anna visuaalne vaatlus piisavalt usaldusväärset infot, mistõttu oleks seda vaja kombineerida sobiliku mittepurustava meetodiga. Teatud juhtudel on põhjendatud ka silla tegeliku kandevõime hindamine, seda eriti juhul kui silla projektdokumentatsioon ei ole säilinud ning sild on projekteeritud vanade koormusmudelite alusel. Sealjuures on koormuskatsete lisaväärtuseks uus ja isegi projektist täpsem teave silla kohta. Varahaldur ja ülevaatusi läbiviiv inspektor peaksid esmalt tuvastama, milliste toimivusnäitajate hindamiseks ei piisa ainult visuaalsest ülevaatusest ning olenevalt sildade vanusest, liigist ja muudest olulistest omadustest valime välja kõige sobilikumad mittepurustavad meetodid või proovikoormamise visuaalsete ülevaatuste täiendamiseks. Sellisel kujul toimivuse hindamine võib olla küll kulukas, kuid lõpptulemusena odavam kui tarbetu ümberehitus või rääkimata lammutamisest ja uue silla ehitusest. [11]



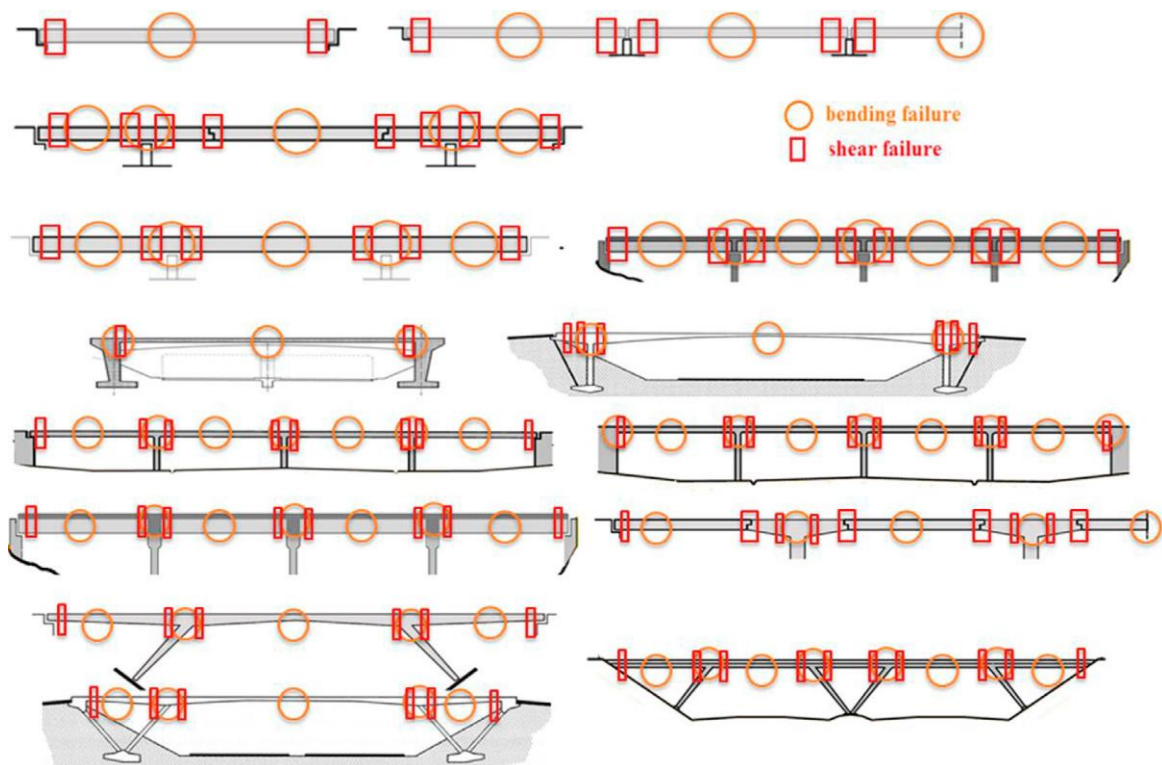
Joonis 1.3 Näide ülevaatusete läbiviimise plaanist staatilisel ja dünaamilisel viisil[9]

Kõik silla andmed peaksid olema koos silla haldus süsteemis (BMS) koos oluliste parameetrite/andmetega, mis on vajalikud kvaliteedikontrolli protseduuride loomiseks.

1.3.4 Kriitiliste piirkondade ja purunemisviiside määramine

Kaasaegsed projekteerimismõõtmised määratlevad nii ohutuse kui ka kasutatavuse töökindluse indeksi kaudu, mis on seotud sihttõenäosusega, et sild vastab oma eesmärgile selle kasutusea jooksul. Töökindluse hindamine olemasolevatel sildadel võib olla keeruline ja tüütu. Olemasoleva kogemuse ja andmete põhjal võib läbi viia lihtsustatud töökindluse hindamist, mis võib olla piisav hindamise jaoks. Selleks tuleks projektdokumentatsiooni alusel ära määrata kriitilised piirkonnad ja purunemisviisid. Kriitilisteks piirkondadeks on silla elemendid või osad, mille kahjustustel on suurim mõju silla ohutusele ja kasutatavusele. [9]

Tänu purunemisviiside ja kriitiliste piirkondade määramise on võimalik läbi viia kahjustuste põhise hindamist, mis näiliselt on väga sarnane seisukorra indeksi põhise hindamisega, kuid olemuselt väga erinev. Peamine erinevus seisneb põhjalikkuses ja ülevaataja vajalikus teadmiste tasemes. Kui seisukorra puhul antakse numbriline hinnang, mis on tunnetuslik, siis kahjustuste hindamisel peab ülevaataja otsustama mis tüüpi kahjustusprotsessiga on defekt seotud ja kuidas see konkreetne defekt mõjutab silla seisukorda ehk teisisõnu ülevaataja peab olema teadlik, kas tegemist on keemilise, füüsilise või bioloogilise kahjustusprotsessiga. Kahjustusi võib hinnata sarnaselt seisukorrale numbritega, kuid sellisel juhul hinnatakse juba kahjustuse tõsidust, mitte ei anta hinnangut füüsilisele välimusele. [12]



Joonis 1.4. Kriitiliste piirkondade ja purunemisviiside märkimine sillal. [9]

1.3.5 Töökindluse, avatuse ja ohutuse skaalad

Töökindlus on seotud struktuurse ohutuse ja kasutatavusega. Töökindluse hindamine ei ole sama mis seisundi hindamine, kuna töökindlus võtab arvesse ka uue konstruktsiooni töökindluse (ingl k *virgin reliability*) keskendudes purunemisviisidel ja kriitilistel piirkondadel. Uue konstruktsiooni töökindluse hindamisel on ülimalt oluline võtta arvesse, et eelmistel/asendatud projekteerimisnormidel on piiratud teadmised piisava nihkekoormuse arvestamisel. [9]

COST TU1406 poolt on välja pakutud järgmised skaalad peamistele toimivusnäitajatele. Kusjuures need on kooskõlast EVS-EN 1990 põhimõtetega (lisa B ja C)

Töökindluse skaala	Kvantitatiivne skaala(β)	Sekkumise kiireloomulisus
Struktuurne turvalisus		
1	> 4.00	Tavaline ülevaatus
2	3.25-4.00	Vajalik ümberhindamine, et uuendada perioodi ülevaatuste vahel
3	2.50-3.25	Vajalik ümberhindamine, et planeerida optimaalne aeg sekkumiseks
4	2.00-2.50	Vajalik ümberhindamine ja võimalik sekkumine tuleks teostada vahetult peale ülevaatus
5	<2.00	Kohene tegevus/sekkumine on vajalik
Kasutatavus		
1	>2.50	Tavaline ülevaatus
2	2.00-2.50	Vajalik ümberhindamine, et uuendada perioodi ülevaatuste vahel
3	1.50-2.00	Vajalik ümberhindamine, et planeerida optimaalne aeg sekkumiseks
4	1.00-1.50	Vajalik ümberhindamine ja võimalik sekkumine tuleks teostada vahetult peale ülevaatus
5	<1.00	Kohene tegevus/sekkumine on vajalik

Tabel 1.1 Töökindluse KPI skaala ja sekkumise kiireloomulisus ohutuse ja kasutatavuse puhul [6]

Ohutuse skaala	Kvantitatiivne skaala	Kvalitatiivne skaala
1	Õnnetuse juhtumise aeg > 100 aastat	Ohtu pole. On väga ebatõenäoline, et inimene saab vigastata praeguse silla toimivuse tõttu
2	Õnnetuse juhtumise aeg ca 75 aastat	On väga ebatõenäoline, et inimene saab vigastata praeguse silla toimivuse tõttu
3	Õnnetuse juhtumise aeg ca 50 aastat	On ebatõenäoline, et inimene saab vigastata praeguse silla toimivuse tõttu. Sekkumine vajalik enne järgmist ülevaatus.
4	Õnnetuse juhtumise aeg ca 20 aastat	On tõenäoline, et inimene saab vigastata praeguse silla toimivuse tõttu. Sekkumine vajalik vahetult peale ülevaatus
5	Õnnetuse juhtumise aeg < 10 aastat	Kohene oht. On väga tõenäoline, et inimene saab vigastata praeguse silla toimivuse tõttu. Kohene sekkumine vajalik.

Tabel 1.2 Ohutuse KPI skaala [6]

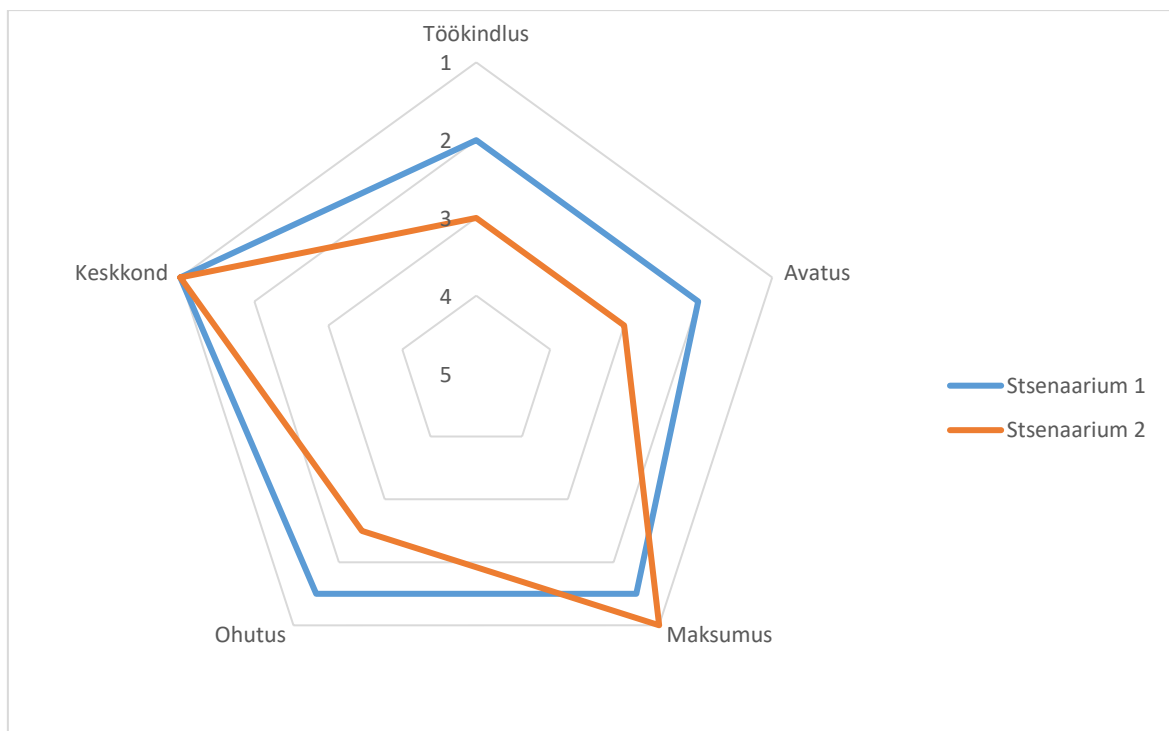
Avatuse skaala	Kvalitatiivne skaala
1	Piirangud liiklusele puuduvad
2	Koormus, kiirus ja sõiduraja piirangud raskeveokitele
3	Sulgemine, v.a sõiduaudod ja tavalised veoautod. Võimalikud sõiduraja piirangud tavalistele veoautodele
4	Sulgemine, v.a sõiduaudod. Võimalikud sõiduraja piirangud sõiduaudodele.
5	Täielik sulgemine

Tabel 1.3 Avatuse KPI skaala [6]

1.3.6 Radiaaldiagrammi kasutamine

Kvaliteedikontrolli raamistiku alusel soovitatakse kasutusele võtta radiaaldiagramm (ingl k *Spider Diagram*), võttes aluseks peamised toimivusnäitajad ning leides nendele arvulised väärtused. Peamistele toimivusnäitajatele leitakse arvulised suurused skaalal 1 kuni 5 kusjuures 1 näitab parimat tulemust ja 5 halvimat. Sobilikud KPI-d kantakse diagrammile väärtustega 1-5 ning üldine toimivus leitakse pindala abil. Konkreetsete juhtumite jaoks tuleb kasutada kõige asjakohasemad peamised toimivusnäitajad.

Hinnates peamiste toimivusnäitajate muutust aja teljel, saadakse radiaaldiagrammist toru ehk 3D-radiaaldiagramm. Erinevaid KPI-sid saab väljendada nende algühikutes ja seejärel normaliseerida, et saada nende täisarvud. [9]



Joonis 1.5 Näide radardiagrammi kasutamisest kahe erineva hooldusstsenaariumi võrdlemiseks kasutades soovitatud peamisi toimivusnäitajaid.

1.4 Metoodika rakendamine

COST TU1406 poolt välja töötatud kvaliteedikontrolli metoodika rakendamine konkreetse silla puhul on kirjeldatud järgnevate sammudega:

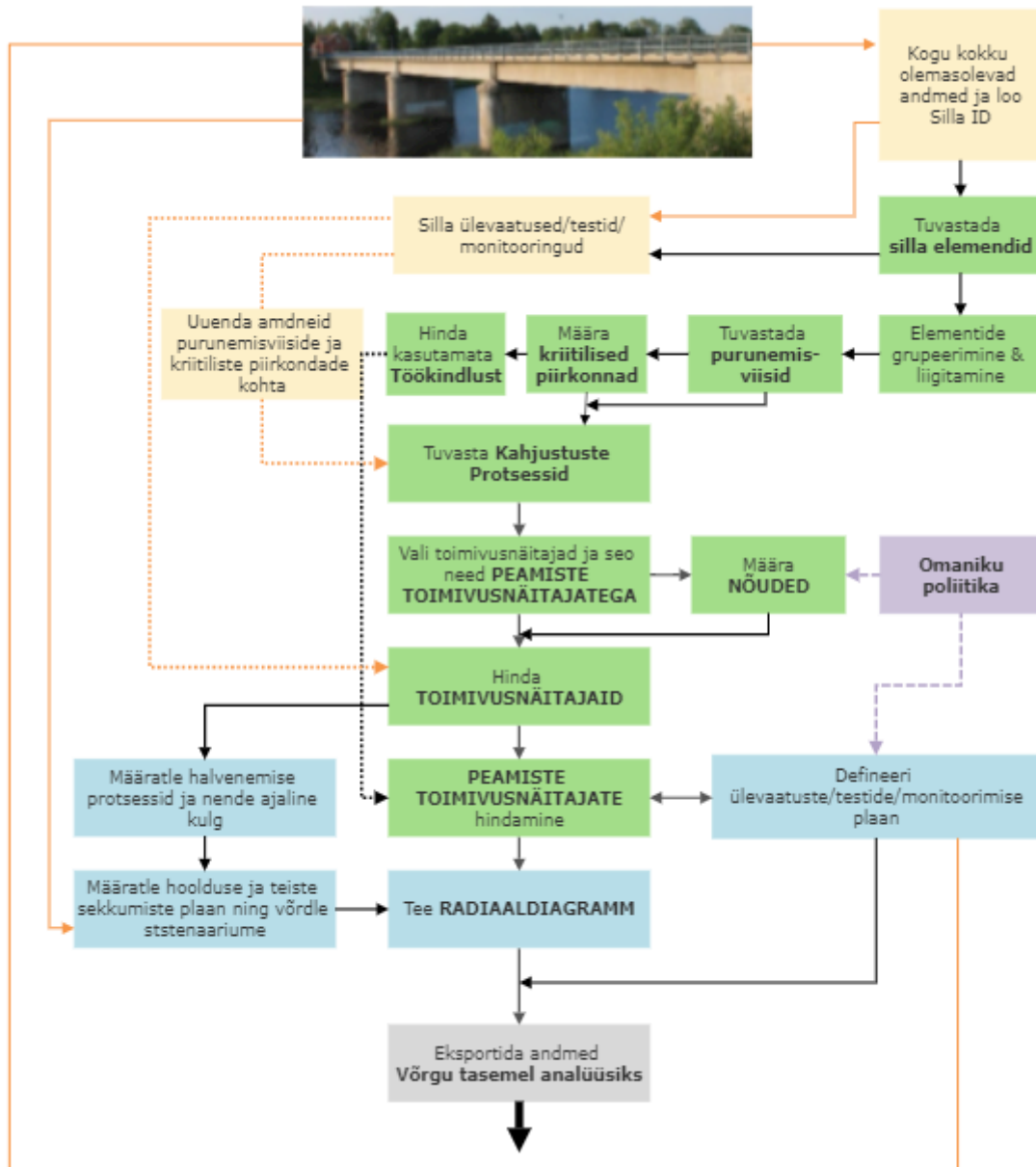
Nr	Ülesande nimi	Tehtava töö kirjeldus
1	Andmete kogumine ja silla ID loomine	Andmete kogumine ülevaatuse läbiviimiseks. Valmista ette/uuenda silla ID vastavalt paika pandud formaadile. Informatsioon põhineb silla registri andmetele ja objektilt kogutud infole.
2	Tuvasta silla elemendid	Tuvasta kõik silla elemendid ja valmista ette tabel. Iga elemendi jaoks dokumenteeri mõõtmed ja mõõtühikud. Vastavalt riigi praegusele praktikale saab andmed vajalikule kujule viia.
3	Elementide grupeerimine ja liigitamine	Korrasta andmed grupeerimise abil. Grupeerida võib erinevate tunnuste abil - geomeetria, funktsionaalsus, materjal jne.
4	Tuvasta purunemisviisid	Määra ära purunemise stsenaariumid kasutades projektdokumentatsiooni. Iga stsenaariumi jaoks määra ära purunemisviis, näiteks: stabiilsuse kadu, sisejõust tekkinud (paine, põikjõud), väsimus, funktsionaalsus, mugavus (kasutajale), väljanägemine (kogukonnale), ohutus (tükkide kukkumine) jne
5	Määra kriitilised piirkonnad	Uuri, kas esineb kontseptuaalseid nõrkuseid selle konkreetse silla tüübiga. Määratle ja dokumenteeri kriitilised piirkonnad koos seosega vastava purunemisviisiga. Vastavad kohad tuleb märkida silla plaanile/lõikele.

6	Hinda uue konstruktsiooni töökindlust	Kui on valitud kvantitatiivne lähenemine, siis hinda uue konstruktsiooni töökindlust (ingl k. <i>Virgin Reliability</i>) kasutades prototüüpe ja konkreetse silla projektdokumentatsiooni andmeid. Võib kasutada lihtsustatud mudeleid.
7	Silla ülevaatused	Vii objektile läbi silla visuaalne ülevaatus koos/ilma testimise või monitooringuta. Ülevaatus läbiviimisel on vaja arvesse võtta konkreetseid soovitusi sellel sillal määratud kriitiliste piirkondade ja purunemisviiside kohta. Tuleb uurida ka võimalikke peidetud kahjustusi/defekte. Kahjustused tuleb tuvastada, dokumenteerida, võrrelda eelmiste ülevaatusete andmetega ja määrata nende kogus ning tõsidus. Tuleb uurida vajadust viia läbi põhjalik uuring. Ülevaatus järel uuendada andmeid punktides 4 ja 5 kriitiliste piirkondade ja purunemisviiside kohta.
8	Tuvasta kahjustuste protsess	Tuvasta kahjustuste areng vastavalt ülevaatusete tulemustele
9	Vali toimumisnäitajad (PI) ja seo need Peamiste Toimumisnäitajatega (KPI)	Vali toimumisnäitajad (PI) ja seo need asjakohaste Peamiste Toimumisnäitajatega (KPI) ning kahjustuste protsessiga
10	Hinda toimumisnäitajaid	Asjakohased toimumisnäitajad tuleb valida selle silla tüübi jaoks arvestades koormusskeemi, materjali ja võimalikke ootamatuid sündmusi. Toimumisnäitajaid tuleb hinnata vastavalt omaniku poolt ettemääratud piirmääradele.
11	Peamiste toimumisnäitajate hindamine	Kvalitatiivselt hinnata vastupanu vähenemist tuvastatud kahjustuste tõttu. Hinda peamisi toimumisnäitajaid Töökindlust ja Ohutust lähtuvalt paika pandud meetoditele alates "Sillainseneri hinnang" kuni komplekse Bayesi võrguni. Maksumus tuleb skaleerida vastavalt maksimaalsele igaaastasele maksumusele kõikide stsenaariumite korral.
12	Määratle vananemise protsessid ja nende ajaline kulg	Peale toimumisnäitajate ja peamiste toimumisnäitajate hindamist, hinda järelejäänud silla kasutusaega ehk mis punktis jõuab Töökindlus ja Ohutus etteantud piirtasemele juhul kui ühtegi tegevust sillaga ei tehta. Sealhulgas tuleb hinnata kahjustuste süvenemise kiirust ja kahjustuste ennustamist. Iga kahjustuse puhul määrata asjakohane kahjustumise protsess ja aeg purunemiseni. Hinnang võib kasutada tuntud vananemise mudeleid või põhineda lihtsalt eksperdi arvamusel.
13	Määrata ülevaatusete/testide/monitoorimise plaan	Määrata nii võrdlus- kui ka alternatiivstsenaariumite jaoks ülevaatusete tüüp ja intervall. Iga ülevaatusete jaoks määrata kulu (aastase kuluna). Hinda tulevikus tehtavate mittepurustavate meetodite tüüp ja aeg koos kaasnevate kuludega.
14	Määrata hooldus ja teiste sekkumiste plaan ning võrdle stsenaariume	Määratle erinevad hooldusstsenaariumid koos Töökindluse ja Ohutuse eesmärkidega. Määratle ajaraam (kui mitmeks aastaks?). Hinda iga stsenaariumi puhul erinevate sekkumiste maksumust läbi kasutusea koos punktis 13 leitud maksumustega. Määratle Töökindluse ja Ohutuse langemise funktsioon. Iga stsenaariumi kohta tee graafik, millel on välja toodud peamiste toimumisnäidikute muutus ajas. Kõik peamised toimumisnäidikud peaksid olema normaliseeritud (skaalal 1-5)
15	Radiaaldiagramm	Kasuta radiaaldiagrammi erinevate stsenaariumite puhul kasutades leitud peamiste toimumisnäitajate normaliseeritud väärtusi. Seda staadiumit saab teha väärtustega kindlal ajahetkel või kasutades 3D-radiaaldiagrammi, mis kajastab peamiste toimumisnäitajate muutust ajas.

16	Eksportida andmed võrgu tasandil analüüsiks	Osa andmetest tuleks kasutada "Võrgu tasandi analüüsiks". Andmete formaat ja analüüsiks oluliste parameetrite vajadus sõltub kasutatavast võrgu tasandi analüüsi meetodist. Võimalik on kasutada "Mitme Eesmärgiga Optimeerimise Mudelit"(ingl k <i>Multi-objective optimization models</i>)
----	---	---

Tabel 1.4 COST 1406 rakendamise etapid silla tasandil [13]

Antud metoodika on kokkuvõtlikult kirjeldatud joonisel 1.6.



Joonis 1.6 Kvaliteedikontrolli metoodika rakendamise skeem COST TU1406 alusel [13]

Peamised eelised, mis on antud metoodika kasutamise kohta välja toodud:

- Haavatavate piirkondade kontseptsioonil ülevaatuste läbiviimisel on suur erinevus võrreldes tavaliste ülevaatustega, mis ei keskendu sellele, mis võib sillaga tulevikus juhtuda.[6]
- Kasutades vähemalt nelja KPI'd (Töökindlus, Avatus, Ohutus ja Majandus) senise laialdaselt praktiseeritud seisundi indeksi asemel, annab parema arusaamise tulemusest kasutada parimat hooldusstsenaariumit silla kasutusea jooksul. Uus lähenemine annab võimaluse luua hooldusstsenaariume, mis paremini kasutavad silla omanike limiteeritud ressursse.[6]

2 SILDADE REMONDIOBJEKTIDE VALIK EESTI RIIGITEEDEL

Sillad on teede lahutamatud osad, mida mööda on võimalik ületada looduslikke või tehisklikke takistusi. Eesti riigiteedel on 01.01.2022 seisuga 1047 silda, millest 848 silda ja 199 viadukti (6 nendest ökodukti). Sillapargi haldamist korraldab Transpordiamet.[14]

Käesolevas peatükis on tehtud ülevaade kehtivatest normdokumentidest ja juhenditest, millest riigiteedel asuvate sildade remondiotsuste tegemisel Transpordiamet lähtub. Selle käigus on põhjalikumalt vaadeldud 2017-st aastast kehtivat Transpordiameti metoodilist juhendit „Riigiteedel olevate sildade remondiobjektide valiku metoodiline juhend“.

2.1 Riigiteede teehoiukava aastateks 2021-2030

Oma tegevuste planeerimisel lähtub Transpordiamet Riigiteede Teehoiukavast. Hetkel kehtiv „Riigiteede teehoiukava aastateks 2021-2030“(edaspidi THK) on koostatud Liiklusseaduse §1 alusel vastavalt riigi eelarvestrateegiale 2021-2024 ning 2021. aasta riigieelarve seaduse eelnõule.[4]

THK koostamisel on lähtutud põhimõttest, et Eesti teedevõrk on väljakujunenud ja oma tiheduselt praegustele vajadustele vastav. Väljakutseks on olemasoleva võrgu sõidumugavuse parandamine ja jätkuv teedevõrgu ohutumaks muutmine ettenähtud eelarvevahendite piiratud mahus. Vahendite optimaalse kasutamise eesmärgil tuleb tagada üleriigiline teedevõrgu säilimine, luues ohutumad tingimused liiklemiseks nii sõidukitele kui ka jalakäijatele. Teehoidu on kavandatud tähtsuse järjekorras –

1. Säilitamine - teede hooldamine, kruusateede remont, kattega teede säilitusremont, kattega teede taastusremont, sildade remont ja kattega teede rekonstrueerimine.
2. Rekonstrueerimine - remondi liik, mille eesmärgiks on tee muldkeha, katendi või selle osa asendamine koos tee juurde kuuluvate rajatiste asendamise või remontimisega ja liiklusohutuse parendamine sh ristmike ümberehitamine jne. Tee rekonstrueerimisel otsustab tee omanik liiklusohutuse parendamise vajaduse ja rakendatavad meetmed ning tee juurde kuuluvate rajatiste asendamise ja remondi vajaduse.

3. Ehitamine - eesmärk on muuta liiklemine ohutumaks, suurendada tee läbilaskevõimet ja seega soodustada transiitliiklust, parandada keskkonnaseisundit või soodustada piirkonna arengut. Tee ehitamise tulemus on uus tee, tee klassi muutmine, uus ristmik või lisarada.

4. Teedevõrgu arendamine

Sealjuures sildade remont defineeritakse THK-s järgmiselt - sildade, viaduktide ja tunnelite kahjustatud elementide ja konstruktsioonide taastamine, tugevdamine ja uuendamine kandevõime säilitamise eesmärgil põhikonstruktsiooni muutmata. Remondi tulemuseks on algse tehnilise seisukorra taastamine.

Teehoiukavas planeeritud vahendite maht sildade remondiks põhineb sildade seisukorra analüüsil. Eesti riigiteedel on 01.01.2022 seisuga 1047 silda. Sildade arv on suurenenud peamiselt uute liiklussõlmede rajamisega linnade ümber ja uute teelõikude rajamisel. Uued ja suuremad liiklussõlmede rajatised on suurendanud kogu rajatiste kogupindala, millega tõusnud oluliselt rajatiste keskmist seisundiindeksi SI väärtus ja suurenenud on ka sildade kogupindala. Sildade keskmine seisukorra indeks SI on tänaseks väärtusel 88,0 skaalal 0-100.

Selleks, et tagada sildade vajalik ohutustase teostatakse iga-aastaselt ülevaatusi. Investeerimisotsused tehakse sildade haldussüsteemi alusel, mille andmeid kogutakse elementide tasemel põhjalikuma ülevaatus käigus iga 4 aasta tagant. Lisaks toimub sildade igapäevane ülevaatus rutiinse teehoolde järelevalve käigus, et avastada ja remontida väiksemaid defekte.

Sildade laiendamine toimub juhul, kui perspektiivis on ette näha ka tee laiendus. Sama põhimõtte järgi toimub ka sildade gabariitide vähendamine.

Vastavalt silla seisukorrale, liiklussagedusele ja raskeveokite osakaalule on koostatud remondi ja ümberehitust vajavate sildade nimekiri 4 aastase perspektiiviga. Nimekirja korrigeeritakse, kui teede remondi nimekirja on korrigeeritud või silla seisundindeksis on toimunud eelnevast kiirem langus või sildade erinevad menetlusprotsessid viibivad arutelude tõttu. Remonti ja ümberehitust vajavate sildade nimekiri vaadatakse läbi ja kiidetakse heaks Transpordiameti investeringute komitees kord aastas sügisel.

Vastavalt seisukorrale ja liiklussagedusele ja projekteeritud koormustele koostatakse remonti vajavate sildade kohta igal aastal pingerida, mis on objektide valiku aluseks.

Sildade taastusremondiks (arvestusega kuni 30 silda aastas) on aastateks 2022-2024 ette nähtud 8 miljonit eurot aastas. [4]

2.2 Sildade remondiobjektide valiku metoodiline juhend

Töö autor peab vajalikuks välja tuua, et antud metoodiline juhend ei ole Transpordiameti kodulehel avalikult kättesaadav erinevalt teedega seotud erinevate metoodiliste juhenditega nagu kattega teede taastus-ja säilitusremondi objektide valik või kattega teede rekonstrueerimise objektide valik. Antud juhend õnnestus saada Transpordiameti Liikuvuse planeerimise teenistuse Taristu varahalduse osakonna sillaanalüütikult Olari Valterilt, kelle koostada on iga-aastased sillaremondi objektide nimekirjad järgnevas neljaks aastaks. Lisaks eksisteerib paralleelselt dokument nimega „BMS süsteemi üldpõhimõtted“, mille sisuga oli samuti võimalus tutvuda. Nende dokumentide sisu on suurel määral kattuv. Sillaanalüütik tõi välja, et antud juhendid on uuendamisel kuid seniks kuni uusi versioone valmis ei ole, on need põhimõtteliselt kehtivad.

2017-ndal aastal koostatud „Sildade remondiobjektide valiku metoodilise juhendi“ eesmärk on kirjeldada riigiteedel olevate sildade remondiobjektide valikut, sealjuures mõistetakse sildade remondi all kolme erinevat tegevust – remont, rekonstrueerimine ja ümberehitus. Sellest tulenevalt koostatakse kõikide sildadele üks pingerida, mille alusel valitakse tegevuse maksumuse ja eeldatava eluea alusel kõige otstarbekam variant. Antud metoodika kirjeldab ära kõik etapid alates seisukorra info kogumisest kuni pingerea moodustamiseni.[15]

Metoodika etapid on järgmised:

- 1. Seisukorra info kogumine** - kogutakse visuaalsete ülevaatuste teostamise teel. Ülevaatuste käigus teostatakse 1) elementide loetlemine ja klassifitseerimine, 2) elementide mahtude määramine, 3) elementide kahjustuste ulatuse ja seisundite hindamine skaalal 1-4 4) Kahjustuste fotografeerimine, 5) vajadusel gabariitide kontrollmõõtmised
- 2. Seisundi Indeksi (SI) arvutamine** - SI on rajatisele antav hinnang, mis põhineb ülevaatuse käigus kogutud eri elementide seisundite kaalutud keskmisel väärtusel ja väljendatakse skaalal 0-100%. Saadud tulem on eelkõige sobilik rahaliste vahendite planeerimiseks, mitte otseselt funktsionaalsusega seotud kriteeriumite hindamiseks. Erandina tuleb välja tuua piirväärtus 33%, mille ületamisel tuleb ohutuse tagamiseks kaaluda rajatise sulgemist.

3. Ühikmaksumuste kogumine - Rajatiste majanduslikult otstarbekaks haldamiseks on vaja lisaks seisukorra infole omada võimalikult adekvaatset hinnainfot. Maksumused saadakse Teetööde Tehnilise Kirjelduse makseartiklite alusel, mis on täidetud riigihangete käigus pakkumuste tegijate poolt. Vastavalt eri elementide seisunditele valitakse sillale sobilik tegevus ja arvutatakse kogu silla remonttööde maksumus. Kokku arvutatakse rajatisele 3 erinevat maksumust: a) remont (kahjustatud elementide parandamine) b) rekonstrueerimine (kahjustatud elementide välja vahetamine) c) ümberehitus (kogu rajatise elementide välja vahetamine)

4. Pingerea moodustamine - Remonti vajavate sildade iga aastase pingerea leidmiseks analüüsitakse riikliku sillavõrku seisukorra näitajate ning teid iseloomustavate andmete alusel kasutades ühtseid põhimõtteid. Valikumetoodika andmete aluseks on ülevaatuste käigus kogutud info ja Teeregistri andmed. Valiku esmane analüüs on teostatud puhtalt seisundite alusel, kuid lõplik pingerida koostatakse järgnevate valikute kriteeriumitele:

- Sildade seisukorra analüüsi tulemusena saadud hinnang ST.
- Liiklussagedus ja raskeliikluse osakaal LT
- Gabariidid KT
- Silla vanus VT
- Lisaks vaadeldakse informatiivselt
- Teelõigu remondiobjektidega arvestamine
- 52t marsruudid

5. Kokkuvõtte - Kõik kandidaatobjektid on tabelis esitatud koos iseloomustavate näitajatega ja saadud indeksiga. Nimekiri koostatakse kõikide sildade alusel ja on sõltuv ülevaatuste teostamisest (s.t kui ülevaatus on teostatud, siis muutub ka silla asukoht). Iga aastane nimekiri väljastatakse hiljemalt 31.oktoober. Täpne nimekiri koostatakse reeglina 4 aastaks arvestades rahalisi võimalusi. Nimekiri kogu sillapargist annab võimaluse reastada sillapark ühtsete põhimõtete alusel.

Üldiselt lähenetakse parendustegevustele järgnevalt:

- Remonti lähevad sillad, millele on omistatud teguritest suurimad väärtused ja mille peamised kahjustused on pealisehitises (eraldi välja toodud suurus).

- Rekonstrueeritakse sillad, millel on omistatud teguritest suurimad väärtused ja mille kõik elemendigrupid on ühtlaselt kahjustunud.
- Ümberehitamisele lähevad sillad, millele on omistatud teguritest suurimad väärtused ja mille alusehitis on üle 50% kahjustunud.
- Suurimatest väärtustest selekteeritakse välja raskevedude marsruutidel olevad sillad, millele olukord on kehv ning mis vajavad tugevdamist. Kirjeldatud rajatised lülitatakse kandevõime suurendamise programmi ning nende sildade remondi peamiseks eesmärgiks silla seisukorra parandamise kõrval on ka kandevõime tõstmine.[15]

2.3 Sildade haldussüsteem

Sildade haldussüsteemi ehk BMS (ingl k *Bridge Management System*) on hetkel Transpordiametis üles ehitatud lokaalsete tabelitena, mida jagatakse asutuse siseselt ja üldine haldusprogramm puudub. Kuni aastani 2014 oli kasutusel terviklik BMS programm Pontis (alates aastast 2014 on nimi AASHTOWare) kuid programmi uut versiooni enam rahvusvaheliseks kasutamiseks ei pakutud. Dokument „BMS süsteemi üldpõhimõtted“ kirjeldab, milliseid andmed sildade kohta registrisse kantakse. Sildasid puudutav tehniline informatsioon on koondatud Sildade registrisse, mis on teeregistri osa. Teeregister sisaldab endas muuhulgas järgmisi andmeid:

- Silla üldandmed (nt asukoht, tüüp, number, silla ehitusaasta, renoveerimise aasta, kasutusotstarve, tee nr, proj. Kandevõime, viimase ülevaatuse aeg, SI jne)
- Silla mõõtmed (nt kogupikkus, pikkus, laius, sõidutee laius, avade arv, avade pikkused jne)
- Silla ehituslikud andmed (nt kattematerjal, peakanduri tüüp ja materjal, tekiplaadi materjal, kaldasamba tüüp, arvutuskeem jne)[16]

Ülevaatuste käigus kogutavad andmed sisestatakse Exceli tabelitesse ja koos kahjustuste fotodega talletatakse eraldi andmekandjal. Töö autorile ei selgunud, kas tänaseks on loodud mingi platvorm või teenus, mille kaudu kogutud andmeid levitada ja avalikustada.

Tervikliku haldusprogrammi saamiseks on 2 varianti:

- Leida valmis programmi pakkuja, kes kohandab programmi kohalike oludega sobivaks lähtudes tellija soovidest.
- Arendada ise programm välja

Programm olemasolu on kindlasti väga oluline ja aitab koondada kogu sillapargi kohta käiva informatsiooni süstematiseeritult ühte kohta ning on hea tööriist sildade remondiotsuste tegemiseks, kuid programmile sisendi eesmärkide näol annab ikkagi inimene.

2.4 Remondiobjektide valik

Vastavalt Transpordiameti kodulehel olevale dokumendile „Sillaremondi objektide nimekiri 2022-2025“ on planeeritud järgmisel neljal aastal remontida kokku 90 silda. Kuivõrd nimekirja iga-aastaselt uuendatakse, siis võib ka see number muutuda, kuid keskmiselt võetakse aastas töösse kuskil 20-30 silda olenevalt nende remondi maksumusest ja kasutatavat eelarvelist mahtu (hetkel 8 miljonit eurot aastas).

Selleks, et 2022-2025 nimekirjast aru saada, tuleb vaadata natuke selle tausta. Nimelt on kogu sildade ettevalmistamise protsess ca 2 aastat pikk. Seega 2022 aastal realiseeritavaid objekte on ette valmistatud juba aastast 2020 ja need on saanud remondiotsuse juba aastal 2018-19. Alates sellest perioodist on aga pingeridade koostamise meetodika olnud pidevas muutuses ja koostatud vähemalt 3 erineva inimese poolt, kuni selleni välja, et 2021 aastal koostatud nimekiri ei lähtu üldse või siis minimaalselt 2017-ndal aastal koostatud „Sildade remondiobjektide valiku meetodilise juhendist“.

Kui vaadata lähemalt 2021 aastal koostatud pingerida, siis selle alusel lisandus sildasid peamiselt aastatesse 2024-25 ja osaliselt ka aastasse 2023. Minule jagatud Exceli tabeli alusel ja täiendavate selgituste näol võiks praegust protsessi kirjeldada järgnevalt:

- Ühte Exceli tabelisse koondatakse andmed erinevatest andmekogudest nagu teeregister, sildade ülevaatuste andmed.
- Ülevaatuste andmete töötlus ja nende sorteerimine/grupeerimine kujule, et igal sillal on välja arvatud järgmised Seisundi Indeksid: 1) Üldine 2)Ohutus 3) Alusehitus 4) Pealisehitus 5) Tugiosad 6)Hüdroisolatsioon

- Sildade pingerea koostamine lähtudes suurusest „Alusehituse SI“ X „Pealisehituse SI“. Järjestamine väiksemast suuremani.
- Pingerea koostamisel oli välja jäetud sillad, mis olid juba varasemalt remondiotsuse saanud või 2021-l aastal remonditud (pole veel jõutud üle vaadata ja seisundiindeksit uuendada)
- Seejärel toimub edasine analüüs projekti tasandil, kus sillaanalüütik hindab iga konkreetse silla seisundit, remondivajadust ja prioriteeti ning arvestab regiooni sillainseneri soovitustega. Töö autorile ei selgunud, millistest näitajatest lähtutakse, kuidas neid mõõdetakse/hinnatakse ja millised on vaadeldud näitajate piirväärtused. Sillaanalüütik kirjeldas seda nii: „Neid kriteeriumeid, millest lähtuda tuleb, on nii palju ja iga silla puhul on need erinevad.“
- Valitud sillad lisatakse remondinimekirja esialgsete prognooshindadega lähtuvalt valitud remondiliigist. Töö autorile saadetud materjalidest ei selgunud, mille alusel remondiliik valitakse. Remondiliik võib muutuda projekteerimise käigus kuivõrd projekteerijale antakse lähteülesandeks sobiliku remondiliigi välja selgitamine
- Iga silla kohta koostatakse vahetult enne projekteerimise hanke ettevalmistust dokument „Teehoiukava objekti valiku põhjendused“, milles tuuakse välja:
 - a. Olemasolev olukord, sh sillaregistri andmed, konstruktsioonide olemasolev olukord ja silla seisukorra näitajad ajas
 - b. Projekti eesmärk
 - c. Tööde kirjeldus ja maksumus
- Viiakse läbi hange, mille käigus projekteerija peab olemasoleva info põhjal leidma parima lahenduse silla remondiks, renoveerimiseks või uue ehitamiseks. Üldiselt kasutatakse selliste hangete puhul vähima maksumuse meetodit, mille puhul on eelduslikult sisse kirjutatud, et võidab see kes projekteerib kõige lihtsama lahenduse. Teisisõnu küsitakse ja pakutakse hanke kaudu „kõige vähem mõttetööd“. Selline lähenemine võib autori hinnangul viia kergekäeliste otsusteni olemasolev sild maha lammutada ja projekteerida asemele tüüplahendus, mis ei pruugi olla raha kasutamise seisukohast kõige

optimaalsem. Samas väikeste sildade puhul, mille kandevõime ei vasta soovitud tasemele, võibki lammutamine ja uue ehitus olla kõige mõistlikum lahendus. See eeldab aga adekvaatset kandevõime hinnangut.

- Peale projekteerimist toimub investeringu tasuvuse ülevaatus, rahaliste võimaluste hindamine – kas töösse samal aastal, 5 aasta perspektiivis või uus projekteerimine soodsama lahenduse leidmiseks. Töö autorile ei ole arusaadav, mille alusel ja millises ajaraamis tasuvust hinnatakse.

2.5 Sillaremondi objektide nimekiri 2022-2025

Kuivõrd kõigi erinevate aastate pingeridadega polnud võimalik tutvuda või ei ole arusaadav kuidas ja mis alustel sild pingereast remondiotsuseni on jõudnud, siis otsustas töö autor uurida neid 90 silda, mis on 2022-2025 remondiobjektide nimekirjas ehk on eelmisel või sellele eelnevatel aastatel remondiotsuse saanud. Ühte tabelisse koondati kõik 90 silda koos sildasid iseloomustavate andmetega, s.h teeregistri andmed ja viimaste ülevaatuste alusel leitud seisundi indeksid. Selle käigus ilmnes, et taolisel toimetamisel puhul, kus andmeid hoitakse erinevates andmekogudes ja süsteemides, võivad andmed üksteisest erineda või lausa kaduma minna. Näiteks oli teeregistris Kanali silla (nr 128) laiuseks märgitud 49 meetrit või siis 2021 aasta pingerea koostamise ülevaatuste andmete vahelehel olid kaduma läinud kõik Ausi silla (517) ülevaatuste andmed. Teeregistris oli küll viimase 2021 aasta ülevaatus üldine SI märgitud 77.

Remondiotsuse saanud 90-st sillast täpselt pooled ehk 45 on lühikesed sillad (pikkusega kuni 25m), 21 silda (23%) on keskmised (pikkusega 25-100m) ja 3 üle 100m silda (3%). Peamise ehitusmaterjali järgi jagunevad remonditavad sillad järgmiselt:

1. Betoonist 79 ehk 88%
2. Metallist 9 ehk 10%
3. Müüritisest 2 ehk 2%

Sildade keskmiseks vanuseks on 58 aastat, sealjuures vanim sild on 197 aastat vana ja noorim 18 aastane. Remondiotsuse saanud sildade vanuseline jagunemine on kirjeldatud kümnendite kaupa diagrammil 2.1. Samal diagrammil on ka välja toodud

iga kümneni juurde sildade keskmine SI. 66 silda (73%) on ehitatud aastatel 1951-1980.

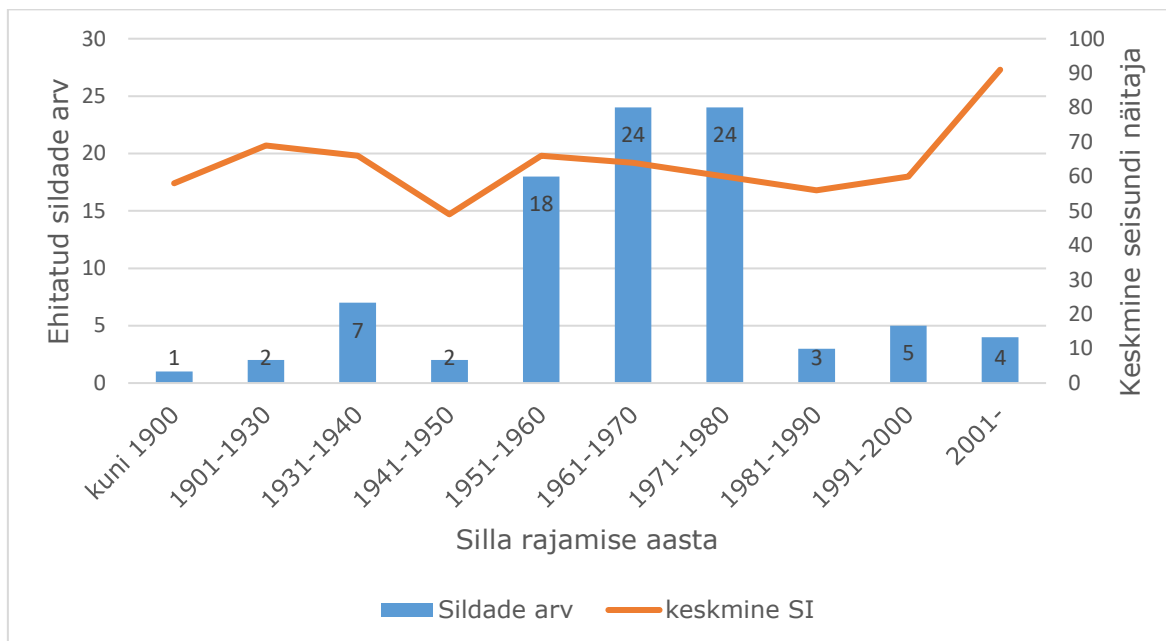


Diagramm 2.1 Remondiotsuse saanud sildade vanuseline jagunemine koos keskmiste seisundi näitajatega.

Remondiotsuse saanud sildade jagunemine silla seisundi indeksi alusel on kujutatud diagrammil 2.2. Sildade keskmine seisundi indeks on 64. Kõige madalam SI 15 on Kärevere I sillal, mis aga ei ole enam kasutusel. Kasutusel olevatest sildadest on madalaim SI 34 ja kõrgeim 99. Sealjuures on tähelepanuväärne, et koguni 32 sillal (36%) on SI kõrgem kui 70, mis viitab sellele, et lisaks seisundi indeksile rakendatakse muid näitajaid remondiotsuste tegemisel.

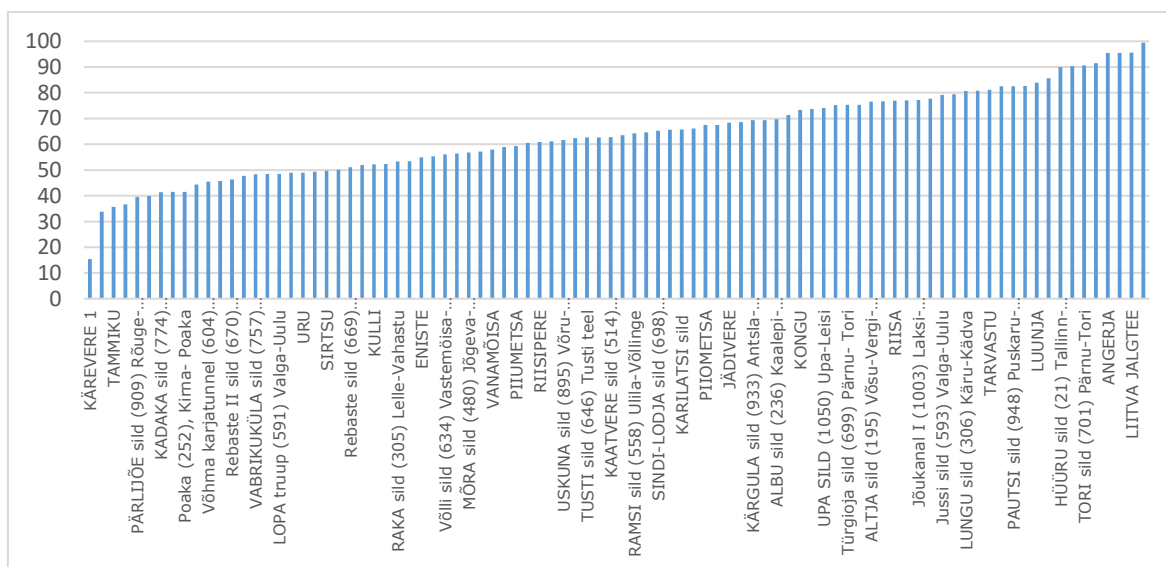


Diagramm 2.2 Remondiotsuse saanud sildade seisundi indeksid

Kuivõrd sillaanalüütiku sõnul 2021 aasta pingerida koostati alus- ja pealisehituse SI alusel, siis vaatas töö autor millistel kohtadel remondiotsuse saanud 90 silda pingereas asuvad. Kuivõrd nii alusehituse kui pealisehituse SI väärtused on skaalal 0 kuni 100 siis sellise korrutise skaala on vahemikus 0 kuni 10000. Järjestades kõik sillad antud kriteeriumi järgi väiksemast suuremani, siis sajanda koha juures on SI korrutise suuruseks 3640 ja kahesajanda koha juures 4600 ning keskmiseks suuruseks 7300. Alus- ja pealisehituse SI korrutise alusel 100-st kõige kehvemast sillast on remondiotsusega sildasid 47; sildadest vahemikus 101-200 25 silda ning ülejäänud nimekirjas olevat 17 silda on pingereas kohal 201-900. See tähendab seda et remondikavas olevast 90-st sillast vaid pooled asuvad antud pingereas saja kõige kehve hulgast antud kriteeriumi alusel ja 6 silda asuvad kõrgemal kogu sillaprgi keskmisest. Sealjuures tuleb ära märkida, et taolise kriteeriumi järgi on pingerida koostatud vaid viimased 2 aastat, aga nimekirjas on ka sildasid aastast 2018-2019 kui järgiti remondiobjektide meetodilist juhendit.

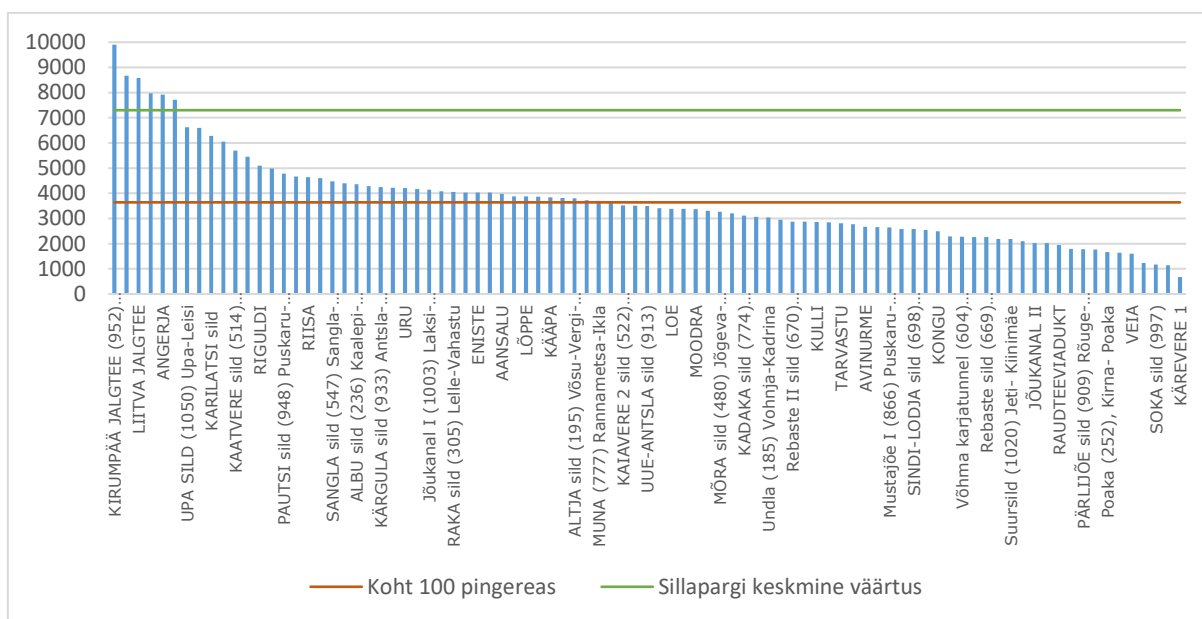


Diagramm 2.3 Remondiotsuse saanud sildade pealisehituse ja alusehituse SI korrutis

On igati loogiline, et taoline seisundi indeksite korrutis või mistahes SI alusel järjestamine, ei saa olla ainuke indikaator, mille alusel silla remontimist otsustada. Silla toimivust tuleb hinnata muude sobilike silla toimivust iseloomustavate näitajate alusel. Seetõttu palusin sillaanalüütikul tuua välja need „päästikud“ või võtmenäitajad, mis ühe või teise silla puhul remondiotsuseni viisid. Lühikesed selgitused õnnestus saada nende sildade kohta, mille alus- ja pealisehituse SI korrutis oli suurem kui 4500 ehk üldises sillapargi pingereas asusid need sillad kohtadel 200-st edasi ja põhilisemad neist olid:

- Kerge remont, et taastada silla esteetiline välimus.

- Asub olulisel maanteel ja kandevõime puudulik
- Teostatakse koos teelõigu rekonstrueerimisega
- Piirded puudu ja ohutus ei vasta nõuetele
- Remondi vajalikkus ei paista seisundi indeksist välja, aga vaja teostada ennetav remont – koonused vajunud, hüdroisolatsioon lekib, vuugid jooksevad läbi jne.
- Talastikel või postidel armatuur paljandunud ja roostetab

Muuhulgas tõi sillaanalüütik ta välja, et neid kriteeriumeid, millest lähtuda tuleb, on nii palju ja iga silla puhul on need erinevad. Samas ei selgunud, millised on nende kriteeriumite või näitajate piirväärtused, millest lähtutakse remondiotsuse tegemisel.

Kuivõrd töö autor ei suutnud tuvastada selgeid seaduspärasusi remondiotsuste tegemisel ja ühtegi teadaolevat meetodikat ei järgita, siis edasise analüüsi läbiviimine antud andmete põhjal muutus ebamõistlikuks, kui isegi mitte võimatuks.

Olemasoleva info põhjal ei saa väita, et otsuste tegemisel ei toimuks projekti tasandil analüüsi ja selle taga ei oleks süsteemsust, kuid puudub varahaldusele omane selge raamistik ning ühtseid põhimõtteid otsuste tegemise taga on keeruline näha.

Ei ole aru saada, kas ja kuidas toimub toimivuse hindamine remondiotsuste tegemiseks. Toimivuse hindamise olulisust on David Osborne hästi kirjeldatud järgmiste punktidega:

- Mida on võimalik mõõta, see saab tehtud
- Kui sa ei mõõda tulemusi, siis sa ei erista edu ebaõnnestumisest.
- Kui sa ei näe edu, siis ei saa sa ka seda premeerida.
- Kui sa ei näe edu, siis ei saa sa sellest õppida.
- Kui sa ei premeeri edu, siis sa ilmselt premeerid ebaõnnestumist.
- Kui sa ei suuda tuvastada ebaõnnestumist, ei saa sa seda korrigeerida.[17]

3 EKSPERTIDE HULGAS LÄBIVIIDUD KÜSITLUS

Selleks, et aru saada, millised võiksid olla need olulised toimivusnäidikud, millest investeerimisotsuste tegemisel ja jätkusuutlikul sillapargi haldamisel tuleks lähtuda, otsustasin läbi viia küsitluse valdkonna ekspertide seas. Küsimustikud sai saadetud ca 15-le inimesele ja aja vastamiseks leidis koguni 13 eksperti, kelle seas oli sillainsenere, sildade projekteerijaid ja projekteerimisfirmade juhte, projektijuhte kui ka ülikoolide õppejõude. Ekspertide ametialane jagunemine on kujutatud diagrammil 3.1.

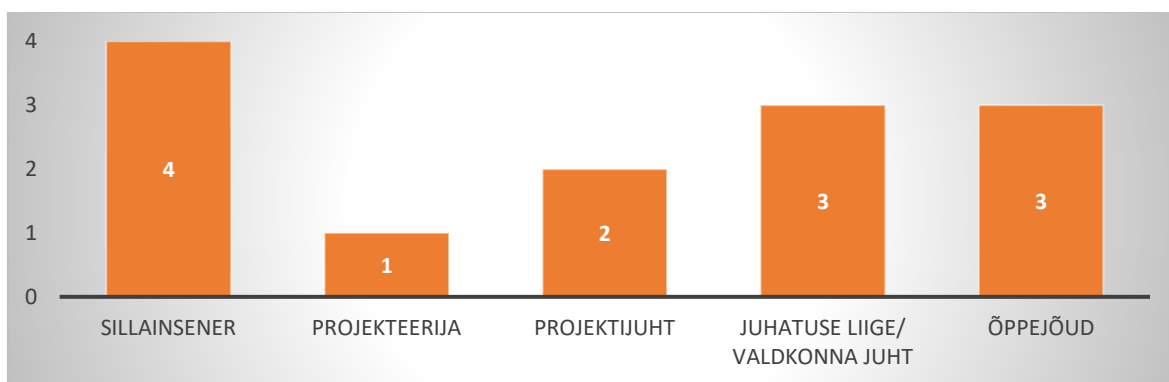


Diagramm 3.1. Ekspertide ametialane jagunemine

Kõik vastanutest omavad vähemalt ehitusteaduste magistri kraadi ja kolm nendest doktorikraadi. Kõikidel vastanutel paluti täpsustada ka valdkonnas töötamise kogemust ja vastuste jagunemine on kujutatud diagrammil 3.2. Diagrammi põhjal saab öelda et 77% ekspertidest on töötanud sildade alal vähemat 10 aastat.

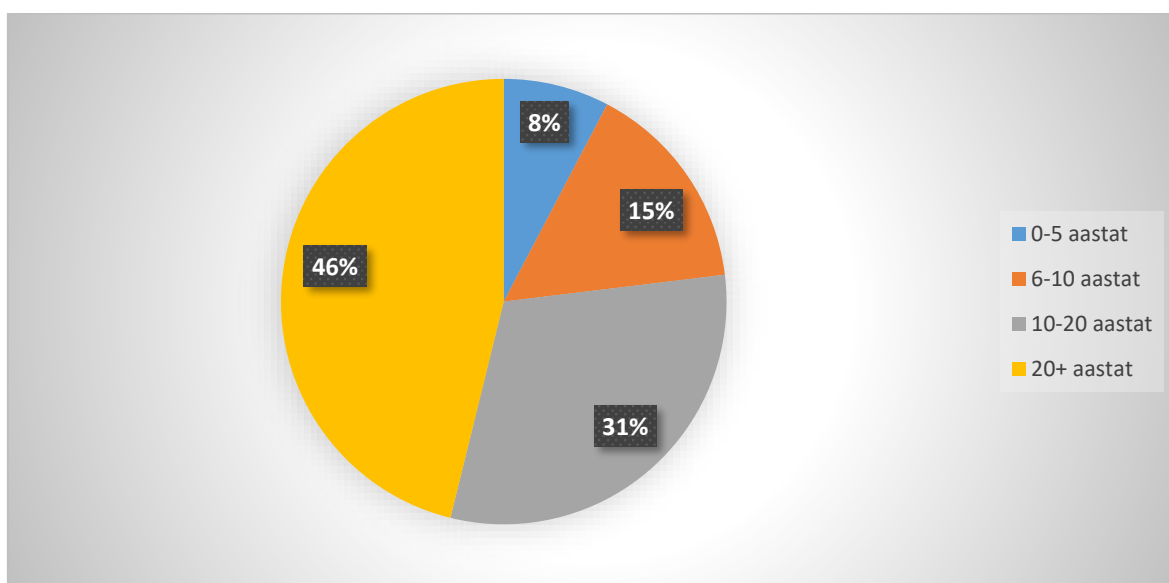


Diagramm 3.2. Ekspertide valdkonnas töötamise aeg

Ekspertidele paluti hinnata 5-palli skaalal kaheksat küsimust koos võimalusega oma valikut põhjendada. On meeldiv tõdeda, et enamus ka kasutasid võimalust anda põhjalik selgitus ja omapoolne vaade esitatud küsimustele. Esimeses küsimuste plokis paluti hinnata sildade haldamise tänast seisut. Teises plokis uuriti ekspertidelt, millega tuleks sildade toimivuse hindamisel arvestada ja milliseid andmeid ning analüüsi selle jaoks vaja oleks.

3.1 Esimene küsimuste plok – kuidas tehakse praegu?

3.1.1 Seisundi indeks kui remondiotsuste tegemise indikaator

Ekspertidel paluti hinnata, kui hea indikaator on hetkel kasutatav seisundi indeks SI remondiotsuste tegemisel. Sellele küsimusele vastas 12 eksperti 13-st ja vastuste jagunemine on illustreeritud diagrammil 3.3.

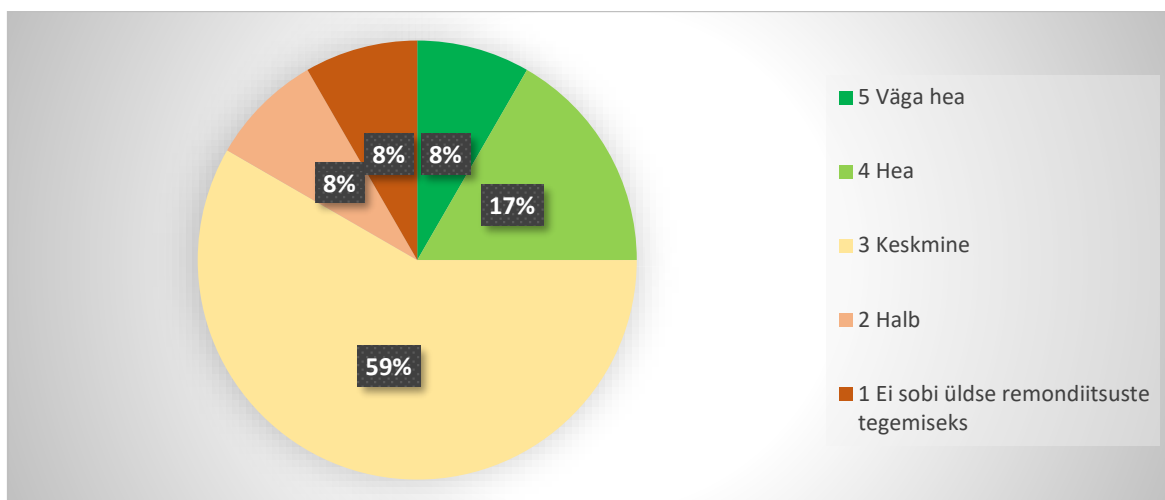


Diagramm 3.3. Ekspertide hinnang SI sobivuse osas remondiotsuste tegemisel

Vastustest nähtub, et heaks või väga heaks indikaatoriks peab SI-d remondiotsuste tegemisel vaid 25% vastanutest ehk 3 eksperti ning ainuke kes vastas „väga hea“ oli Transpordiameti töötaja, kuid kahjuks põhjendust sellele ei lisatud. Küll aga põhjendas oma valikut üks vastanutest, kelle hinnang on „hea“ – „SI sobib hästi suures plaanis pingeridade koostamiseks, kuid mitte nii hästi üksiku silla puhul konkreetsete remonditööde ulatuse määramiseks. Detailsete otsuste tegemiseks on vaja teostada ikkagi põhjalikum ülevaatus (mis sisaldab enamustel juhtudel ka vähemalt mittepurustavaid mõõtetoid).“

Valdav enamus ekspertidest ehk 7 pidas SI sobivust keskmiseks ja töid siinkohal välja järgmisi põhjendusi:

- „Strateegilisel tasandil on tegemist hea näidikuga, sest kõigile aru saadava ühe numbriga on võimalik anda ülevaade hetke seisust elemendi, silla ja sillapargi tasandil. Insenerivaates on tegemist halva näidikuga, mis on kaudne näitaja ning pole otseselt seotud ühegi projekteerimisel või ehitamisel kontrollitud näitajaga.“
- „Seisundiindeks näitab silla kui terviku üldist seisundit, remondiotsuste jaoks tuleb vaadata kriitiliste osade seisu ja keskenduda ennetavatele töödele. Üksiku kriitilise osa seisund ei pruugi anda tooni seisundiindeksis. Puuduseks on ka konteksti puudumine, tee funktsioon ja seisukord, tööde terviklik planeerimine, mitte pelgalt sillaremondi vaade.“
- „Seisukorra hinnang ei arvesta riigi majanduslikke vajadusi - raskeveosed, metsavedajad, riigikaitse, karjäärid, kiiresti tekkivad uusarendused, linnastumine, keskkonna alast hindamist (näiteks kallasrajad, merikotka pesitus, I,II ja III kaitsekategooria taimed ja loomad). Si annab hea info silla seisukorra ja tehnilise info kohta, kuid ei anna infot majandusliku otstarbekuse kohta, mis moodustab hinnanguliselt 60% silla otsuse kaalust ja investeringu tasuvusest.“
- „SI indeks annab tagasisidet silla elementide seisukorra osas - võimaldab hinnata remondi vajadust üksikute elementide kaupa. SI indeks ei too välja konstruktsiooni kestvust, kandvust, ohutust - ehk SI indeks 60 võib olla väga erineva sisuga kahe erineva rajatise korral.“

Eraldi tasub välja tuua ka selgituse eksperdilt, kelle hinnangul SI on halb indikaator remondiotsuste tegemisel:

„SI oma olemuslikult ei näita silla seisukorda, vaid selle hinnangulist rahalist jääki võrrelduna uue sillaga. SI'l põhinev süsteem on mõeldud sillapargi investeringuvajaduse hindamiseks, mitte üksiksilla tasandil otsuste vastuvõtmiseks. Eestis on hind minu teadmisel SI arvutusest tänaseks välja võetud, mis teeb sellest ühikust veel umbmäärasema suuruse. Väga palju sõltub kaalufaktoritest ning olemuslikult ei saa olla kaalufaktorid universaalsed. Aga jah, tundes tausta, saab ainult SI'd vaadates öelda, et kas pigem võiks remontida või mitte, aga sama järelduse teeb erialainimene ka näiteks silla pilte vaadates.“

Kokkuvõtlikult saab vastuste põhjal öelda, et seisundi indeks võib anda hea ülevaate sildade üldisest seisukorrast ehk oluline näitaja strateegilisel tasandil kuid SI üksinda

ei ole sobilik silla tasandil otsuste tegemiseks ehk otsustamiseks milline on sillaremondi ulatus ja liik.

3.1.2 Tehtavate remondiotsuste süsteemsus

Ekspertidelt uuriti, kas praegused tehtavad remondiotsused riigiteede sildadel on piisavalt süsteemsed, et neid saaks pidada jätkusuutlikeks. Küsimusele vastasid kõik 13 eksperti ja vastuste jagunemist illustreerib diagramm 3.4.

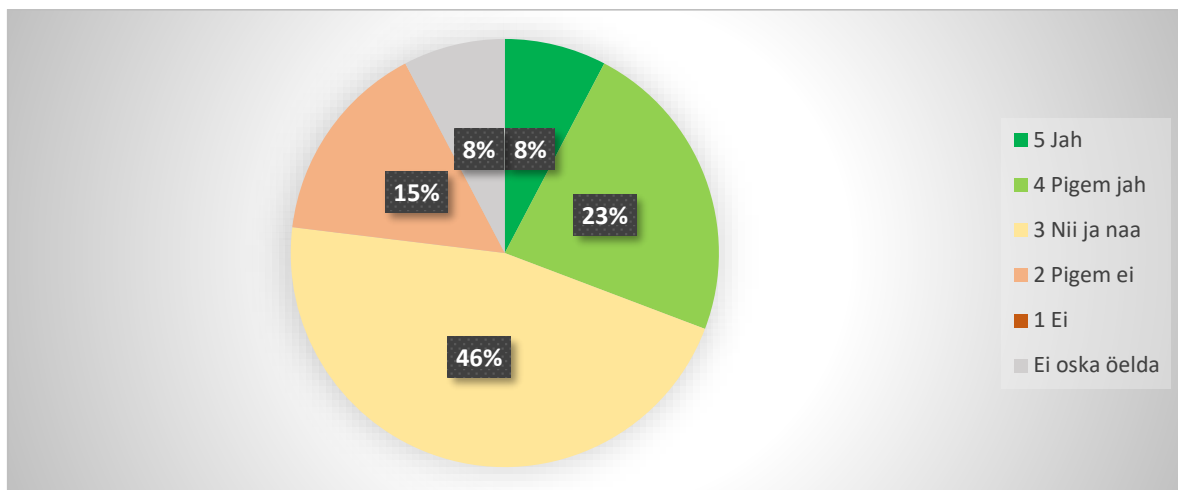


Diagramm 3.4. Ekspertide hinnang tehtavate remondiotsuste süsteemsusele 5 palli skaalal.

Transpordiameti poolt tehtavaid remondiotsuste tegemist peab süsteemseks või pigem süsteemseks 4 küsitletut ehk 31%, sealjuures ainukesena andis hinde „5“ Transpordiameti esindaja. Kolmest vastajast, kes hindasid remondiotsuseid pigem süsteemseks töid põhjendusena välja järgmised selgitused:

- „Remondivalikute tegemisel lähtub Tellija (Transpordiamet) üldisemast teehoiustrateegiast, mis arvestab liiklusvoogude ja koormustega antud lõigul, sh ka sildadel. Peamine kriteerium on rajatiste puhul ohutus (võimalus paigaldada sillapiirdeid), kandevõime (võime lubada üle soovitud eriveokeid/metsaveokeid), konstruktsiooniline kestvus (vuukide ja hüdro seisukord) ja viimasel kohal alles visuaalne korrasolek.“
- „Ainult visuaalsel vaatlusel vastu võetavad otsused ei pruugi olla (ka kõige parema tahtmise juures) kõige objektiivsemad. Eksisteerib piisavalt palju kiireid ja odavaid mittepurustavaid mõõtetöid ning mis aitavad silla tegelikust seisukorrast saada oluliselt paremat ülevaadet.“

- „Arvestades hetkel kuidas Transpordiamet hindab sildade investeeringut siis hetkel on pigem hästi, sest kõik sillad läbivad korduva hinnangu, seisukorra, projektlahenduse, investeeringu otstarbekuse osas. Eestis on hetkel Transpordiameti haldusalas ca 1300 silda, viadukti, suurt truupi ja arv on reaalsuses hallatav. Sildade investeeringu nimekiri tekib - 1. hindamine, silla tehniline olukord SI, 2. Regiooni spetsialisti hinnang silla olukorra, olulisuse ja ümbritseva keskkonna kohta. 3. Projekteerimise tingimuste menetlus selgitamaks välja mõju ja riigi laiemat vajadust. 4. Projekteerimine - mõistliku lahenduse leidmine. 5. investeeringu tasuvuse ülevaatus, rahaliste võimekuse hindamine- kas töösse samal aasta, 5 aasta perspektiivis, välise huvipoole rahastaja leidmine või objekti edasilükkamine või uus projekteerimine soodsama lahenduse leidmiseks. Kogu hindamise aluseks on esmajärjekorras liiklejate ohutus ja riigiteede toimivuse tagamine.“

On huvitav kuidas ühe vastaja poolt kirjeldatud investeeringu nimekirja tekkimise protsess erineb märkimisväärselt sellest, kuidas on seda kirjeldatud Teehoiukavas või Sildade remondiobjektide valiku meetodilises juhendis. Samuti on tähelepanuväärne, et mitme vastuse puhul kumab läbi vajadus hinnata sildade (riigiteede) toimivust ja erinevaid toimivusnäitajaid (ohutus, kandevõime ja kestvus) investeerimisotsuste tegemisel.

Nende seas, kes hindasid remondiotsuste tegemist keskmiselt süsteemseks või pigem mitte süsteemseks (8 vastajat ehk 61%), jäid kõlama järgmised mõtted:

- „Kuivõrd seisundiandmeid kogutakse ja neid tööde planeerimisel rakendatakse, siis mingi süsteemsus ikka on. Samas puudub tänapäevane varapõhine infosüsteem, mis võimaldaks analüüsida aegridasid konstruktsioonelementide põhiselt, prognoosida seisundi kujunemist.“
- „Päris täpselt pole aru saanud, et kuidas Transpordiamet neid otsuseid teeb. Vaadates sildasid, mis on tulnud töösse on vahel tekkinud küll küsimus, et kindlasti on kriitilisemas seisus sildasid millega tegeleda. Märksõnaks on läbipaistvuse puudumine“
- „Ei saa öelda, et süsteemi üldse ei ole, kuid arvestades otsuste aluseks olevaid muutujaid ning nendega "mängimist", siis ei ole see kindlasti riigi raha kõige otstarbekam kulutamine vaid pigem kellegi äranägemise järgi tegemine.“

- „Absoluutset tõde ei ole olemas. Nii ei ole olemas ja õiget otsust või "jätkusuutlikku otsust". Pärisküsimus on see valik täna ei ole, ma ei tea kas täna, aga lähenevad on näiteks seda liini pidi, et põhimaanteedel oleks sillad vähemalt NK-80 või siis EC koormusmudeliga. Õige lähenemine. Remontide kaalumisel on arvestatud silla laiust... kui vajab laiendamist, siis pigem ehitatakse uus sild. Ehk et mina ei julgeks öelda, et praegu väga halvasti on - lihtsalt a) SI ei aita oluliselt rohkem kui näiteks silla piltide vaatamine ja b) Transpordiameti töökorraldus ei soosi leidlike inseneriotsuste tegemist ja seeläbi efektiivseid lahendusi sildade remondil (kõigile osapooltele on lihtsam uus teha).“

Kokkuvõtlikult saab öelda, et ekspertidel on keeruline näha, mille alusel täpselt otsustusprotsessid toimuvad ja millistel alustel investeerimisotsuseid tehakse ehk tuuakse välja otsuste tegemise väike läbipaistvus ja tänapäevaste varahaldus põhimõtete puudumine. Samuti vajadus hinnata sildade (riigiteede) toimivust ja ohutust investeerimisotsuste tegemisel.

3.1.3 Riigiteede sillapargi seisukord

Sillapargi keskmine SI on viimase 15 aasta jooksul tõusnud 15% - aastal 2007 oli 75 [18] ja aastal 2021 oli 88 [4]. Teisalt on sellel perioodil sildade kogu arv uute rajatiste arvelt kasvanud peaaegu 200 silla võrra - aastal 2017 oli 922 [18] silda vs aastal 2021 oli 1010 [4], millega on suurenenud kogu rajatiste pindala ja läbi selle ka keskmine seisukorra indeks. Ekspertidel paluti anda oma nägemus, kas praegune keskmine SI 88 näitab adekvaatselt sillapargi head seisukorda.

Valdavalt pidasid eksperdid sillapargi „keskmist“ seisukorda heaks või rahuldavaks, mida toetati järgmiste põhjendustega - kokku kukkumise ohus olevaid silde on vähe; ohutuse ja kandevõime vaatenurgast on sillapark kasutamiseks ohutu; Transpordiamet on üldiselt olnud oma eelarve suuruses (vähesuses) hea peremees; lisaks uute sildade ja viaduktide ehitusele on iga aasta märkimisväärses koguses vanu väikeseid silde remonditud või asendatud.

Probleemina toodi välja see, et suure osa keskmise SI tõusust moodustab uute rajatiste lisandumine ning kuivõrd ehitatakse palju uusi suuri silde, siis heas korras dekiplaadi ruutmeetreid võivad anda kunstliku efekti. Üks vastajatest pakkus koguni välja, et kuni 10 aasta vanused sillad peaksid olema eraldi arvestuses, et sillapargi keskmine SI adekvaatsemalt tegelikku olukorda kajastaks.

Lisaks paluti ekspertidel selle küsimuse all tuua välja suurimas väljakutsed sillapargi haldamisel täna ja lähitulevikus.

- 4 eksperti tõid välja investeeringute säilimise või suurendamise vajaduse. Seda siis nii jooksvate hoolduste teostamiseks kui ka kasvava remondivõlga tegelemiseks. „Vähemena peaks võimalusepõhine rahastamine ja asenduma pigem vajaduspõhisega“
- 4 eksperti arvamustest jäi kõlama vajadus selgema strateegia ja arusaadavate otsuste järgi: „Silla tulevikuperspektiivi õige määratlemine ja selle alusel otsuste tegemine“; „Arusaadavate ja võrreldavate otsuste tegemine. Kriteeriumite määramine, et millal tuleb rajatisega midagi teha.“; „Strateegia (koos rahastusega) arendada sillaparki suuremas plaanis.“
- 2 eksperdi poolt toodi veel välja väheste inseneriteadmiste rakendamise: „Inseneri valdkonnas süvenev demagoogia inseneritehniliste lahenduste leidmisel, põhjendamisel - tehakse lihtsamaid (isiklikus plaanis vähem tööd hetkel) lahendusi, mitte vajalikke ja hästi põhjendatud.“; „Madalaima hinnaga projekteerimise tellimine tähendab odavate tüüplahenduse vorpimist (jooniste tegemist) ilma sisulise mõtte- ja kaalutlemiseta.“

3.1.4 Tervikliku sillahaldussüsteemi (BMS) olulisus

Kuivõrd varasemalt Transpordiametis kasutusel olnud Pontise tarkvara litsents aegus ja uut litsentsi ei väljastata, mistõttu praegusel hetkel on sildade haldussüsteem üles ehitatud lokaalsete tabelitena, siis küsiti ekspertidelt kui oluliseks peetakse tervikliku BMS olemasolu. Vastuste jagunemine on kujutatud diagrammil 3.5.

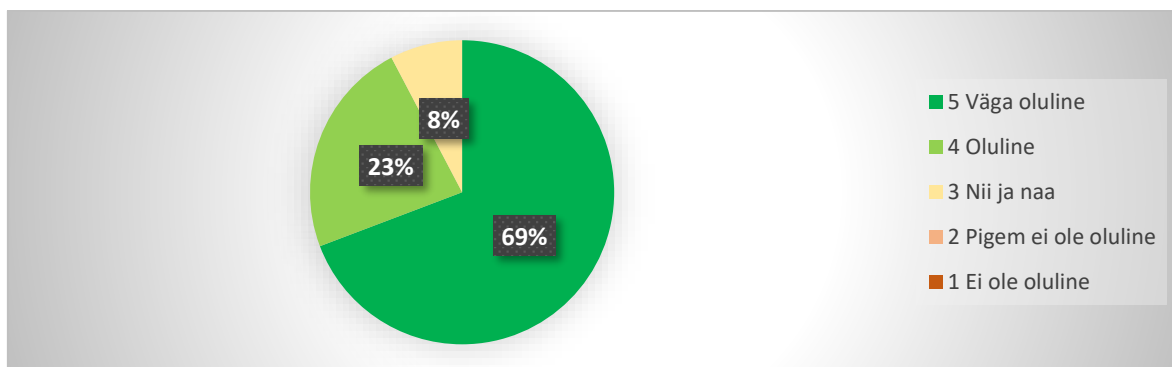


Diagramm 3.5. Ekspertide hinnang tervikliku BMS olulisusele.

Vastasid kõik 13 eksperti, kellest koguni 12 (92%) pidasid BMS olemasolu oluliseks või väga oluliseks. Oma vastust põhjendati muuhulgas järgmiste mõtetega:

- „Korralik BMS annab siiski olulise ülevaate hetkeolukorrast ja võimaldab töid planeerida.“
- „Kuluefektiivsus kõikides etappides, otsuste läbipaistvus, optimeeritus, põhjalikkus ning võimalus kaitsta esialgu tehtud investeeringuid.“
- „Igal süsteemil on oma head ja vead. Aga isegi kui on palju vigu, loob see mingi taustsüsteemi. Kui taustsüsteemi ei muudeta, on süsteemisisesed muutused (näiteks SI aastane muutus) enam-vähem õige. Mida iganes see SI siis ka ei näita.“
- „Sillaolemi seisukorra määramise 1. etapp peab baseeruma terviksüsteemi hindamisel. Alles siis tulevad rajatiste detailsemad seisukorra hindamised ja auditid. Nõela heinakuhjast ülesse leidmiseks on vaja kõigepealt õige heinakuhi üles leida. Muidu ei otsi me nõela mitte heinakuhjast, vaid lausa valest külalt.“

Huvitava mõttena toodi ka välja tervikliku varahaldussüsteemi olemasolu, mitte eraldiseisva silla haldussüsteemi olemasolu. „Sild on tee osa, mitte eraldiseisev rajatis. Lisaks on palju teisi rajatisi, mis on tee osad, mida 30 aastat tagasi veel polnud olemas, aga on täna normaalsus (keskkonnamõju leevendusmeetmed)“

Samuti toodi välja, et andmete pidev kogumine ja haldamine on hädavajalik ning nende õigel töötlemisel on võimalik välja selgitada ka kehvaid projektlahendusi, millega kaasnevad suured hooldus- ja remondikulud.

3.2 Teine küsimuste plokk – kuidas teha edaspidi?

Nii nagu paljudes teistes Euroopa riikides on täna Eestis põhiline fookus sildade haldamises konkreetsete objektide ja elementide seisukorra hindamisel. Teisalt on mitmed riigid oma sillahalduse põhimõtted lähtudes COST tegevuskava TU1406 soovistest üle vaadanud ja lähtuvalt toimivuse kontseptsioonist paika pannud peamised toimivusnäidikud, mille alusel on võimalik erinevaid hooldus ja remondi stsenaariume hinnata ja teha kaalutletud otsuseid nii silla kui sillapargi tasandil. Järgnevate küsimuste kaudu sooviti välja selgitada, millised võiksid olla Eesti oludesse sobilikud peamised toimivusnäitajad ja milliseid täiendavaid andmeid oleks vajalik

nende sisustamiseks koguda ning kuidas täiendada olemasolevaid otsustusprotsesse läbi prognoosimudelite kasutuselevõtu ja optimeerimise.

3.2.1 Peamiste toimivusnäitajad (KPI) Eestis rakendamiseks

Ekspertidel paluti valida peamised toimivusnäitajad, mis oleks olulised Eesti oludes rakendada. Vastajatele oli ette antud 11 vastusevarianti, mille hulgast võis valida nende arust olulised toimivusnäitajad. Valikuvariantideks olid COST TU1406 tegevuskava poolt välja pakutud peamised toimivusnäitajad:

Töökindlus (ingl k *Reliability*) - vastupanu erinevatele koormustele mingi aja jooksul

Avatus/Kättesaadavus (ingl k *Availability*) – sobivus teatud liiki raskeveokitele

Liiklusohutus – kasutajate ohutus ehk võimalus sattuda õnnetusse

Keskkond – kasutatud materjalide või tehnoloogia mõju keskkonnal

Poliitika - poliitiline vajadus rajatise järele

Majandus/Maksumus – majanduslik tasuvus

Lisaks oli pakutud välja EVS-EN1990 alusel konstruktsioonide projekteerimise aluseks olevad põhinõuded: kandevõime, kasutuskõlblikkus ja kestvus. [19] Selleks, et süsteemi liiga palju mitte muuta, oli nimekirja lisatud ka Seisukord. Lisaks anti võimalus lisada omalt poolt toimivusnäitajaid juurde. Ekspertide vastuste jagunemine on kujutatud diagrammil 3.6.

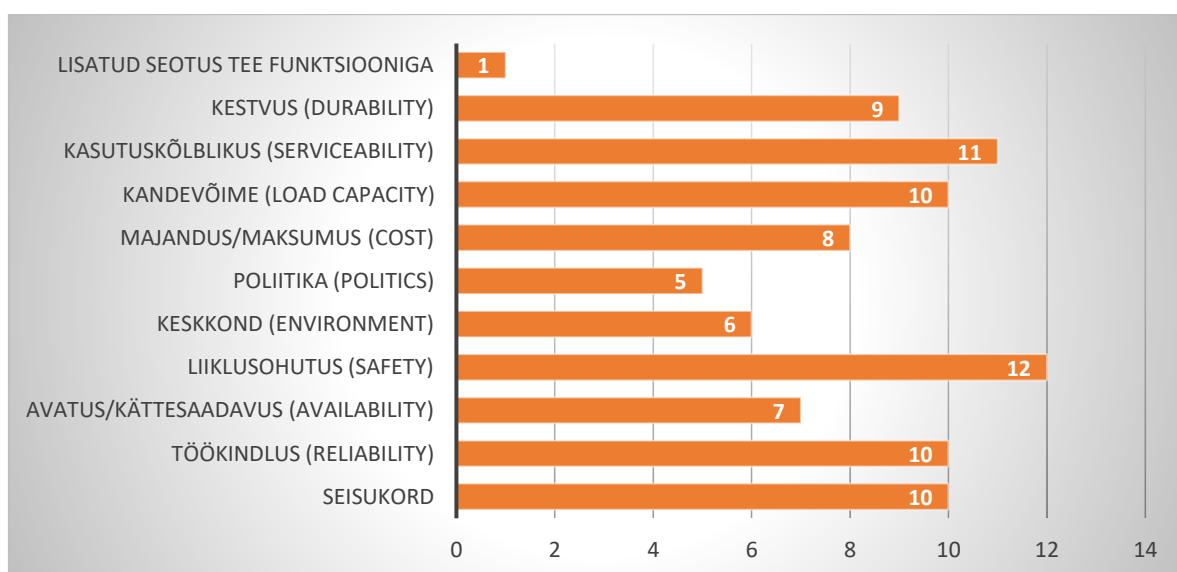


Diagramm 3.6. Ekspertide poolt valitud oluliste peamiste toimivusnäitajate jagunemine.

Ohutus ja kasutuskõlblikkus on ootuspäraselt kõige populaarsemad pakkumised, mida on oluliseks peamiseks toimivusnäitajaks pidanud vastavalt 12 ja 11 eksperti 13-st. Samuti pidas 77% vastanutest ehk 10 eksperti olulisteks toimivusnäitajateks seisukorda, töökindlust ja kandevõimet ning 9 jaoks oli oluline kestvus. Samas poliitikat ja keskkonda peavad oluliseks vaid alla poole ekspertidest. Ära märkida tasub ka see, et silla toimivuse hindamisel paljude erinevate toimivusnäitajate kasutamist pidas oluliseks enamus ekspertidest - 9 eksperti valis vähemalt 6 toimivusnäitajat ning 4 jaoks olid kõik pakutud toimivusnäitajad olulised.

Minimaalselt valis üks ekspert 3 erinevat toimivusnäitajat ja põhjendas oma valikut järgnevalt: „Eks kõik on olulised, aga tahtsin valida 3. Tähtsuse järjekorras 1) Poliitika - kas poliitiline aga olemuslik vajadus? Kas seda silda (ja seega seda teed) on vaja. Eesti on Euroopa tihedaima teedevõrguga riik. Maapiirkondades on sildu, millel on 50 autot ööpäevas. Kas neid on vaja? Milliseid koormusi need peavad taluma? Paljud õnnetus olukorras sillad taluvad sõiduautosid veel 50a ilma remondita. 2) Kätesaadavus - millised autod saavad üle minna? varem ka jutuks olnud, sillapargi halduse võti on marsruudipõhine lähenemine ja otsustamine, kuhu meil raskete autodega vaja saada on. 3) Liiklusohutus - Väga palju sildu lammutatakse/remonditakse põhjalikult, sest vana silla piirded on kehvad. Maanteede projekteerimismisnormi järgi otsustatakse piirde vajalikkus liiklussageduse põhjal (sellest johtub tõenäosus, et keegi võib jõkke sõita). See on ühiskondliku kokkuleppe küsimus, mina arvan, et neid sildu saaks aktsepteeritaval tasemel ohutuks teha ka lihtsamalt.“

Üks vastajatest tõi ka välja, et töökindlus on hea näitaja, kuna see annab ühe numbrilise beeta väärtuse, mis hõlmab endas kandevõime hinnangut koos vastava määramatusega, mis muudab selle võrreldavaks teiste sildadega ning aitab teha kaalutletud otsuse.

Täiendavalt paluti ekspertidel tuua välja milliseid andmeid tuleks sildadel koguda, et valitud peamisi toimivusnäitajaid sisustada. Läbivalt nentisid eksperdid, et sellise nimekirja kokkupanemiseks peab minema juba väga detailseks ja vajab lausa eraldi tööd. Samas saab välja tuua paar näidet, milliste andmete kogumist oluliseks peeti:

- „Kaitsekihi ja katte paksused, karboniseerumine, kloriidide hulk betoonis, korrosiooni tõenäosus, kahjustused koos asukohtadega, punktipilv mõõtude võtmiseks (alternatiiv mõõtmistele) või fotogrammeetria abil punktipilv koos kahjustustega. Ümbersõidu pikkus, raskeliikluse olemasolu, bussiliikluse (koolibussid) olemasolu, pärandiväärtuse olemasolu, liiklusõnnetuste arv rajatisest 50 m raadiuses, kaebuste arv rajatistega seonduvalt, ligipääsetavuse nõuded

(eakad, lapsed, erivajadustega inimesed), CO2 akumuleeritus/kulu, soovitud kasutusega, soovitud teenindustase“

- „Liiklusõnnetuste arv sillal on 99,9% juhtudel 0. Mina vaataks teelõiku, marsruuti ja sild peab rahuldama sellele marsruudile ette antud nõuded esiteks. Teiseks tuleks sillatüüpipõhiselt määrata kandevõimekriitilised ristlõiked ja need peavad funktsionaalselt korras olema (esimene tasand kandevõime, teine tasand terviklikkus). Terviklikkuse all mõtlen, et kas on midagi, mida tuleks teha edasise kiire lagunemise peatamiseks (vuugi puhastus näiteks).“
- „Regulaarsed ülevaatused, õnnetuste statistika, eelnevalt tehtud kulutused, liiklusvoogude muutus, jne“

3.2.2 Ülevaatuste täiendamine mittepurustavate katsetega

Esmalt paluti ekspertidel hinnata 5 palli skaalal üldiselt mittepurustavate katsete olulisust ülevaatuste täiendamisel ning seejärel ka eraldi erinevat liiki katsete olulisust. Vastuste jagunemine on kujutatud diagrammil 3.7.

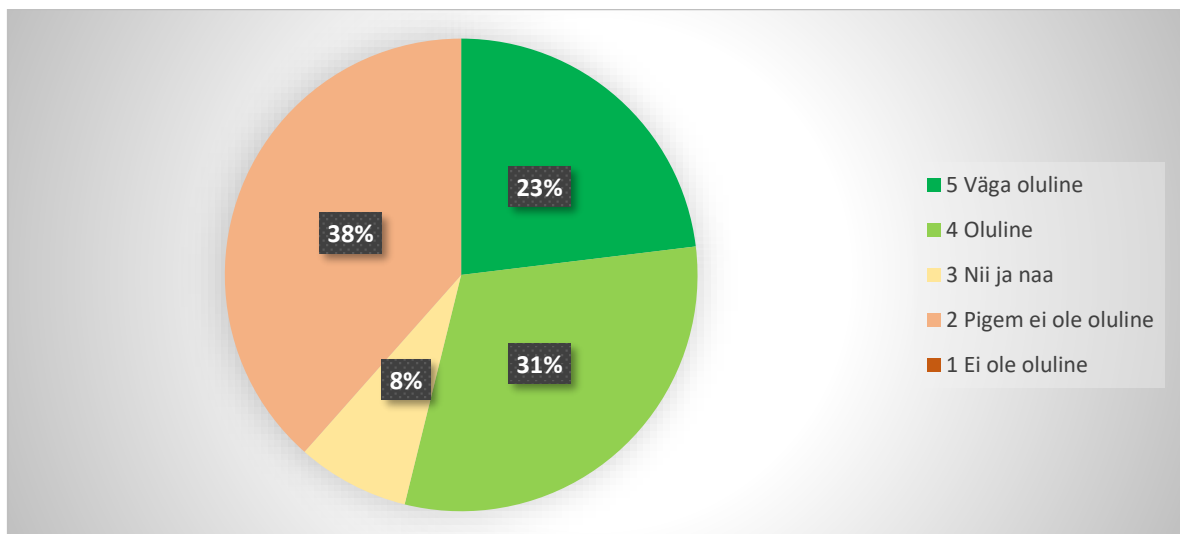


Diagramm 3.7. Ekspertide hinnang ülevaatuste täiendamise olulisusele mittepurustavate katsetega.

Üldiselt võib öelda, et selles küsimuses jäid eksperdid kahte erinevasse leeri, kui ca 40% arvas, et visuaalsete ülevaatuste täiendamine mittepurustavate katsetega pigem ei ole oluline ja ca 50% pidasid väga oluliseks või oluliseks. Need, kes ei pidanud oluliseks, põhjendasid oma vastust järgnevalt:

- „Üldiselt ei ole mittepurustavate katsete kasutamine oluline aga on oluline suurte pikkade ja väga kehvade sildade osas juhul kui ei saa silda koheselt ümber ehitada. Samas visuaalne hinnang ei anna infot pingestatud sildade, vantsildade, suletud kodadega integraalsildade kohta, kus on väga oluline kasutada sobilikku mittepurustavat meetodit nagu termograafia, läbivalgustamine vmt“
- „Üldise seisukorra hindamisel mittepurustavate katsete teostamine ei ole vajalik. Spetsialisti poolt teostatud visuaalne kontroll annab piisava info rajatise üldise seisukorra hindamiseks, mille alusel saab välja sorteerida juba teatud valimi rajatistest, kus siis võiks kaaluda mittepurustavate katsete teostamist. Minu hinnangul on mittepurustavad katsed vajalikud juba remondimeetodite valimiseks. Üldise ülevaatus teostamisel mittepurustavate katsete kasutamine võib töö maksumust suurendada liialt palju ning kokkuvõttes võib see omada negatiivset efekti kogu ülevaatuste teostamisele.“
- „Ma olen seisukohal, et nende katsete tulemustel on silla remondi mahu määramisel suhteliselt vähe tolku. Betoonpinna puhastamine liivapritsiiga käib olemuslikult nii, et pritsimees annab kuuma ja ära tuleb nii palju betooni nagu tuleb. Pigem tuleks kuskil kindlaks määrata, et kui suure survega tuleb lasta, et mingi tasemeni kahustatud betoon ära tuleks. Jälle, 99% eesti sildadest on nii lihtsa tööskeemiga, et kui midagi halba näha ei ole, siis ongi OK. Armatuuri roostetamist võiks mõõta, kuid see peaks olema usaldusväärne“

Siin jääb kõlama arvamus, et üldise seisukorra hindamise puhul katsete teostamine ei ole vajalik vaid teostada tuleb neid vajaduspõhiselt peale visuaalselt ülevaatuselt saadud info töötlemist.

Kui vaadata põhjendusi nende poolt, kelle jaoks ülevaatuste täiendamine mittepurustavate katsetega oli oluline, siis tuuakse välja, et otsuste tegemiseks on andmeid vaja ja mida rohkem neid on, seda parem. Samuti tuuakse olulise argumendina välja, et erinevate parameetrite süsteemsel mõõtmisel on võimalik prognoosida kahjustuste progresseerumist (nt karboniseerumine, kloriidid, sarruse korrosioonitase jne). Samas osasid katseid tuleks teostada vaid vajaduspõhiselt kui on vaja näiteks hinnata kandevõimet või arvutada jääkeluiga (sarruse tõmbetugevus, betooni õhuläbilaskvus jne). Ühe eksperdi poolt pakuti ka välja piir, $SI < 75$, mille puhul on täiendavad uuringud sildadel vajalikud. Toodi ka välja, et valdav enamus uuematest sildadest on järeldpingestatud, mille puhul on nii ehituse ajal kui ka hiljem

oluline kontrollida sarruse kanalite seisu, et seal ei oleks tühimikke. Ilmselt ei ole seda võimalik teha vaid visuaalsel teel.

Diagrammilt 3.8 saab välja lugeda, et ekspertide hinnangul on 3 põhilist mittepurustavat katset, mille kasutamist ülevaatuste läbiviimisel peetakse oluliseks:

- 1) Karboniseerumine
- 2) Kloriidide sissetungimine
- 3) Betooni kaitsekihi paksuse mõõtmine

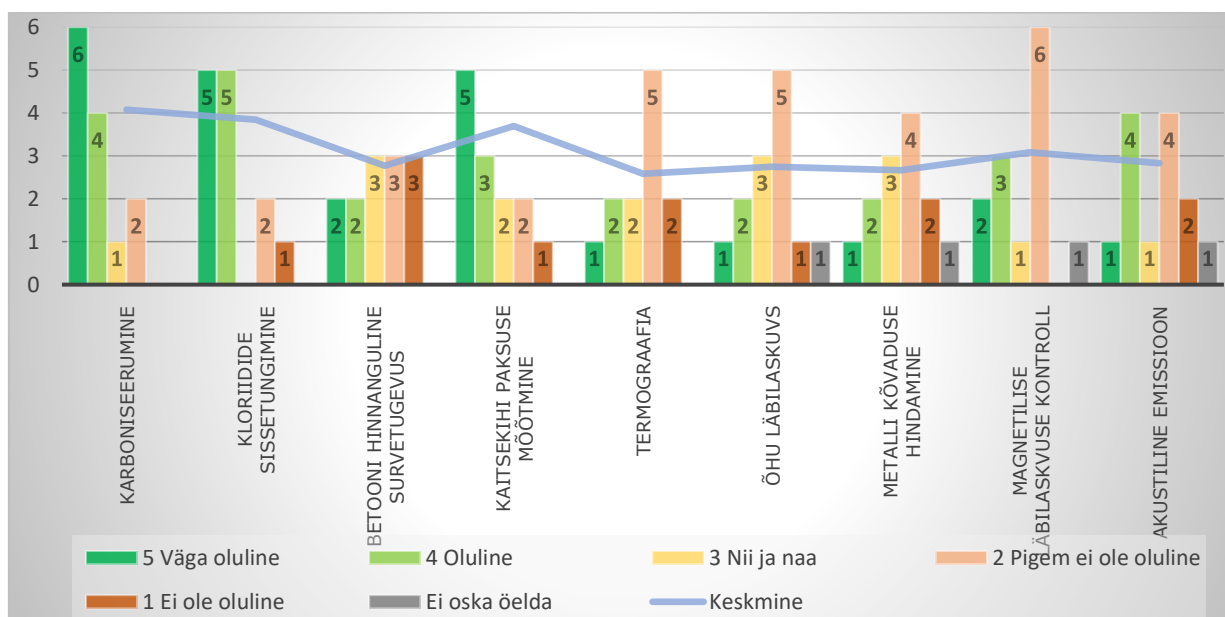


Diagramm 3.8. Ekspertide hinnang erinevate mittepurustavate meetodite kasutamise olulisusele.

3.2.3 Prognoosimudelite kasutuselevõtt remondiotsuste tegemisel

Kuivõrd sillad on projekteeritud pikaks perioodiks (100 a), siis paluti ekspertidel hinnata erinevate prognoosimudelite kasutuselevõtu olulisust remondiotsuste tegemisel. Hinnang paluti anda järgmistele prognoosimudelitele: seisundi prognoosimine, elukaare kulude prognoosimine, materjalide omaduste halvenemise prognoosimine ja töökindluse prognoosimine. Diagrammilt 3.9 on välja loetav, et kõikide nelja prognoosimudeli kasutamist hindasid eksperdid keskmiselt pigem oluliseks, kusjuures töökindluse prognoosimist pidasid kõik eksperdid oluliseks või pigem oluliseks.

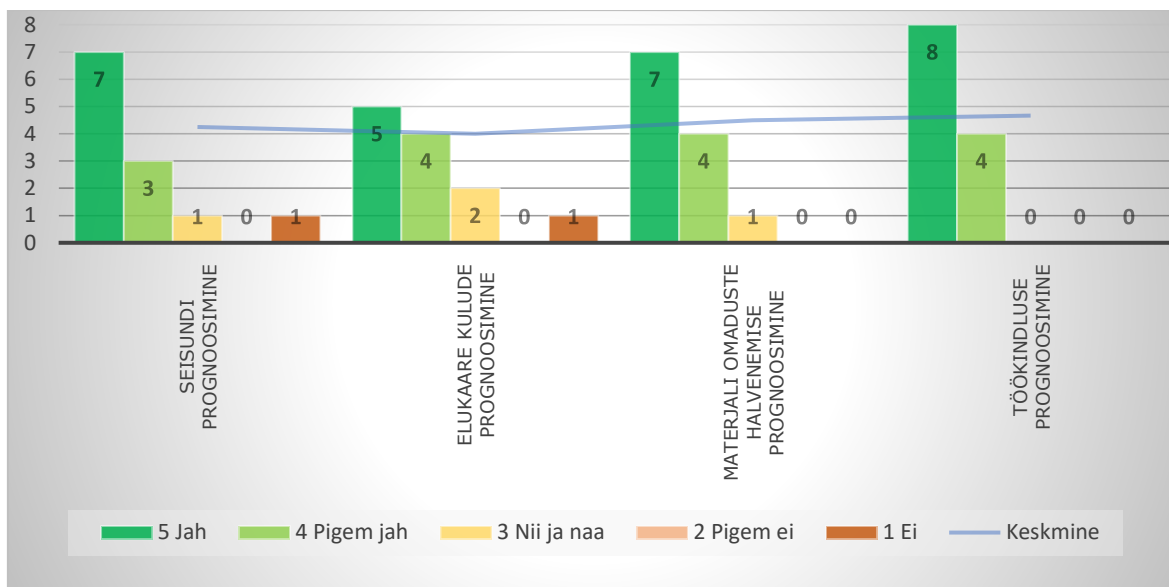


Diagramm 3.9. Ekspertide hinnang prognoosimudelite kasutuselevõtu olulisusele remondiotsuste tegemisel.

Prognoosimudelite kasutamise olulisust on eksperdid kirjeldanud järgmiste põhjendustega:

- „Vaatomata sellele, et prognoosimudelites võib olla suhteliselt palju määramatust, on see siiski üks kõige paremaid mõõdetavaid meetodeid tulevikku vaadata. Kui andmeid on kogutud piisava aja jooksul, siis prognoosimudelid täpsustuvad ja võimaldavad oluliselt täpsemalt tulevikku hinnata. Kui hallata on 1000 silda, siis paratamatult peab olema prognoosivaade pikem, kui mõned aastad. Ja selleks ajaks, kui raha on oluliselt rohkem ning vaja on teha konkreetseid otsuseid, peavad need taustaandmed juba olema olemas, mitte ei tule neid alles koguma hakata (sest nii suure sildade olemit korral võtab see paratamatult päris kaua aega).“
- „99% sildadest on lihtsa skeemiga, reeglina monoliitbetoonist. Nendega ei juhtu midagi. Tuvastada tuleks sillatüübi põhiselt kriitilised ristlõiked, töötada välja meetodid nende jälgimiseks või mittepurustavaks katsetamiseks (dünaamiline katse jäikuse määramiseks võtab 1h aega, eriti liiklust ka ei sega) ja on selge, kas sild võtab koormust või mitte.“

4 JÄRELDUSED JA SOOVITUSED

On selge, et tänasel hetkel peamiselt kasutatav seisundi indeks, olgu see siis terve rajatise või rajatise osa (alusehitus või pealisehitus) kirjeldav, ei ole ettenähtud taktikalisel- või operatiivtasandil remondiotsuste tegemiseks. SI on eelkõige sobilik rahaliste vahendite planeerimisel, mitte otseselt funktsionaalsusega seotud kriteeriumite hindamiseks. [16] Sellele tuginedes võidakse teha ennatlikke otsuseid. Kui võtta näitena kandevõime, siis visuaalsel teel hinnatud kahjustuste ulatuse järgi kandevõime hindamine ei saa olla kuigi usaldusväärne. Raskete eriveoste mobiilsuse ja taristu seisukorrategadlikkuse parandamise uuringu ühe osana teostatud investeringuvajaduste analüüs näitas, et silla kandevõimet täpsemalt hinnata võimaldava meetodi rakendamisest tulenev rahaline kokkuvõide võib olla 1.1 ... 1.8 kordne.[20]

Seega tuleks sildade hindamisele vaadata natuke teisest vaatenurgast, kui seda on tänaseni tehtud ja töö autor pakub selleks välja **toimivuse hindamise** nagu on välja pakutud COST TU1406 tegevuskavas. Toimivuse hindamist on kirjeldatud kui kogumit tegevustest, mis on vajalikud olemasoleva konstruktsiooni hindamiseks, sealjuures ära määrates numbrilised (mõõdetavad või hinnatavad) suurused.

Töö käigus tuvastati:

- 1) Sildade hindamine ja seisukorrategadlikkus – Uurides praeguste Transpordiameti poolt tehtavate remondiotsuste tausta, siis selgus, et ka täna juba võetakse lisaks seisundi indeksile otsuste vastuvõtmisel arvesse teisi toimivuse näitajaid, kuigi need on täpselt sõnastamata ja puuduvad sihttasemed, mille ületamisel on võimalik vahet teha kas sild toimib või mitte. Samuti ei ole need väärtused numbriliselt mõõdetavad/hinnatavad.

Ettepanekud:

- Sildade hindamisel kasutada **toimivuse hindamise kontseptsiooni**, mille puhul on vajalik ära kirjeldada **toimivusnäitajad**, mis on sillale tähtsat omadust kirjeldavad numbrilised suurused.
- Ekspertide seas läbi viidud küsitluse peeti kõige olulisemateks neid 5-te toimivusnäitajat: **liiklusohutus, kasutuskõlblikkus, töökindlus, seisukord ja kandevõime**. Vähemalt pooled ekspertidest pidasid olulisteks toimivusnäitajateks veel **kestvust, majandust, kättesaadavust ja keskkonda**. On selge, et kõik need näitajad on

olulised, kuid mitmed nendest näitajatest on üksteisest sõltuvad ning vajab täiendavat uurimist, millised nendest valida peamisteks toimivusnäitajateks. Käesoleva peatüki lõpus viseerib töö autor lihtsustatud toimivuse skeemi lähtudes neljast toimivusnäitajast.

- 2) Eesmärgid – võib öelda, et mingi selged eesmärgid on Transpordiametil olemas ja sõnastatud Teehoiukavas. Liiklejate ohutuse tagamine on üldine eesmärk kogu transpordivõrgule, s.h sildadele. Teehoiu kavandamisel on esimene prioriteet teedevõrgu säilitamine, mille üheks osaks on sildade remont, mille tulemuseks omakorda on algse tehnilise seisukorra tagamine. Teisalt ei ole alati põhjendatud silla algse tehnilise seisukorra taastamine kui sild täidab talle esitatud nõudeid ehk on toimiv. Ühe remondi liigina on välja toodud tugevdamine ja uuendamine kandevõime säilitamise eesmärgil.

Ettepanekud:

- Määrata peamistele toimivusnäitajatele vastavad **toimivuse sihtväärtused**, mille abil on võimalik hinnata, kas sild toimib või mitte. Luua seosed sihtväärtuste ületamisel tööde teostamisvajadusega. Näiteks seisukorra puhul võib selleks olla teatud SI väärtus või kandevõime puhul soovitud sihtväärtus olenevalt sellest milliseid veokeid on vajalik antud lõigule lubada.
 - Mida piiratumad on vahendid seda täpsemad peavad olema formuleeritud selged eesmärgid ning seda juba teedevõrgu tasandil. Millist piirkonda eelisarendame, millistel marsruutidel on raskeveokite prioriteet jne. Ühtlasi oleks oluline ära formuleerida need sillad, mis ei ole prioriteet – näiteks, kas on põhjendatud väikestele sildadele kõrvalmaanteedel liiklussagedusega vähem kui 50 autot ööpäevas lubada raskeveokeid?
 - Sildade haldamine peab saama sisendi teedevõrgu arendamisest – millised marsruudid on olulised ehk **marsruudipõhine lähenemine**; kui halb seisukord on ikka halb ja mis tingimustel me halba aktsepteerime.
- 3) Remondiotsused - remondiotsuste tegemine ei ole täna läbipaistev ja jälgitav. Võrgu tasandil pingerea koostamise aluseks olev metoodiline juhend on kehtiv, aga ei kasutata ja vajab kaasajastamist. Pingerea koostamise aluseks on

pealisehituse SI ja alusehituse SI korrutis. Silla tasandil otsuste tegemine on sisuliselt praeguses metoodilise juhendis käsitlemata – selle kohta on juhendis täpselt üks lõik, mille alusel remonti lähevad sillad, mille peamised kahjustused on pealisehituses; rekonstrueeritakse sillad, mille kõik elemendigrupid on ühtlaselt kahjustunud ja ümber ehitatakse sillad, mille alusehitus on üle 50% kahjustunud. Remondiotsuste tegemiseks ja otsuste põhjendamiseks kasutab sillainsener erinevaid näitajaid, kuid ei ole aru saada millisel skaalal neid näitajaid kirjeldatakse ja millised on piirväärtused. Samuti ei ole arusaadav, kas nende näitajate kirjeldamiseks on piisavalt informatsiooni või põhineb näiteks puuduliku kandevõime hinnang ainult visuaalsel ülevaatusel. Remondiotsuste tegemisel on kasutusel „staatiline“ lähenemine ehk muutust ajas ei arvestata.

Soovitused:

- Pingerea koostamise aluseks olev alusehituse SI ja pealisehituse SI korrutise sobivus vajaks täiendavat uurimist.
- Ei ole õige panna remondiliiki sõltuvusse visuaalsel ülevaatusel saadud suurusega, kuivõrd see ei kirjelda piisavalt suure usaldusväärsusega silla toimivust (kandevõime, kasutuskõlblikus, ohutus jne). Madal SI võib anda indikatsiooni täiendavate uuringute teostamiseks, et vaadeldavat toimivisunäitajat usaldusväärsemalt hinnata.
- Sildade remondiotsuste tegemine objekti tasandil peaks toimuma tema **toimivuse hindamise alusel**, mis omakorda sõltub **peamiste toimivusnäitajate** väärtustest võrrelduna sihtväärtustega. Näiteks kui silla seisukord on kehv aga kandevõime ületab soovitud sihtväärtust, siis piisab silla remondist ja esteetilise poole taastamisest.
- Kui kasutada kandevõimet ühe peamise toimivusnäitajana nagu eespool soovitatud, siis tasuks kaaluda kõikide sildade tegeliku kandevõime määramist läbi proovikoormamiste või vähemalt teatud vanuses sildadel. Kulu võib olla küll suur, aga tasub uurida kui suur võib olla rahaline võit sellest, et osad sillad jäävad seeläbi asjatult lammutamata ja piisab lihtsamast remondist või koormuspiirangu kehtestamisest et tagada silla toimivus veel 20-30 aastaks.

- Staatilise lähenemise asemel tuleks kaaluda dünaamilist lähenemist, mille puhul vaadeldakse silla omadusi ajas muutuvana ehk vaadatakse pikemat perspektiivi. Selle mudeli puhul toimub erinevate prognoosmudelite kasutamine, mille vajalikkust on välja toonud ka küsitletud eksperdid.

4) Sildade ülevaatused - toimub paika pandud regulaarsusega iga 4 aasta järel, mille käigus kogutakse andmeid visuaalsel teel elemendi tasemel ja antakse hinnang 4-palli skaalal. Tulemuseks saadakse silla seisundi indeks.

Ettepanekud:

- Vastavalt Majandus-ja taristuministri määrusega Tee seisundinõuded §32 tuleks ülevaatusi teostada üks kord **3 aasta jooksul**. Teehoiukava ja Tee seisundinõuded tuleb omavahel kooskõlla viia.
- Täiendada ülevaatusete protsessi kriitiliste piirkondade määramise ja purunemisviiside tuvastamisega enne ülevaatusete teostamist ehk üle minna praeguselt seisukorra põhiselt hindamiselt **kahjustuste põhisele hindamisele**.
- Töötada välja ülevaatusete läbiviimise plaan, milles ära kirjeldada, millistel juhtudel on vajalik täiendada ülevaatusi mittepurustavate katsetega. Näiteks on pakutud välja ühe eksperdi poolt, et see võiks olla sõltuvuses eelmisel ülevaatusel alusel saadud silla seisundi indeksist – kui $SI < 75$, siis vajalik ülevaatus täiendada sobiliku mittepurustava katsega. Käesoleva töö raames pakutakse ekspertide hinnangul tuginedes välja, et kindlasti tuleks kaaluda järgmiste katsete kasutuselevõttu: **karboniseerumine, kloriidide sissetungimine ja betooni kaitsekihi mõõtmine**. Teatud juhtudel on vajalik ka kasutada muid meetodeid (näiteks järelepingestatud konstruktsioonide puhul sarruse kanalite kontroll).

5) Praeguse Transpordiameti toimemudeli järgi teostab silla remondiprojekti koostamise raames analüüsi silla rekonstrueerimise või lammutamise kohta projekterija, kes on vähempakkumise raames riigihanke kaudu leitud. Paljudel juhtudel viib see lihtsama variandi teostamiseni ehk olemasoleva silla lammutamiseni ja uue tüüplahenduse projekterimiseni.

Soovitused:

- **Projekteerimise hange siduda lahti sobiliku remondiviisi valikust**, kuivõrd sellise hanke läbiviimisel on sisse kirjutatud, et võimalikult lihtne lahenduse projekteerija võidab hanke kuivõrd see on kõige kiirem ja pakkuja jaoks majanduslikult kasulik. Isegi kui taoline analüüs viiakse läbi, siis see analüüs lähtub ainult tehnilisest poolest, mitte ühiskondlikkust kasust ja toimivusest elukaare võtmes.
- Remondiviisi peaks välja valima tellija, kes hindab konkreetse silla toimivust lähtudes paika pandud toimivuse sihtväärtusest ja silla olulisust teedevõrgus. Vajadusel võib tellida täiendava uuringu/hindamise enne hanke projekteerimise hanke korraldamist.

6) BMS – hetkel on sildade haldussüsteem Transpordiametis üles ehitatud lokaalsete tabelitena, mida jagatakse asutuse siseselt ja üldine haldusprogramm puudub. Andmed erinevates registrites ei ühti ja on oht oluliste andmete kaotsi minekuks.

- Esmalt tuleks ära defineerida üldine sildade haldamise plaan lähtudes toimivuse kontseptsioonist ja seejärel selle alusel terviklik BMS süsteem üles ehitada – olgu selleks siis algusest peale arendatud programm või olemasoleva programmi kohandamine tellija soovide kohaselt.

Kuivõrd siiani on püütud silla toimivust peaaesjalikult hinnata läbi visuaalsete ülevaatuste ja isegi kui rakendatakse erinevaid näitajaid nagu ohutus või kandevõime, siis ka nende hindamine toimub visuaalsel teel saadut andmete põhjal, mis ei võimalda väga usaldusväärset neid näitajaid hinnata. Siinkohal pakub töö autor välja toimivuse kontseptsiooni lähtudes neljast peamisest toimivusnäitajast. Lihtsustatud skeem on visandatud joonisel 4.1.

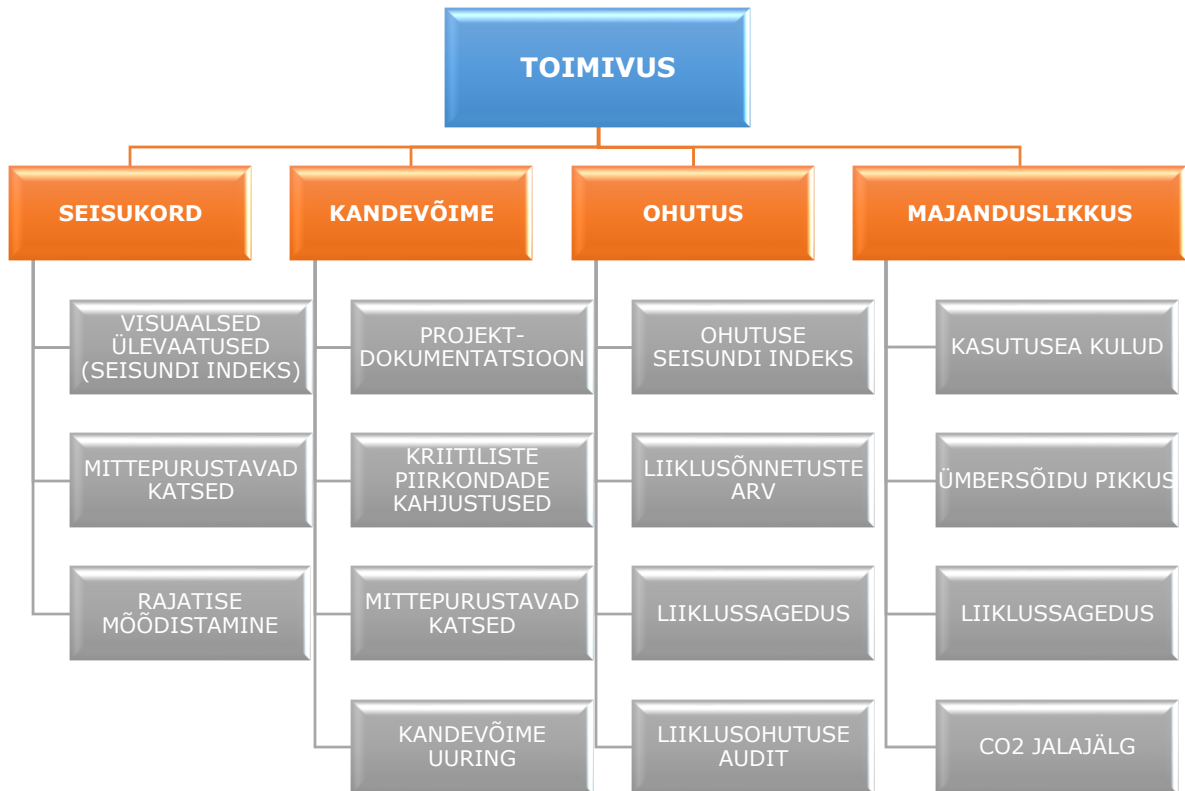
Seisukord – lisatud selleks, et olemasolevat süsteemi liialt mitte muuta. Seisukorra ehk füüsilise välimuse hindamiseks peamiseks näitajaks on seisundi indeks, mis saadakse visuaalse vaatluse abil. Kui seisundi indeks on teatud piirmäärast madalam, tuleks kaaluda mittepurustavate katsete rakendamist. Seda eriti juhul kui soovitakse prognoosida seisukorra muutust tulevikus.

Kandevõime – esmaseks info allikaks kandevõime puhul on projektdokumentatsioon ehk millisele normatiivsele koormusele on sild projekteeritud. Visuaalse ülevaatuse käigus tuleks keskenduda antud sillatüübi kriitilistes piirkondades olevatele kahjustustele ning anda esialgne hinnang nende mõjule silla kandevõimele. Juhul kui mõju on arvestatav ja on kahtlus silla toimivuse kandevõimest tingitult, tuleks

teostada täiendavad uuringud kandevõime määramiseks. Teisalt on oluline kandevõime puhul optimaalsete sihtväärtuste kehtestamine lähtuvalt marsruudipõhisest lähenemisest ehk põhimaanteedel soovitud sihtväärtus kandevõimele ei ole sama, mida soovitakse saavutada kõrvalmaanteel kus liikleb 100 autot ööpäevas ning raskeveokid on võimalik suunata ümber.

Ohutus - siinkohal on mõeldud ohutust liiklejale. Sillaelementide ohutust liiklejatele aitab hinnata perioodiline sildade visuaalne ülevaatus, mille käigus hinnatakse näiteks sõidutee katte seisukorda, märgistust, piirete seisukorda jne. Saadakse ohutuse SI. Samas visuaalne korrasolek ei ole ainus ohutust kirjeldav näitaja ja näiteks pelgalt visuaalselt kehv piirete olukord ei muuda silda veel ohtlikuks. Näiteks „Teedevõrgu liiklusohutuse hindamise nõuetes“ on välja toodud, et objektide ohutuse numbrilise näitaja (ohutustase) aluseks on vähemalt järgmised kriteeriumid: 1) objekti sisseehitatud ohutus; 2) objekti liiklussagedus; 3) hukkunuga ja inimvigastusega lõppenud liiklusõnnetused. [21] Seega silla toimivuse seisukohast ohutuse hindamisel tuleks kasutada rohkem andmeid, kui pelgalt silla ülevaatusel arvatud ohutuse SI.

Majanduslikkus ehk majanduslik tasuvus – siinkohal mõistetakse tulude ja kulude suhet tulenevalt silla kasutatavusest ning seda mõjutavad näiteks silla sulgemisest või kandevõime piiramisest tekkivad kulud teekasutajatele seoses täiendavate ümbersõitudega. See on omakorda seotud antud teelõigu liiklussagedusest. Samuti saab siinkohal arvesse võtta marsruudi tähtsust riigi seisukohalt ja miks mitte ka mõju keskkonnale – näiteks CO2 jalajälg, mis tekib silla lammutamisest ja uue ehitamisest. Teiselt poolt võetakse siis arvesse hooldustoimingu maksumust või kasutusea kulusid.



Joonis 4.1 Silla toimivuse võimalikud komponendid

Tänane probleem paistab olema selles, et tehtavad investeeringud on kõik küll vajalikud ning ka põhjendatavad, kuid puudub süsteem, mille alusel mõõta/hinnata otsuste tulemuslikkust ehk MIKS just see sild, MIKS sellel aastal ja MIKS just seda liiki remont. Seda probleemi aitaks lahendada toimivuse kontseptsiooni kasutusele võtmine ning kui võrrelda seda täna kasutatava praktikaga, siis see muudatus ei ole nii suur, et seda mitte ette võtta.

KOKKUVÕTE

Käesoleva lõputöö raames uuriti, kuidas ja mille alusel Transpordiametis toimub sildade remondiobjektide valik, mille käigus tuvastati, et olemasolev meetodiline juhend on küll kehtiv, kuid seda ei kasutata ja see vajab kaasajastamist. Meetodikas kirjeldatud parameetreid on mõnel määral küll endiselt arvesse võetud, kuid pingerea koostamine nende alusel ei toimu. Näiteks 2021 aastal pingerea koostamisel on lähtunud hoopis sildade alusehituse ja pealisehituse seisundi indeksite korrutisest. Analüüsid 2022-2025 sillaremondi objektide nimekirjas olevat 90 silda ja lähtudes Transpordiameti sillaanalüütiku vastustest ilmnes, et remondiotsuste taga on lisaks silla seisundi indeksile ka veel muud kriteeriumid, mis on aga selgelt defineerimata ja numbriliselt kirjeldamata. Samuti puuduvad kasutatud näitajate puhul sihtväärtused ja nende sõltuvus remondi vajaduse ning -liigiga. Valdkonna ekspertide seas läbi viidud küsitluse käigus toodi samuti välja, et on keeruline näha, mille alusel täpselt otsustusprotsessid toimuvad ja millistel alustel investeerimisotsuseid tehakse ehk tuuakse välja otsuste tegemise väike läbipaistvus ja tänapäevaste varahaldus põhimõtete puudumine. Samuti toodi välja vajadus hinnata sildade (riigiteede) toimivust ja ohutust investeerimisotsuste tegemisel.

Kuna olemasolevat visuaalsel seisukorra hindamisel seisnevat meetodikat ei ole võimalik täiendada selliselt, et see arvestaks ka rajatise kandevõime või töökindlusega, siis pakub töö autor välja silla toimivuse hindamisel baseeruva kontseptsiooni lähtudes COST TU1406 tegevuskavast ja ekspertide seas läbi viidud küsitlusest. Toimivus on näitaja, mille põhjal saab hinnata kui hästi rajatis täidab oma eesmärgi ja toimivuse hindamist on kirjeldatud kui kogumit tegevustest, mis on vajalikud olemasoleva konstruktsiooni hindamiseks, sealjuures ära määrates numbrilised (mõõdetavad või hinnatavad) suurused – toimivusnäitajad. Ühe võimaliku variandina visandas töö autor silla toimivuse skeemi lähtudes seisukorrast, kandevõimest, ohutusest ja majanduslikkusest koos võimalike andmetega, millega valitud toimivusnäitajaid sisustada. On oluline teadvustada, et pelgalt visuaalsete ülevaatuste alusel toimivusnäitajaid hinnates võib hinnangu usaldusväärsus olla madal. Seetõttu on vajalik visuaalseid ülevaatusi täiendada mittepurustavate katsetega ning vajadusel täiendavate uuringutega nagu kandevõime uuring või liiklusohutuse audit. Välja tuleks töötada ülevaatuste läbiviimise plaan, milles ära kirjeldada, millistel juhtudel on vajalik täiendada ülevaatusi mittepurustavate katsetega. Käesoleva töö raames pakutakse ekspertide hinnangul tuginedes välja, et kindlasti tuleks kaaluda süsteemselt järgmiste katsete kasutuselevõttu visuaalsete ülevaatuste täiendamisel: karboniseerumine, kloriidide sissetungimine ja betooni

kaitsekihi mõõtmine. Samuti tuleks kaaluda laiapõhjalist kogu sillaparki hõlmavat sildade kandevõime uuringu läbi viimist. Ülevaatuste protsessi tuleks täiendada kriitiliste piirkondade määramise ja purunemisviiside tuvastamisega enne ülevaatuste teostamist ehk üle minna praeguselt seisukorra põhiselt hindamiselt kahjustuste põhisele hindamisele. See aitaks paremini tuvastada kahjustusi, mis mõjutavad konstruktsiooni tugevust, läbi mille on võimalik paremini hinnata silla toimivust.

Töö autori poolt visandatud toimivuse mudel on pelgalt näitlik variant, mille alusel sildade toimivust hinnata, kuid täpne mudel tuleb sillapargi omanikul ise paika panna, valides sobilikud toimivusnäitajad ja sidudes need asjakohaste sihtväärtuste ehk toimivuseesmärkidega. Täiendavat uurimist vajab ka sihtväärtuste sõltuvus remondi teostamise vajadusest ja liigist. Samuti tuleks uurida ja leida sobilik meetod võrgu tasandil pingerea koostamiseks, olgu selleks siis mõni lihtsam parameeter või mitme eesmärgiga optimeerimise mudel.

SUMMARY

This thesis investigated how and on the basis of which the Transport Administration selects bridge renovation projects, which revealed that while the existing methodological guidelines are valid, they are not employed, and they need to be updated. The parameters described in the methodology are still taken into account to a certain extent, but are not used for drafting rankings. For example, in 2021, the rankings were instead based on the product of the condition indexes of the substructure and superstructure of the bridges. An analysis of the 90 bridges on the list of bridge renovation projects for 2022–2025 and answers received from a bridge analyst at the Transport Administration revealed that, in addition to the bridge condition indexes, renovation decisions are also made on the basis of various other criteria, which are neither clearly defined nor quantified. Additionally, target values and their correlation with the need for and type of intervention have not been established for the used indicators. A survey of experts in the field, too, highlighted the difficulty of ascertaining the bases used for decision-making processes and for making investment decisions, pointing to a lack of transparency in decision-making and absence of modern asset management principles. The need to assess the performance and safety of bridges (national roads) when making investment decisions was also highlighted.

Since the existing methodology, which consists in visual assessment of the condition, cannot be expanded to take into account the load capacity or reliability of the structure, the author proposes, based on the COST TU1406 action plan and the survey of experts, a concept based on bridge performance assessment. Performance is an indicator that can be used to assess how well a structure is fulfilling its purpose, and performance assessment is described as a set of activities necessary for assessing an existing structure, including by determining numerical (measurable or assessable) quantities – performance indicators. As one possible option, the author drafted a bridge performance scheme based on condition, load capacity, safety, and economic efficiency, along with possible data for informing the selected performance indicators. It is crucial to note that the reliability of performance indicator assessments which are based only on visual inspections alone may be low. Therefore, it is necessary to supplement visual inspections with non-destructive tests and, where necessary, additional surveys, such as a load capacity survey or a road safety audit. An inspection plan should be developed to indicate in which cases it is necessary to supplement inspections with non-destructive tests. Based on the assessments of the experts, the author proposes that the adoption of at least the following tests to supplement visual

inspections should be systemically considered: carbonation, chloride penetration, and measurement of the concrete cover. Consideration should also be given to conducting a broad-based load capacity survey for all existing bridges. The inspection process should be supplemented with the identification of vulnerable zones and failure modes before inspections are carried out, i.e. a shift from the current approach of condition-based assessment to damage-based assessment. This would help to better identify damage affecting the strength of the structure, which would enable to better assess the performance of the bridge.

The performance model drafted by the author is merely an illustrative option for assessing the performance of bridges; the exact model needs to be established by the owner of the bridges by selecting relevant performance indicators and linking them to appropriate target values, or performance goals. The correlation of target values with the need for and type of intervention also needs further investigation. In addition, a suitable method for network-level ranking should be sought and established, whether in the form of a simple parameter or a multi-objective optimization model.

KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

1. Application of quality control plan to existing bridges (2021). Autorid Edward A. Baron, Neryvaldo, Marija, Jose C. Matos & Goran Markovski
<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/15732479.2021.1994618>
2. Memorandum of Understanding for the implementation of a European Concerted Research Action designated as COST Action TU1406: Quality specifications for roadway bridges, standardization at a European level (BridgeSpec) (2014)
3. Sildade haldamine ja kvaliteedikontroll omavahel kooskõlla. Autor Sander Sein. Teeleht nr 93, sügis 2018
4. Riigiteede teehoiukava 2021-2030
5. Raskete eriveoste mobiilsuse ning taristu seisukorrateadlikkuse pirandamine. Lisa F.1 (2020) Koostaja: Sander Sein
6. WG5 Technical report. Drafting of guideline/ recommendations of cost action TU1406 (2019). Autorid: Vikram Pakrashi, Helmut Wenzel, Jose Matos, Joan Casas, Alfred Strauss, Irina Stipanovic, Rade Hajdin, Amir Kedar, Guðmundur Guðmundsson, Maria-Pina Limongelli, Yiannis Xenidis, Sandra Skaric Palic
7. WG1 Technical Report. Performance Indicators for Roadway Bridges of Cost Action TU1406 (2016) Autorid: A. Strauss, A. Mandić Ivanković, J. C. Matos, J. R. Casas
8. WG2 Technical Report Performance Goals for Roadway Bridges of cost action TU1406 (2017) Autorid: I. Stipanovic, E. Chatzi, M. Limongelli, K. Gavin, Z. Allah Bukhsh, S. Skaric Palic, Y. Xenidis, B. Imam, A. Anzlin, M. Zanini, G. Klanker, N. Hoj, N. Ademovic, J. C. Matos, J. R. Casas
9. WG3 Technical Report. Establishment of a Quality Control Plan (2018) Autorid: R. Hajdin, M. Kušar, S. Mašović, P. Linneberg, J. Amado and N. Tanasić
10. Bridge Management System Based on Cost Action TU1406 Findings (2021) Autorid: Matej Kušar, Aleksander Srdic
11. Sildade toimivus inimese näitel. Autor Sander Sein. Teeleht nr 97, sügis 2019
12. Raskete eriveoste mobiilsuse ning taristu seisukorrateadlikkuse pirandamine. Lisa B.1 (2020) Koostaja: Sander Sein
13. WG4 Technical Report. Preparation of a case study
14. <https://transpordiamet.ee/maanteed-veeteed-ohuruum/eesti-teedevork/sillad-riigiteedel>
15. Riigiteedel olevate sildade remondiobjektide valiku metoodiline juhend (2017) Transpordiamet
16. BMS süsteemi üldpõhimõtted (2016) Transpordiamet

17. Tools for road asset management: TEM recommendations for road operators. Published by the United Nations Economic Commission for Europe. (2021) Aruande koostajad: Professor Adam Zofka and Mr. Andrzej Maciejewski
18. Maanteeameti sillad 2019. aastal (2019) Aruande koostaja: Sander Sein
19. Eurokoodeks EVS-EN 1990:2002+NA:2002 Ehituskonstruksioonide projekteerimise alused (2002)
20. Raskete eriveoste mobiilsuse ning taristu seisukorradeadlikkuse parandamise uuringu koondaruanne (2020) Autorid: Ando Funk, Andreas Papp, Eerik Peeker, Sander Sein, Ivar Talvik
21. Majandus- ja taristuministri määrus Teedevõrgu liiklusohutuse hindamise nõuded. <https://www.riigiteataja.ee/akt/109122021005?leiaKehtiv>

LISAD

Lisa 1 Sillaremontide nimekiri 2022-2025.xlsx asub eraldi andmekandjal