Brita Puusemp

WAZE'I HOIATUSTE AUTOMAATNE KUVAMINE ELEKTROONILISTEL INFOTABLOODEL

LÕPUTÖÖ

Logistikainstituut

Transpordi- ja liikluskorralduse õppekava

Juhendaja: Rene Maas (TTK) ja Hannu Ploompuu (TRAM)

Tallinn 2023

Mina,

Brita Puusemp tõendan, et lõputöö on minu kirjutatud. Töö koostamisel kasutatud teiste autorite, sh juhendaja teostele on viidatud õiguspäraselt.

Kõik isiklikud ja varalised autoriõigused käesoleva lõputöö osas kuuluvad autori/te/le ainuisikuliselt ning need on kaitstud autoriõiguse seadusega.

Juhendaja (nimi, allkiri) Rene Maas /*allkirjastatud digitaalselt*/

Lõputöö on kaitsmisele lubatud logistikainstituudi direktori korraldusega nr 1-14/120 kuupäev 28.12.2022.

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Brita Puusemp
sünnikuupäev: 15.09.1998
annan Tallinna Tehnikakõrgkoolile (edaspidi kõrgkool) tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose

„Waze´i hoiatuste automaatne kuvamine elektroonilistel infotabloodel“

1. reprodutseerimiseks paberkandjal kõrgkooli raamatukogus avaldamise ja säilitamise eesmärgil;
2. elektroonseks avaldamiseks kõrgkooli repositooriumi kaudu;
3. kui lõputöö avaldamisele on instituudi direktori korraldusega kehtestatud tähtajaline piirang, lõputöö avaldada pärast piirangu lõppemist.

Olen teadlik, et nimetatud õigused jäävad alles ka autorile ja kinnitan, et:

1. lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid ega muid õigusi;
2. PDF-failina esitatud töö vastab täielikult kirjalikult esitatud tööle.

Tallinnas 05.01.2023 /*allkirjastatud digitaalselt*/

SISUKORD

SISSEJUHATUS 4
1. LIIKLUSJUHTIMINE EESTIS 6
1.1 Uurimusele eelnev praktika liiklejate hoiatamisel teel asuvate ohtude eest 7
1.2 Uue lahenduse eeldatav mõju liiklusjuhtimise kvaliteedile 8
2. NAVIGATSIOONIRAKENDUS WAZE 10
2.1 Waze´i andmestik 10
2.2 Waze´i parameetrid 12
2.3 Liiklejatelt saadud informatsiooni kasutamisega kaasnevad ohud 13
3. UURIMISMETOODIKA 15
4. ANDMEANLÜÜS 19
4.1 I Uurimus: Waze'i teavituste kvaliteet 19
4.2 II Uurimus: Waze'i teavituse parameetrite muutumine ajas 26
4.3 Uuringu tulemused 28
4.4 Järeldused 30
KOKKUVÕTE 35
SUMMARY 37
VIIDATUD ALLIKAD 39
LISAD 42
Lisa 1. Automatiseerimise parameetrid öisel ajal 43
Lisa 2. Võimalikud variandid teabest muutuva teabega infotabloodel ja tabloode pildid 44

SISSEJUHATUS

Taristu loomise ja ohutuse tagamise jätkusuutlikuse tõstmiseks on Euroopa transpordipoliitikas eesmärgiks seatud taristu ning transpordi- ja liikuvusteenuste digitaliseerimisemine [1]. See eeldab intelligentsete transpordisüsteemide (edaspidi ka ITS) kasutuselevõttu ja arendamist. Transpordiameti ITS arengukavas 2021-2025 on üheks põhieesmärgiks seatud liiklusteabe kättesaadavuse tagamine [1]. Arengukava lõpuaastaks on ettenähtud enamus liiklusjuhtimise protsesside automatiseerimine [1]. Antud lõputöö raames uuriti, kuidas kasutada populaarset navigatsioonirakendust Waze, et pakkuda kõikidele liiklejatele võrdseid võimalusi reaalaajas liiklusinfole.

Uurimistöö eesmärk on välja selgitada, kas Waze´i teavitused on piisavalt usaldusväärsed, et neid kasutada liiklusjuhtimises. Liiklejatelt saadud infol on suur potentsiaal intelligentsetes transpordisüsteemides [2]. Waze pakub oma koostööpartneritele anonüümset andmestiku, mis sisaldab kõiki teavituste andmeid. Selles töös uuritakse, kuidas kasutada Waze´i andmestiku, et kuvada rakenduses olevad hoiatused ka muutuva teabega elektroonilistele infotabloodele. Uurimuse käigus defineeritakse parameetrid, mille alusel saaks hoiatuste kuvamine infotabloodel toimuda automaatselt. Waze´i teavituste kvaliteedi hindamiseks viiakse läbi vaatlus ja andmete kogumine. Vaatluse alla võetakse põhimaanteedel märgitud Waze´i teavitused kategooriates: sõiduk teel, sõiduk teepeenral ja takistus teel. Teavituste usaldusväärsuse hindamiseks kõrvutatakse Waze´is märgitud teavitused liikluskaamera salvestisega konkreetsest sündmusest. Teavituse ja reaalse sündmuse võrdlemisel on võimalik analüüsida teavituste kvaliteeti. Automaatne hoiatuste kuvamine tõstab Eesti liiklusjuhtimise kvaliteeti ning liiklusjuhitavate maanteede ohutust. Täpse ja kiire liiklusinfo liiklejatele pakkumine vähendab liiklusohtlike olukordade tekkimise võimalusi. Liiklejate hoiatamise olulisus on eriti kriitiline liiklusjuhitavatel teelõikudel, sest seal on üldjuhul kehtestatud suurendatud piirkiirused. Suurte kiiruste korral suureneb ka teel olevate takistuste ohtlikkus liiklejatele [3].

Autor valis selle uurimistöö teema, et täiendada Eesti liiklusjuhtimiskeskuse töövahendeid. Lisaks lähtuvalt isiklikust huvist liiklusjuhtimise ja intelligentsete transpordisüsteemide vastu. Muuhulgas andis töö võimaluse uurida liiklejatelt saadud liiklusinfo eripärasid.

Töö eesmärgini jõudmiseks püstitatud uurimusküsimused:

- Kas Waze´i andmestik on piisavalt usaldusväärne, et kasutada liiklusjuhtimises?
- Milliste kriteeriumite põhjal valida, milliseid hoiatusi kuvada?

- Millised riskid kaasnevad teavituste automaatse kuvamisega?
- Kas ja kuidas see tõstab Eesti liiklusjuhtimise teenuse kvaliteeti?

Selliselt püstitatud uurimusküsimused on vajalikud, et vaadelda hoiatuste automatiseerimise igat aspekti enne lahenduse kasutuselevõttu. Hetkel seisneb probleem selles, et käsitsi tabloode juhtimine on mittesüsteemne ning seega on teavitamise kvaliteet väga ebaühtlane. Andme- ja töövoo automatiseerimine tagab ühtlasel tasemel teavituse. Samas tuleb kindlaks teha, et liiklejatelt saadud info on piisavalt kvaliteetne.

Töö eesmärgi teostamiseks viiakse läbi lisaks eelnimetatud vaatlustele ka andmete kogumine Waze´i parameetrite muutumise kohta ajas. Autor uurib, kuidas kasutavad Waze´i andmestiku enda liisklusjuhtimises teised riigid. Töö on uudne Eestis, sest esmakordselt luuakse automaatne liiklusjuhtimise lahendus, mille tööks kasutatakse otse liiklejatelt saadud andmeid. Kuid samuti innovatiivne maailma mõistes.

Lätis on varasemalt kasutatud Waze´i andmestiku, et automatiseerida infovoog teehooldajate hooldeinfosüteemi [4]. Rootsis integreeriti Waze´i teavitused riikliku liiklusinfo andmebaasi. Andmestiku kasutatakse, kuid mitte automatiseeritult [5].

Euroopa Liidu ITS direktiivis on prioriteetseks meetmeks seatud reaalajas saadava liiklusinfo pakkumine kõigis Liidu riikides [6]. Eestis juhitakse kõiki muutuvateabega liiklusmärke riigimaanteedel Transpordiameti liiklusjuhtimiskeskuses. Liiklusjuhtimiskeskus opereerib hetkeseisuga 186 muutuva teabega liiklusmärki, millest 33 on infotablood. Liskas viis elektroonilist hoiatusmärki, millel on võimalik kuvada lühikest teksti. Muutuva teabega elektrooniline liiklusmärk on LED-tehnoloogial valmistatud märk, millel on võimalik infot kuvada vastavalt vajadusele [7]. Kogu Eesti liiklusinfo süstematiseerimiseks on kasulik arendada automaatne Waze´i teavituste kuvamise lahendus.

Autor annab töös ülevaate Eesti liiklusjuhtimisest, navigatsioonirakendusest Waze, töö käigus tehtud järeldustest, tulemustest ning uurimismetoodikast.

1. LIIKLUSJUHTIMINE EESTIS

Maanteeinfo operatiivne kogumine sai alguse 1997. aastal. Algselt ostis Maanteeamet teeinfo kogumise ja jagamise teenust riigihankel leitud pakkujalt. Seoses kriisiga 2010. aastal toimunud lumetorm „Monika“ tõttu otsustati, et on vaja tugevdada Maanteeinfokeskuse infotehnoloogilist arengut ning kriisikommunikatsiooni korraldamist. Alates 1. jaanuarist 2012 hakkas Maanteeinfokeskus tegutsema Maanteeameti struktuurüksusena. See aitas kaasa teenuse kiirele arengule. [8]

Sellest ajast peale on maanteeinfo teenuse korraldus muutunud veelgi. Tänaseks päevaks on maanteeinfo telefon koondunud häirekeskuse riigiinfo telefoni teenuse alla [9]. Samas täidab endise Maanteeinfokeskuse osasid ülesandeid 2017. aastal loodud Liiklusjuhtimiskeskus. Hetkel tagab keskuse töötamise Transpordiameti maanteeliikluse juhtimise üksus. Keskuse ülesanne on anda maanteeliiklejatele operatiivset infot [10]. Peamine teenus on muutuva teabega liiklusmärkide juhtimine, et tagada ohutu ja sujuv liiklus, pakkudes liiklejale parimat liikluskeskkonda.

Algselt olid muutuva teabega liiklusmärgid vaid Tallinn-Pärnu-Ikla maanteel. Lõigul Tallinna linnapiirist Ääsmäeni oli kokku 28 muutuvat kiirusemärki ja 3 suurt infotablood. Lisaks kaks infotablood Märjamaal, üks Saugal ja üks Iklas. [8] Aastatega on liiklusjuhitavate maanteede maht oluliselt kasvanud. Hetkeseisuga opereerib Liiklusjuhtimiskeskus 186 muutuva teabega liiklusmärki. Märkide maht on aastatega pidevalt kasvamas seoses taristu, liikluskorraldusvahendite ja lahenduste uuendamisega.

Hetkeseisuga (jaanuar 2023) on kõikidest elektroonilistelt liiklusmärkidest 69 muutuvat kiirusemärki, 76 kiiruse- ja hoiatusmärgi kombinatsiooni, 33 infotablood ning 8 muutuvat hoiatusmärki. Eestis on 2023. aasta jaanuari seisuga kaks kiirusjuhitavat maanteelõiku. Tallinn-Tartu-Võru-Luhamaa maanteel on elektroonilised liiklusmärgid 58 kilomeetri pikkusel lõigul Tallinna linnapiirist Võõbuni ja Tallinn-Pärnu-Ikla maanteel 13 kilomeetrisel lõigul Tallinna linnapiirist Ääsmäeni. Lisaks asuvad viimasel maanteel infotablood Märjamaal, Saugal, Raekülas ja Iklas. Kaks suurt tablood asuvad ka Risti-Virtsu-Kuivastu-Kuressaare maantee ja Ääsmäe-Haapsalu-Rohuküla maantee ristumisel. Hiljuti lisandus suur infotabloo Tallinn-Tartu maanteel Kardlas. Lisaks on kasutusel väiksemad infotablood, mida on hetkeseisuga kokku 15 üle Eesti Luhamaa ja Koidula piiripunktis asub kaks väga suurt infotablood. Automatiseeritud lahendusega on plaanitud ühildada kõik tablood välja arvatud piiripunktides asuvad ning viis hoiatusmärki, millel on võimalik kuvada vähest teksti. Kokku hakkab töö eesmärgi täitumisel lahenduse põhjal töötama 36 infotablood Eesti eripaigus (Joonis 1).

Joonis 1. Muutuva teabega infotabloode asukohad

Elektrooniliste liiklusmärkide asukohtade ja mahtude andmed on võetud Transpordiameti sisesest dokumendist „VMS-ide asukohtade tabel“. Järgmisena käivituvad muutuva teabega märgid Tallinn-Tartu maantee Võõbu-Mäo lõigul. Järgneva kahe aasta jooksul on elektrooniliste liiklusmärkide mahu eeldatav kasv kahekordne [11].

1.1 Uurimusele eelnev praktika liiklejate hoiatamisel teel asuvate ohtude eest

Eesti liiklusjuhtimises lähtutakse elektrooniliste märkide juhtimisel teeoludest, liiklussagedusest ja sündmustest maanteedel. Vastavalt teeoludele ja liiklussagedusele on loodud juhtimisstrateegiad, mille põhjal toimub täis- ja poolautomaatne märkide juhtimine. Teave juhtimisstrateegiate kohat on saadud liiklusjuhtimiskeskuse avaldmata dokumendist „Juhtimsisreeglite tabel“. Muutuva teabega märke juhivad liiklusjuhtimiskeskuses liiklusjuhid. Tööks vajalikud töövahendid on teeseadmed: tee- ja liikluskaamerad, liiklussageduse loenduspunktid ning teeilmajaamad. Lisaks teeseadmetele saavad liiklusjuhid infot Waze’i kaardirakendusest, riigiinfo telefoni teenuse edastatud teavitustest ja sotsiaalmeedia kanalitest. Uuringule eelnevalt kuvatakse infotabloodel automaatselt häirekeskusest tulevad avarii teated. Kui teel on liiklusõnnetus, millest hädaabi pole teavitatud või takistus, peab vastava teavituse infotabloole panema liiklusjuht.

Infotabloode juhtimiseks on juhtimissüsteemis eelsalvestatud sõnumid, mida kõige sagedamini võib vaja minna. Sinna hulka kuuluvad ka teavitused seisvatest sõidukitest, takistusest teel ja avariidest. Esmast infot sündmuse kohta on võimalik edastada kiiresti. Põhiliselt mõjutab teavituse kvaliteeti sündmuse avastamine ja selle kohta saadaoleva info olemasolu. Juhtimiskeskusele edastatakse kõik riigiinfo telefonile laekunud teated ning Waze´i avarii raportid automaatselt. Waze´i kaardirakendusest muu info saamiseks peab liiklusjuht kaarti töö jooksul pidevalt jälgima. Samuti toimub liikluskaamerate jälgimine pisteliselt teiste tööülesannete kõrvalt. Korraga töötab keskuses nädala sees kaks liiklusjuhti. Vastavalt tööjaotusele on ühe liiklusjuhi ülesanne muutuva teabega märkide ja teiste teeseadmete operatiivne juhtimine. Samuti liikluspiirangute ja – info avalikustamine. Teine liiklusjuht tegeleb vahetuse jooksul üldiselt eriveo lubade väljastamisega. Liiklusjuhtide töövahendite ja ülesannete kirjeldus pärineb hetkeseisuga avalikustamata tööjuhendist.

Liiklusjuhitavate maanteelõikude kasv eeldab ressursside suurenemist või juhtimissüsteemide automatiseerimist, et inimese poolne töö protsessides väheneks. Tänapäeval on tehnoloogia niivõrd arenenud, et eesmärgina võib pidevalt püüelda terve liiklusjuhtimisteenuse automatiseerimise poole.

1.2 Uue lahenduse eeldatav mõju liiklusjuhtimise kvaliteedile

Nagu eelnevalt mainitud peab liiklusjuht Waze´i kaarti jälgima pidevalt teiste tööülesannete kõrvalt. Uue lahenduse implementeerimisel ei ole pidev kaardi jälgimine enam sel määral vajalik. Kusjuures kõik teavitused, mis on nähtavad Waze´i mobiilirakenduses ei kajastu veebipõhisel kaardil. See tähendab, et liiklusjuhil ei olegi pidevalt ülevaadet kõikidest raportidest, mis liiklejad on lisanud. Automatiseeritud lahendus vähendab inimese poolset tööd juhtimisprotsessides. Kui infotabloode teavitus kauguses asub oht, saavad info sellest nii liiklejad kui liiklusjuhid automaatselt. Edaspidi saab liiklusjuht asuda sündmust jälgima peale selle kohta teavituse saamist. Kontrollida, kas sündmus asub kaamera vaateväljas või on laekunud lisainfot muudest allikatest. Lahendus vähendab liiklusjuhi ajakulu info hankimisel ning fookus läheb rohkem operatiivsele juhtimisele ja süsteemide jälgimisele.

Automatiseeritud süsteem tagab ohtudest teavitamise operatiivsuse ja kvaliteedi. Kuni protsessid toimuvad lähtuvalt inimese panusest ei ole teavitus kvaliteet ühtlane. Uue lahenduse suur eelis on selle toimimine ka öisel ajal kui inimese panust märkide juhtimisel ei ole. Varasemalt polegi öisel ajal peale avarii teadete, infot ohtude kohta jagatud. Kuid just pimedal ajal võib sellise hoiatuse olemasolu olla eriti kriitiline. Uus lahendus suurendab liiklusjuhtimiskeskuse operatiivsust. Paremad töövahendid võimaldavad liiklejatele pakkuda olulist infot kiiresti.

Virginia Tranpordiuuringute Nõukogu viis 2019. aastal läbi uurimuse Waze´i teavituste vaatlemiseks. Uuringu järeldustes toodi välja, et kasutades Waze´i andmestiku liiklusjuhtimises on võimalik vähendada intsidentidele reageerimise kiirust ja pakkuda ajakohast infot sündmuse alguse ajast. Samuti reageerida kiiremini likvideerimist vajavate takistuste puhul. Seeläbi suurendada liiklusohutust ja vähendada liiklusõnnetuste toimumise võimalust teel asetsevate takistuste tõttu. Antud uurimuses toodi välja, et suure valeteavituste osakaalu tõttu ei saa Waze´i seisev sõiduk teavitusi integreerida andmebaasi liiklusinfo kogumise eesmärgil. Teavitused tuleks alati läbi liikluskaamerate või muude allikate kinnitada. Selle uurimuse põhjal ei ole Waze´i teavitused seisavatest sõidukitest piisavalt usaldusväärsed, et neid automatiseeritud lahenduses kasutada. [12] Ebakvaliteetse info kasutamine vähendab ka kogu liiklusjuhtimise teenuse kvaliteeti. Samas tuleb silmas pidada, et eelnimetatud uurimus viidi läbi suurlinna kiirteel, kus on väga suur liiklussagedus.

Liiklusohutuse vaatepunktist on maanteedel liiklejate ohtudest informeerimine hädavajalik. Põhiline tegur, mis määrab liiklusõnnetuste toimumise tõenäosuse teel asetsevate takistuste tõttu on sõiduki kiirus ja juhi reaktsiooniaeg [3]. Infotabloode kasutamise põhimõte seisneb selles, et liiklejal on reaalaajas info, mille põhjal korrigeerida oma sõidustiili. Info tablool ei muuda liikluskeskkonda ohutumaks kui liiklejad ise selle põhjal oma käitumist ei muuda. Selleks, et suurendada liiklusjuhitavate maanteede ohutust ja tõsta liiklusjuhtimise kvaliteeti tuleks kaaluda muutuva teabega kiirumärkide kaasamist lahendusse. Kui takistus või seisev sõiduk asub liiklusjuhitaval maanteelõigul alandada eelneval kiirusmärgil piirkiirust. Kiiruse- ja hoitatusmärgi kombinatsiooni korral lisada ka hoiatusmärk. Mitmed uurimustööd näitavad, et muutuva teabega kiirumärkidel on positiivne mõju liiklusohutusele ja juhtide käitumisele [13], [14]. Liiklejad juhinduvad elektroonilistel kiirusemärkidel kehtestatud piirangutest [13]. 2021. aastal Kanadas läbi viidud uurimuses toodi välja, et tõsiste liiklusõnnetuste tõenäosus maanteel vähenes peale muutuva teabega kiirusmärkide kasutusele võttu 34,8% [14].

2. NAVIGATSIOONIRAKENDUS WAZE

Waze on maailmas teisel kohal enim kasutatud navigatsioonirakendus [15]. Waze´i kogukonna andmetel on Eestis üle 60 000 unikaalse Waze´i rakenduse kasutajat päevas. See on liiklejate seas populaarne, sest pakub peale navigeerimise ka teisi teenuseid. Eestis on väga populaarne kasutada rakenduse võimalust lisada ja vaadata reaalajas liiklusteavitusi. Igal rakenduse kasutajal on võimalus panustada kaardi loomisesse. Kaardi uuendusi ehk raporteid saab lisada erinevate sündmuste kohta kümnes erinevas kategoorias: ummik, politsei, liiklusõnnetus, oht, kütuse hind, kaardisõnum, kaardi viga, huvipunkt, teeäärne abi, teesulg [16]. Antud uurimustöös keskenduti kategooriale oht ja selle kasutamise võimalustele.

Teavituse lisamise võimalus tõstab maanteede ohutust. Saadaolev reaalajas liiklusinfo muudab navigeerimise adekvaatseks vastavalt hetke olukorrale. Liiklejate vaheline infovahetus võimaldab turvalisemalt liigelda. Kui liikleja jagab enda kogemust teel, oskavad ülejäänud tänu sellele parema marsruudi valida või valmis olla eesootavaks.

Waze´i koondunud info ei ole kasulik, vaid liiklejatele. Liiklusjuhtimises püüeldakse pidevalt täpseima ja kiireima info kättesaadavuse poole. Kui maanteel midagi juhtub, teavad sellest esimesena just liiklejad. Liikluskaamerate nähtavusulatus on Eesti põhimaanteede kogupikkusega võrreldes väga väike. Liiklusjuhtimissüsteemide automatiseerimiseks on oluline uurida, kuidas saab selleks kasutada kõiki võimalikke liiklusinfo andmestike.

2.1 Waze´i andmestik

Waze´i ettevõtte on loonud programmi „Waze linnadele“ (ingl. k. *waze for cities*). Programm on loodud, et vastavad avaliku sektori asutused pääseksid ligi infole, mis võimaldab teha kogukonna mõjuga otsuseid. Waze ootab partneritelt vastu infot teesulgemiste, teetööde, suurürituste, liiklusõnnetuste ja muude oluliste liiklussündmuste kohta. Waze´i andmestik pakub reaalajas uuenevat infot rakenduse kasutajate märgitud teavituste kohta. [17] Endine Maanteeamet liitus programmiga 2015. aastal [18].

Waze´i andmestik sisaldab raporti lisamise asukoha koordinaate ja teavitaja liikumise suunda asimuudi järgi. Asukohta kirjeldab andmestikus ka riigi, linna ja tänava nimi. Tee tüüp ei ole seoses Eesti teede võrgustikuga, kuid kirjeldab tee liiki. Andmestik sisaldab veel teavituse parameetreid:

usaldusväärsus, kindlus, raporteerimise reiting ja meeldimiste arv. Samuti teavituse tüüpi ja alakategooriat. Sündmuse alguse kellaaeg ja kuupäev on unix vormingus. [19]

Waze´i andmestikus teave ühe teavituse kohta:

{"country":"EN","nThumbsUp":33,"city":"Kurna","reportRating":3,"confidence":5,"reliability":10,"type":"WEATHERHAZARD","uuid":"33ecd91c-8422-4a18-877d-a75cc7e91dc6","roadType":3,"magvar":140,"subtype":"HAZARD_ON_ROAD_OBJECT","street":"[E263]","location":{"x":24.899401,"y":59.342125},"pubMillis":1669284769000}

Waze´ilt saadaoleva andmestiku kvaliteedi hindamiseks on välismaal tehtud mitmeid iseseisvaid uurimustöid. Ameerika Ühendriikdes viidi 2019. aastal läbi uurimustöö antud tööga sarnase metoodikaga. Uurimuse alla võeti kindlal 4 kilomeetrisel maantee lõigul 36 päeva jooksul märgitud Waze´i teavitused liiklusõnnetustest ja sõidukitest teel või teepeenral. Kõikidest seisvate sõidukite hoiatustest tuvastati kaamera vaateväljas 26% teavitustest. Neist ligikaudu pooled olid valeteavitused. Samas vaadeldi ka Waze´i avarii raporteid, mille koguarvust 40-st olid valeteavitused vaid kaks. Uurimuses toodi välja, et seost Waze´i raporteerimise reitingu skoori ja sündmuse tegelikkuse vahel ei leitud. Samuti ei seostunud teavituse kestus selle kvaliteediga. Töö tulemusena leiti siiski, et Waze´i andmestik on väärtuslik täiendav andmeallikas. [12]

2018. aastal viidi samuti Ameerika Ühendriikides läbi uuring hindamaks Waze´i teavituste usaldusväärsust. Selles töös võrreldi ühe aasta Waze´i andmestikku Iowa ITS süsteemides salvestatud raporteeritud sündmuste andmestikuga. Uuringus leiti, et kõikidest ITS süsteemis salvestatud intsidentidest kajastus 43,2% sündmustest ka Waze´i andmestikus. Selles töös olid vaatluse all teavitused kategooriates: liiklusõnnetus, ummik ja seisev sõiduk. Uuringu tulemusena väideti, et Waze´i andmestik on hindamatu infoallikas laiaulatuslikuks liikluse monitooringuks. Lisaks leiti, et Waze´i teavitused sündmuse kohta ilmuvad teiste infoallikatega võrreldes keskmiselt 9.8 minutit kiiremini. Toodi välja, et teavitused ei pruugi olla sama usaldusväärsed öisel ajal (00.00-06.00), kui liiklejaid ning ka Waze´i kasutajaid on liikluses vähem. [20]

Lätis võeti 2019. aasta novembris kasutusele Waze´i andmestiku põhjal loodud lahendus teehooldajate teavitamiseks. Waze´i teavitused, mis puudutavad teehoolde valdkonda edastatakse vastava piirkonna hooldajale läbi hooldeinfo süsteemi. Lahenduse kasutusaja põhjal tehtud järeldustest selgus, et 64% teavitustest teel toimuvast jõudis teehooldajateni just läbi Waze´i. Teine suur osa, 30% ohtudest teel teavitasid liiklejad Liiklusinfo telefoni kaudu. [4]

Võrreldes teiste liiklusinfo kogumise meetoditega ei ole otse liiklejatelt saadud info puhul vajalik teeandurite paigaldamine. Lisaks kulusäästlikusele võimaldab liiklejatelt saadud info koguda andmeid, mida anduritega ei olegi võimalik tuvastada. [21] *CrowdITS* on ITS süsteemide arendamise lähenemisviis, mis lähtub liiklejate poolse sisendi ja sensoorsete andmete kasutamisest tervikliku süsteemi loomiseks [2].

Varasematel uuringutel tuginemine annad Waze´i andmestiku kohta väärtusliku infot. Samas tuleb silmas pidada, et liiklejate käitumises ja rakenduse kasutamises on eri riikides erisusi. Liiklejatelt saadud informatsiooni operatiivsus sõltub liiklussagedusest. Mida rohkem liiklejaid kasutab võimalikult täpselt Waze´i rakenduse teavitamise funktsiooni, seda täpsem ja kiirem on info sündmuste kohta maanteedel. Nagu mainitud on Eestis suur Waze´i kasutajate arv. Waze´i Eesti andmestiku uurimine annab ülevaate selle iseärasuste ja trendide kohta. Varasematest uuringutest selgub, et valeteavituste osakaal võib osutada probleemiks Waze´i andmete kasutamisel. Samas on hea tõdeda, et kõikide eelnevate uuringute tulemustes tuuakse välja, et läbi Waze´i edastatakse kõige rohkem ja kiiremini infot.

2.2 Waze´i parameetrid

Waze on rakenduses saadaoleva liiklusinfo kvaliteedi hindamiseks välja töötanud skoori süsteemi. Teavituste usaldusväärsuse hindamiseks võetakse arvesse kasutaja varasemat rakenduse kasutamise kogemust ja teiste liiklejate reageerimist teavitusele. Waze´i andmestik sisaldab nelja parameetrit.

Confidence ehk usaldusväärsuse skoor kirjeldab, kuidas reageerivad teavitusele teised kasutajad. Sõidu ajal kellegi lisatud raportist mööudes saavad kasutajad teavituse tõesust hinnata. Kasutajad saavad raporteerida, et teavitatud sündmust hetkel ei eksisteeri ehk märkida „ei ole seal“ või kinnitada õigsust meeldimise lisamisega. Lisaks on võimalik sündmuse kohta kirjutada täpsustavaid kommentaare. Usaldusväärsuse skoor on ajas muutuv seoses meeldimiste, kommentaaride ja „ei ole seal“ lisamiste arvuga. Väärtus võib olla vahemikus miinus ühest kuni viieni. Skoori negatiivne väärtus ilmneb kui raportil ei ole ühtegi meeldimist ega kommentaari ning on lisatud vähemalt kaks „ei ole seal“ reaktsiooni.

Reliability ehk kindluse skoor sõltub raporteerimise reitingust ja reaktsioonidest, mida teavitus saab. Usalduse skoori väärtus kujuneb skaalal nullist kümneni ning on ajas muutuv. Reeglina on kindluse skoori esmane väärtus viis. Vähestel juhtudel kui kõrgel tasemel kasutaja on teavituse kohta pannud „ei ole seal“, on raporti kindluse skoor alla viie.

Waze´i andmestikus on eraldi välja toodud teavituse meeldimiste arv. Seda kui palju on kasutajad teavitust valeks hinnanud andmestikus välja toodud ei ole.

Raport rating ehk raporteerimise reiting on skoor, mis näitab esmase teavitaja usaldusväärsust. Selle väärtus ei ole ajas muutuv. Kasutajat hinnatakse tema taseme põhjal. Rakenduses on kaks erinevat tasemete arvestus süsteemi. Üks on tavakasutajate ja teine kaardi edendajate kogemuse määramiseks. Taseme põhjal kujuneb skoor, mille väärtus võib olla ühest kuueni. Tasemed kujunevad kasutaja aktiivsusest ja ajaloost kaardi paremaks muutmisel.

Waze´i skooride definitsioonid on võetud Waze´i veebileheküljelt, mis on kättesaadav ainult partneritele. Töö teostamiseks saadi ligipääs Transpordiameti kaudu.

2.3 Liiklejatelt saadud informatsiooni kasutamisega kaasnevad ohud

Liiklejatelt saadud informatsioon on liiklusinfo liik. Andmeid kogutakse aktiivse GPS-iga nutitelefonidelt ja sõidukitelt [22]. Samuti saavad reaalajas infot jagada liiklejad ise läbi erinevate platvormide. Põhiliselt edastatakse infot liikluse kohta riigiinfo telefonile, sotsiaalmeedias või vastavas telefoni rakenduses. Kõige enam kasutatakse selleks kaardirakendust Google Maps või Waze [15]. Sotsiaalmeedia kanalitest on kõige populaarsemad liiklusinfo jagamiseks Facebook ja Twitter [23]. Eestis ei ole varem liiklejatelt saadud infot automatiseeritult liiklusjuhtimises kasutatud.

Waze´i rakenduse kasutajatel on võimalik raportite eest punkte saada. Punktide põhjal kujuneb rakenduses kasutaja tase ja koht edetabelis. [24] Kasutajate omavaheline võistlus aspekt lisab motivatsiooni kaardile raporteid lisada. See võib mõjutada teavituste kvaliteeti nii positiivses kui ka negatiivses suunas. Teavituste lisamine ainult punktide kogumise eesmärgil võib seostada valeteavituste ilmnemisega. Eelnevad uurimused viitavad, et valeteavituste osakaal võib automatiseeritud lahenduse loomisel osutuda oluliseks piiranguks.

2019. aastal Rootsis Uppsala ülikoolis läbi viidud uurimuses toodi välja, et kuigi Waze pakub igale teavitusele usaldusväärsuse ja kindluse skoori, ei ole need parameetrid, millest peaks ainuüksi lähtuma. Toodi välja, et liiklejatelt saadud info kasutamisel on ja jääb alatiseks suurimaks miinuseks liiklejate võimalik pahatahtlik käitumine. Eelkõige platvormidel, mis pakuvad kasutajatele anonüümsust. Liiklusjuhtimises ei tohi kasutada ebamääraseid andmeid. Seetõttu, peaks peale rakenduse skooride kaaluma muid võimalusi teavituste õigsuse hindamiseks. [5]

Liiklejatelt saadud informatsiooni automaatse kuvamisega võivad peale valeteavituste kaasneda teised riskid. Näiteks esineda vale kategoriseerimist. Sel juhul läheks ka infotabloole vale teave.

Samuti tuleb ohuna kaaluda ka liiklejate Waze´i kasutamise langust kui hoiatused ilmuvad infotabloole. Selleks, et liiklejad kasutaksid edaspidi Waze´i teavitamise funktsiooni ja lisaks meeldimisi adekvaatsetele teavitusetele, tuleb liiklejaid teavitada uue lahenduse implementeerimiset. Nii saavad liiklejad teadlikult panustada ohutu keskkonna loomisesse.

Liiklejatelt saadud info ei ole järjepidev ja kinnitus intsidentide kohta pole reeglipärane [21]. Teavituste meeldimiste arv on hea parameeter, mille alusel sündmuse tegelikkust ja kestust hinnata. Samas tuleb silmas pidada, et seatud kriteeriumid oleks võimalikud hõlmavad. Sobilikud iga teavituse põhjal hoiatuse kuvamise algust määrama. Lisaks tuleb määrata, kas teavet infotablool saab hoida sama kaua kui kestab teavitus Waze´is. Hoiatus ei tohi kaduda infotabloolt liiga vara või hilja. Kuna liiklejatelt saadud infol ei esine reeglipärast kinnitust, tuleb automatiseerimis parameetrid seada selliselt, et lahendus toimiks igal juhul hoolimata liiklussagedusest ja Waze´i kasutajate arvukusest teel. See võib eeldada igale tabloole erisuguste automatiseerimis tingimuste seadmist.

3. UURIMISMETOODIKA

Uurimuses kasutatakse kombineeritud uurimisstrateegiat, et läbi viia uuring praktilise probleemi lahendamiseks. Kahe andmestiku kogumisel ja analüüsimisel lähtutakse kvantitatiivsetest meetoditest. Uurimuses võetakse kasutusele kaks andmekogumise meetodit. Videoandmed ja vaatlusandmed moodustavad tervikliku andmestiku. Töö tulemused põhinevad järelduste põhjal tehtud hinnangutel. Uurimuse teostamiseks defineeriti kaks valimit. Esimese valimi uurimise eesmärk on Waze´i teavituste kvaliteedi hindamine. Teise valimi uurimisel on sihiks uurida seoseid Waze´i parameetrite muutumise kohta ajas.

Esimese uurimuse puhul kujunes andmete üldkogumist ehk kõikidest Waze'i teavitustest valimiks vaid kindlatel teelõikudel märgitud teavitused. Vaatluse all olevad teelõigud määrati liikluskaamerate vaatevälja põhjal. Uurimuse andmestik on kõik Waze'i teavitused, millele on olemas vastava intsidendi videosalvestis. Andmete analüüsiks kõrvutati teel märgitud ohtude andmestik videosalvestistega. Sel viisil sai verifitseerida, kas teel oli ohuallikas, kui kiiresti liiklejad selle märkisid ning kui suurt ohtu see tegelikult kujutas. Uurimuses keskenduti kolmele teavituse tüübile: sõiduk teel, sõiduk teepeenral ja takistus teel. Andmete kogumine viidi läbi kahe erineva perioodi jooksul. Suveperioodil 15. juuli 2022 – 27. august 2022 ja sügisperioodil 25. september 2022– 25. oktoober 2022. Suveperioodil on suurem liiklussagedus ning Waze'i rakenduse kasutajad on aktiivsemad. Sügisperioodil on võimalik näha liikluse tavaolukorda. Kellajaliselt piiranguid andmete vaatlusel ei seatud, kuid pimedal ajal ei olnud videosalvestiste vaatlemine võimalik. Samuti kitsendas valmit halvad ilmastiku tingimused nagu udu ja tihe sadu, mis mõjutavad kaamera nähtavulatust. Uurimuse alla kuulunud Waze´i teavitused asusid liikluskaamera vaateväljas Tallinn-Tartu-Võru-Luhamaa maanteel Tallinn-Võõbu lõigul ja Tallinn-Pärnu-Ikla maanteel Tallinn-Ääsmäe lõigul. Kokku kasutati 11 liikluskaamerat. Uurimustöös kasutati Waze´i teavituste kõrvutamist videosalvestistega, sest selline metoodika on kindel viis, kuidas hinnata hoiatuse vastavust tegelikule olukorrale. Töö valimit piirab liikluskaamerate nähtavusulatus ja arvukus. Kõikidest kaameratest kuus asuvad liiklussõlmedes. Liiklussõlmedes leiavad paljud intidendid aset aeglustus- ja kiirendusradadel. Nende intsidentide natuur erineb maantee ääres olevatest. Samuti ei asu ükski juhitav liikluskaamera kaherajalisel maanteel. Seetõttu ei olnud sealsete teavituste ja sündmuste iseärasusi võimalik uurida. Sündmuste vaatlemine ei olnud võimalik pimedal ajal ja halva nähtavuse korral, mis võis olla tingitud udust või tihedast sajust.

I Uurimuse andmestik sisaldab:

- Teavituse tüüp;
- Liikluskaamera asukoht;
- Sündmuse algus- ja lõpu kuupäev;
- Sündmuse algus ja lõpu kellaaeg kaamera järgi;
- Esmase teavituse ilmumise aeg Waze´i;
- Teavituse kadumise aeg Waze´i kaardilt;
- Waze´i sündmuse kirjeldus;
- Sündmuse kirjeldus videosalvestise põhjal;
- Teavituste arv ühe sündmuse kohta;
- Hinnang, kas sündmusest oleks pidanud teavitama liiklejaid;
- Teave, mida liiklejatele sündmuse kohta tuleks jagada;
- Teavituse Waze´i parameetrid.

Sündmuse ohtlikkuse hindamisel lähtuti muutuva teabega liiklusmärkide juhtimise juhendist ning töö autori töökogemustest ja väljaõppest liiklusjuhtimiskeskuses. Andmestiku kogumisel oli eesmärk võimalikult täpsete ja objektiivsete hinnanguteni jõudmine.

Uurimuse läbiviimiseks vajalikud vahendid olid veebilehekülg, mis võimaldas vaadata Waze´i teavituste ajalugu, liikluskaamerate salvestised ning liiklusjuhtimiskeskuse muutuvateabega liiklusmärkide juhtimise juhend. Teavituste ajaloo vaatamiseks kasutati teenusepakkuja Trafmine veebipõhist vahendit (trafmine.com). Lehel oli iga teavituse kohta infoaken.

Joonis 2. Trafmine veebilehel infoaken ühe teavituse kohta [25]

Liikluskaamerate salvestistele saadi ligipääs liiklusjuhtimiskeskuses.

Teiseks valimiks olid vaatamise ajast kõik viimase 30 minuti jooksul põhimaanteedele märgitud Waze´i hoiatused. Samade kategooriate teavitused sarnaselt eelmise uurimusega: sõiduk teel, sõiduk teepeenral või takistus teel. Andmestiku kogumiseks hoiti pidevalt silma peal Waze´i reaalajas kaardil (waze.com/live-map). Kui ilmus uus teavitus fikseeriti selle kohta andmed.

II Uurimuse andmestik sisaldab:

- Waze´i parameetrid;
- Info sündmuse kohta kui see on liikluskaamerast nähtav;
- Waze´i teavituse ilmumise aeg;
- Andmete fikseerimise kellaaeg.

Sama teavituse kohta andmete kirjutamisega jätkati iga viie minuti tagant kuni teavitus oli lõpuks 30 minutit vana. Waze´i parameetritena kirjeldatakse siin töös rakenduse poolt seatud skoore, mis on iseloomulikud igale teavitusele. Waze´i loodud skoori süsteem sisaldab kindluse, usaldusvääruse, raporteerimise reitingu ja meeldimiste arvu parameetreid. Skooride põhimõtted on lahti seletatud eelnevas töö peatükis. Selline andmete esitamise metoodika võimaldas leida seoseid Waze´i skooride muutumise kohta ajas.

Valimi uurimiseks vajalikud vahendid olid Waze´i reaalajas uuenev andmestik ja rakenduse kaart. Waze´i andmestik on kättesaadav kõigile teenusepakkuja partneritele. Waze pakub linnade transpordikorraldajatele anonüümset andmestiku liikluskorralduse arendamiseks.

Mõlema uurimuse andmestik süstematiseeriti ja analüüsiti tabelarvutustarkvara Excel abil.

Esimese valimi põhjal kogutud andmestiku analüüsimiseks vaatles töö autor erinevaid aspekte, et leida võimalikult palju andmestikus esinevaid seoseid. Järeldusi tehti kogu andmestiku ja hoiatust vajavate teavituste põhjal. Andmeanalüüsi käigus vaadeldi esinevaid sagedusi Waze´i teavituste ilmumise reaktsiooniaegades. Lisaks käsitleti andmestikus esinevaid valesti kategoriseerimisi ja valeteavitusi. Vaadeldi teavituste asukoha ja kestuse iseärasusi. Samuti kõrvutati Waze´i teavituste kestust rakenduses tegeliku sündmuse omaga. Leiti infotablool hoiatust vajavate teavituste ja nende tüüpide osakaal kogu andmestikus.

Teise valimi põhjal kogutud andmetega viidi läbi regressioonanalüüs. Analüüsi eesmärk oli vaadelda Waze´i parameetrite muutumise trende ajas ja seoses üksteisega. Lineaarses regressioonimudelis on

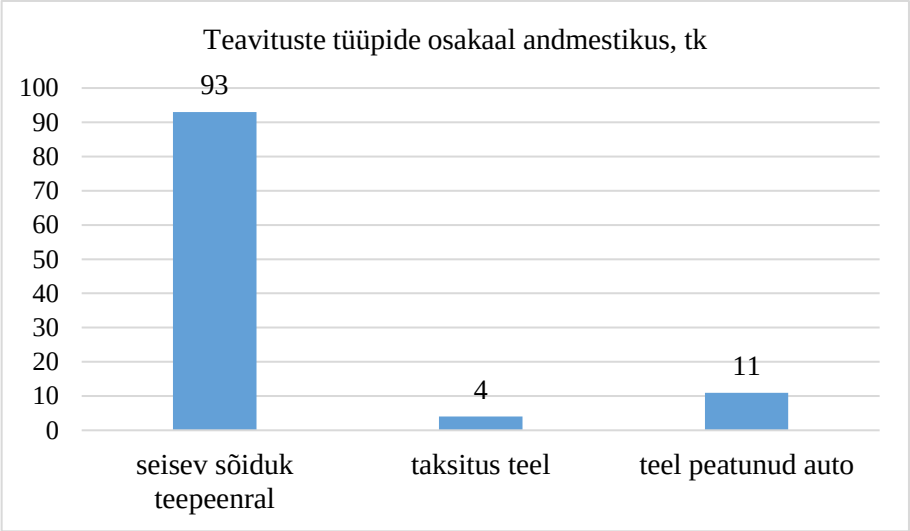
antud analüüsi käigus seletavaks tunnuseks määratud teavituse vanus ja sõltuvaks tunnuseks vaadeldav parameeter. Skooride omavaheliste seoste analüüsimisel võeti vaatluse alla kolm parameetrit: meeldimiste arv, usaldusväärsuse ja kindluse skoor. Seletavaks tunnuseks oli meeldimiste arv ja sõltuvaks tunnuseks vastavalt kumbki skoor. Samuti vaadeldi parameetrite omavahelist sõltuvust. Parameetrite omavahelise tegeliku seose leidmiseks loodi lineaarne regressioonimudel ilma kindluse ja usaldusväärsuse maksimum skoorideta. Andmete visuaalseks esitamiseks kujutas autor leitud seosed tulpdiagrammidena. Meeldimiste arvu ja teavituse vanuse lineaarse regressiooni mudeli põhjal leiti meeldimiste hinnangulised väärtused teavituse vanuse ehk 30 minuti jooksul.

Automaatteavituste kriteeriumid on seatud hinnangute põhjal, mille aluseks on andmeanalüüsi käigus tehtud järeldused. Parameetrite seadistamisel võeti aluseks aasta keskmine ööpäevane liiklussagedus (edaspidi ka AKÖL). Töös lähtuti Transpordiameti 2021. aasta liiklussageduse andmetest. Autor otsustas parameetrite seadmisel kriteeriumina vaadelda liiklussagedust, et eeldada Waze´i kasutajate arvu. Järelduste tegemise käigus kujunes kolm erinevat lõpptulemit, kuidas teavitusi automatiseerida. Töö järelduste peatükis on esitatud üks lahendus, mille kasuks otsustati selle lihtsajoonelisuse tõttu.

4. ANDMEANLÜÜS

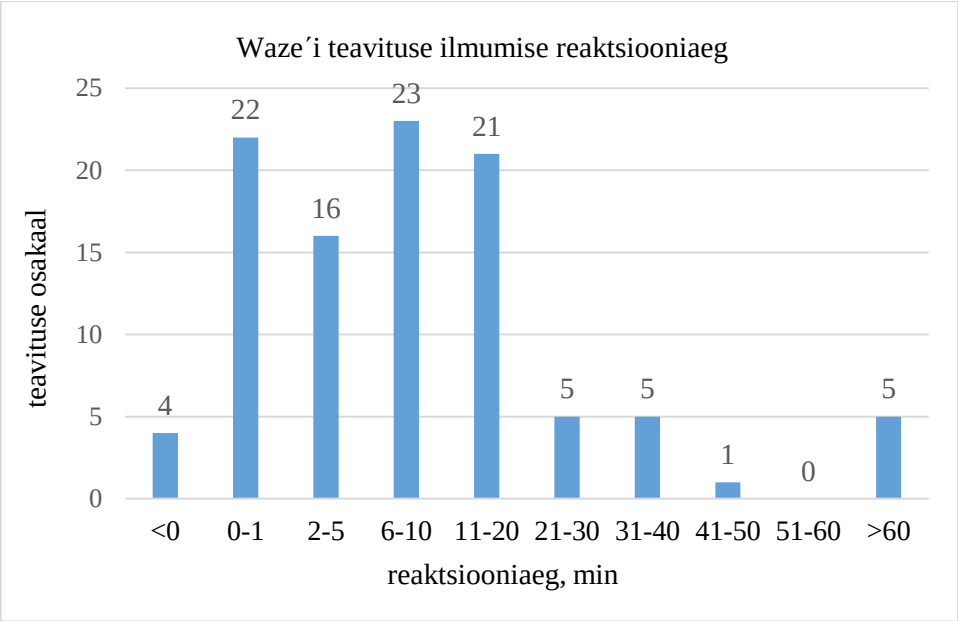
4.1 I Uurimus: Waze'i teavituste kvaliteet

Uurimus Waze´i teavituste usaldusväärsuse hindamiseks viidi läbi eelnevas peatükis kirjeldatud viisil. Nagu eelnevalt välja toodud, oli uurimuse valimiks kõik Waze´i teavitused kategooriates takistus teel, sõiduk teel või teepeenral, millele oli olemas vastava intsidendi liikluskaamera videosalvestis. 73 päeva jooksul koguti andmestik 107 maanteel toimunud intsidendi kohta. Uurimuse käigus fikseeriti liikluskaamera vaateväljas 108 Waze´i teavitust. Kontrollimise käigus leiti üks valeteavitus. Kõige enam esines Waze´i teavitusi kategoorias seisev sõiduk teepeenral (93) ning kõige vähem oli teavitusi takistusest teel (4). Andmestiku iseloomustavas statistikas on välja toodud teavituste tüübid Waze´i rakenduse, mitte tegelikku olukorra järgi (Joonis 3).



Joonis 3. Teavituste tüübide osakaal andmestikus Waze´i rakenduse järgi

Iga sündmuse kohta märgiti selle tegelik alguse kellaaeg kaamera järgi ja Waze´i esimese teavituse ilmumise aeg. Andmete põhjal selgus, et Waze´i keskmine reaktsiooniaeg on 16 minutit. Kõige suurem osa teavitusi, 26% märgiti Waze´i kaardile ühe minuti jooksul sündmuse alguse ajast (Joonis 4). 89% intsidentide puhul oli Waze´i reaktsiooniaeg kiirem kui 30 minutit.



Joonis 4. Waze´i teavituste reaktsiooniaeg

Autor andis vaatluse käigus igale teavitusele hinnangu, kas tegu on olukorraga, mille puhul peaks reageerima ja teavitama infotablool sündmusest teisi liiklejaid. Kõikidest Waze´i teavitustest andmestikus hinnati ohtlikuks ja teavitust vajavaks 33 intsidenti. Kümne teavituse puhul neist oli Waze´i kategooria valesti märgitud.

Kui vaadelda ainult hoiatust nõudvate sündmuste andmestiku tuleb välja, et sõiduk teel märgiti kaheksal korral sõidukina teepeenral. Kogu andmestiku põhjal jääb statistika samaks. Vastupidist valesti märkimist ehk teepeenral seisva sõiduki märkimist teel asuvana esines hoiatust nõudvate sündmuste puhul kahel korral. Kogu andmestiku põhjal viiel korral. Valesti märgitud teavituste koguarvust, 13st 10 juhul oli tegu ohtliku ja infotablool hoiatust vajava olukorraga. Kõikide teavituste põhjal andmestikus esines valesti kategoriseerimist 12% teavituste puhul. Kui liiklejad kasutasid hoiatust takistus teel, ei olnud ühelgi juhul tegu valeteavituse või valesti märkimisega.

Nagu varasemalt mainitud lähtus töö autor intsidentide ohtlikkuse hindamisel oma töökogemusest ja väljaõppest liiklusjuhtimiskeskuses.

Teepeenral pargitud sõidukid kujutavad eelkõige ohtu juhtudel:

- parkimisel pole kasutatud kogu teepeenra ulatust ja sõiduk jääb osaliselt teele;
- teepeenra laius ei võimalda sõidukit (üldjuhul raskeveokid) ohutult parkida;
- sõidukil esineb tehniline rike ja inimesed liiguvad tähelepanematult sõiduki ümber (Joonis 5);

- sõiduki tulesid kasutatakse teepeenral parkides valesti;
- sõiduk pargib teepeenral halva nähtavuse korral, tee geomeetriast, ilmastikust või valgustusest sõltuvalt;
- teepeenral pargitud sõidukist möödumisel tehakse ümberpõikeid.

Joonis 5. Ohtu kujutav seisev sõiduk teepeenral

Kõik vaatluse all olevad teelõigud olid neljarajalised suurendatud piirkiirustega maanteed. Sellistes tingimustes kujutavad teel seisvad sõidukid alati ohtu. Kui sõiduki asukoht oli selline, et eeldas igal liiklejal möödasõitu teise sõiduraja kaudu, luges töö autor sõiduki teel asuvaks (Joonis 6).

Joonis 6. Sõiduk teel

Sellised intsidendid on ohtlikud kuna eeldavad liiklejatel suurel kiirusel liikumisel esmalt olukorra märkamist, hindamist, vajadusel aeglustamist ning seejärel raja vahetust ja möödasõitu. Liikluses tekivad ohtlikud olukorrad kui liiklejate trajektoorid lõikuvad. Raja vahetused, möödasõidud, takistused teel ja ümberpõiked on kõik situatsioonid liikluses, mis võivad viia kahe süsteemis osaleva objekti konfliktini.

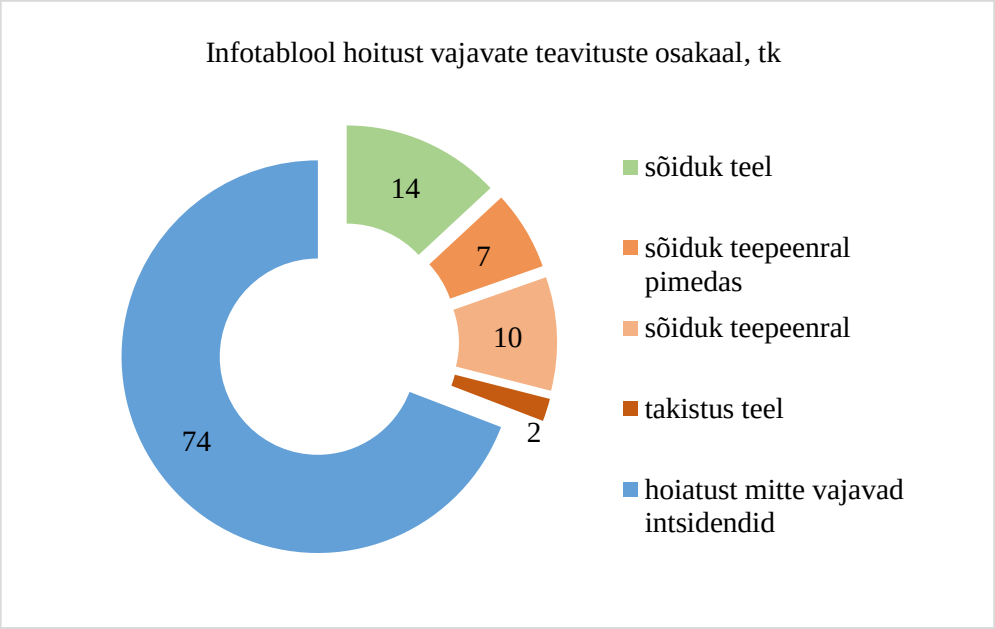
Takistus teel võib olla ükskõik milline liikluskeskkonna väline objekt, mis häirib liiklusvoo tavapärast kulgemist. Vaatluse käigus tuvastatud objektid olid kõik teele sattunud liikuvatest sõidukitest või halvasti kinnitatud või kaetud koormatest. Enamjaolt satub teele prügi, sõiduki või puidutükid. Suurendatud suurima lubatud sõidukiirusega teedel on kehtestatud täiendavad tingimused külgnähtavusalale. Sõiduteega külgneval alal ei tohi olla tee juurde mittekuuluvaid objekte [26]. Sellega tuleb arvestada, sest tavapärastel kaherajalistel põhimaanteedel võib esineda palju rohkem teel asuvaid takistusi. Näiteks puudelt kukkunud oksad.

Andme analüüsi käigus selgus üks aspekt, mis võib raskendada liiklejatelt saadud informatsiooni kasutamist Waze´i teavituste kujul. Teavituse lõpuaeg on ebamäärane ja võib oluliselt erineda sündmuse omast. Kõigi 33 infotablool hoiatust vajava intsidendi puhul, kolmel kadus Waze´i teavitus rakenduse kaardilt enne sündmuse tegelikku lõppu. Keskmiselt kestis neil juhtudel sündmus maanteel veel 57 minutit peale teavituse kadumist. Kogu andmestiku põhjal kadus Waze´i teavitus enne sündmuse tegelikku lõppu kuuel juhul. Keskmiselt oli neil juhtudel teavituse ja sündmuse lõpu vahe 55 minutit. Neist anomaaliatest kõrvale vaadates jääb üldjuhul Waze´i teavitus tunduvalt kauemaks kaardile kui sündmus kestab. Kogu andmestiku põhjal on keskmiselt teavitus veel kaardil 54 minutit peale intsidenti tegelikku lõppu. Vaatluse käigus selgus, et suurem väljakutse on välja selgitada kui kaua peab hoiatust infotablool kuvama mitte, millal selle kuvamist alustada.

Andmestiku kogumisel fikseeriti ka Waze´i teavituse parameetrid. Veebilehel Trafmine saadaolevad skooride väärtused on teavituse viimase hetke parameetrid, enne raporti kadumist kaardilt. Usaldusväärsuse skoore esines kogu andmestiku põhjal vahemikus neljast kümneni. Hoiatust vajavate raportite skoorid olid vahemikus viiest kümneni. Kusjuures valeteavituse usaldusväärsuse skoor oli 5 ja kindluse skoor 0. Kindluse skoore esines kogu andmestiku põhjal nullist viieni. Hoiatust vajavate raportite puhul oli kindluse skoori väärtus vahemikus nullist kolmeni või 5.

Vaadeldes ainult infotabloodel hoiatust vajavate teavituste andmeid, saab leida iseärasusi, mida kasutada protsesside automatiseerimisel. Kõikide hoiatust vajavate teavituste põhjal oleks pidanud liiklejale kõige enam edastama infot teepeenral asuvate sõidukite kohta (17) (Joonis 7). Kuid mitte

oluliselt vähem oleks pidanud sündmusele vastavalt olema infotablool hoiatus sõidukist teel (14). Kõige vähem esines olukordi, kus oli vajadus teavitada takistusest teel. Teavet, mida oleks pidanud liiklejatele jagama illustreerib ohu kategooriate kaupa joonis.



Joonis 7. Infotablool hoiatust vajavate teavituste osakaal tüüpide kaupa

Teavitatud intsidentide ohtlikkuse hindamisel määras autor hinnangud algselt kolme kategooriatesse: ei, jah, pimedas. Pimedas vajasid hoiatust eelkõige Tallinn-Pärnu-Ikla maanteel teepeenrale pargitud sõidukid. Peatunud sõidukid ei kujutanud heades liiklusoludes ohtu, kuna antud maantee teepeenrad vaadeldaval teelõigul on piisava laiusega, et sõidukit ohutult peatada. Oht suureneb kui sõiduk seisab liiga tee ääres halvas nähtavuses. Tallinn-Tartu-Võru-Luhamaa maanteel vajasid enamus teepeenral peatunud sõidukid teavitust infotablool nii pimedas kui valgel ajal. Teepeenrad sellel maanteel on tunduvalt kitsamad. Lõigul Kosest Võõbuni on raskendatud veokit täielikult teepeenrale parkida. Andmeanalüüsi käigus leiti, et infotabloodel hoiatuste automatiseerimisel saab eristada selle vajalikkust pimedal või valgel ajal ainult teavituse asukoha ja tüübi järgi.

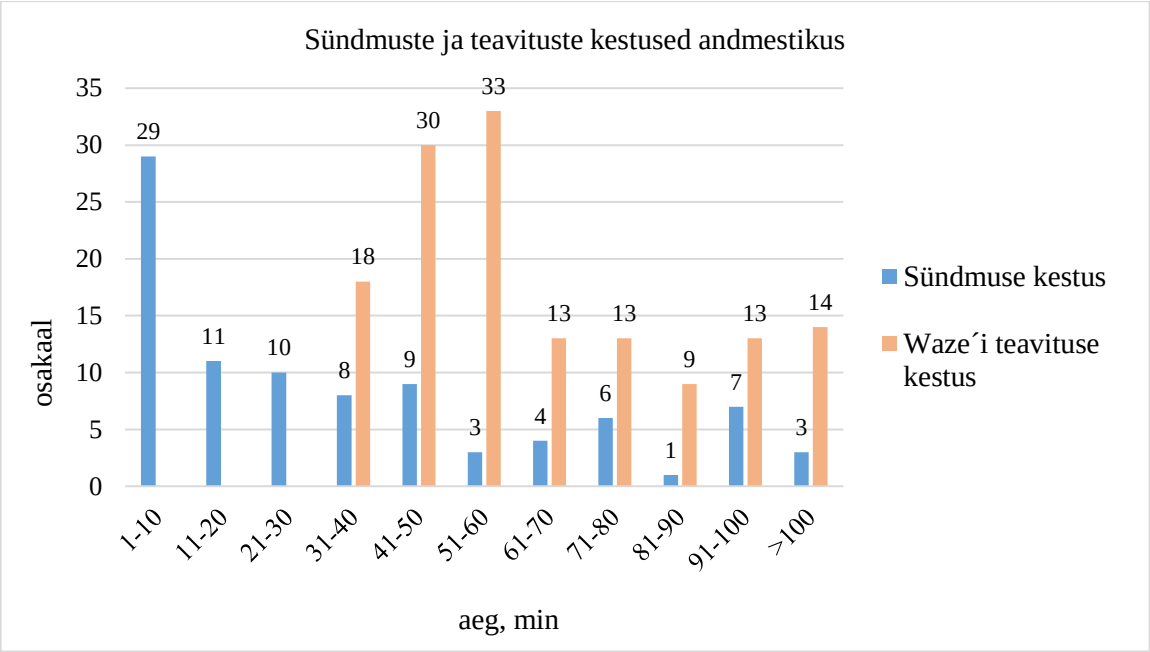
Uurimuse läbiviimiseks kasutati 11 juhitavat liikluskaamerat. Kuus neist asuvad Tallinn-Pärnu maanteel ja viis tükki Tallinn-Tartu maanteel. Teavituste koguarvust esines 62 Tallinn-Pärnu maanteel ja 45 Tallinn-Tartu maanteel. Kõikidest kaameratest kuus asuvad liiklussõlmedes. Sellepärast asusid paljud vaatluse all olevad peatunud sõidukid aeglustus- ja kiirendusradadel. Aeglustusrajal seisev sõiduk on olukord millest tuleks liiklejaid teavitada. Kiirendusrajal peatunud sõidukiga teistel põhiradadel liiklejatel trajektoorid üldjuhul ei ristu. Vaatluse käigus selgusid,

millistel kaamera vaatevälistel lõikudel esinesid teavitused kõige sagedamini. Seda teadmist saab kasutada ettepanekute tegemisel täiendavate liikluskaamerate asukohtade valimisel.

Vaatluse käigus selgusid kohad, kus sõidukid kõige tihedamini peatuvad. Üheks sageli esinevaks kohaks oli Jõgisoo bussipeatus Tallinn-Pärnu maanteel. Eelkõige peatusid seal raskeveokid, mitmeid kordi päevas, et teha puhkepause. Kuna bussipeatus ei ole teepeenar, välistas autor andmestikust kõik selliste intsidentide teavitused, et ühtlustada andmeid. Kuna kõik liiklejad ei reageeri bussipeatuses seisvale sõidukile ühesuguselt ei peegelda see teavituste tegelikke iseärasusi. Hoolimata nende raportite kõrvaldamisest andmebaasist fikseeriti just Jõgisoo kaamera vaateväljas kõige enam intsidente. Kõige vähem esines sündmusi Jälgimäe kaamera vaateväljas, mis on eeldatav kuna asub Tallinna linnapiiril. Läheduses asub veel parklaid, kus vajadusel peatus teha.

Kõik maanteel esinenud sündmused algasid ja lõppesid ühe päeva jooksul. Kõige pikem intsident kestis ligikaudu 3,5 tundi, milleks oli teepeenral peatunud sõiduk. Sellele sündmusele vastas andmestikus kolm Waze´i teavitust. Kõige suurem raportite arv ühele sündmusele oli kaheksa. Tegu oli samuti teepeenral seisva sõidukiga. See sündmus kestis 2,5 tundi. Kõikidele teistele intsidentidele andmestikus vastab üks teavitus.

Waze´i teavitused püsivad rakenduse kaardil 30 minutit. Kui teised liiklejad reageerivad teavitusele ja lisavad meeldimise, pikeneb raporti püsimise aeg 15 minutit [27]. Andmestikus oli kõige lühema teavituse kestus 31 minutit (Joonis 8). Kogu andmestiku põhjal lõppes kõige enam raporteid peale 55 minuti täitumist. Kuigi keskmiselt püsib üks Waze´i teavitus rakenduse kaardil 68 minutit. Ühe sündmuse kestus maanteel on keskmiselt 55 minutit. Kuid enamus sündmusi (29) kestsid maanteel 1 kuni 10 minutit. Kõige lühem sündmus, millele Waze´is reageeriti oli kaks minutit. Seda esines üheksal korral. Teisena kõige enam esineb sündmusi, mis kestavad 11 kuni 20 minutit.



Joonis 8. Sündmuste ja teavituste kestused andmestikus

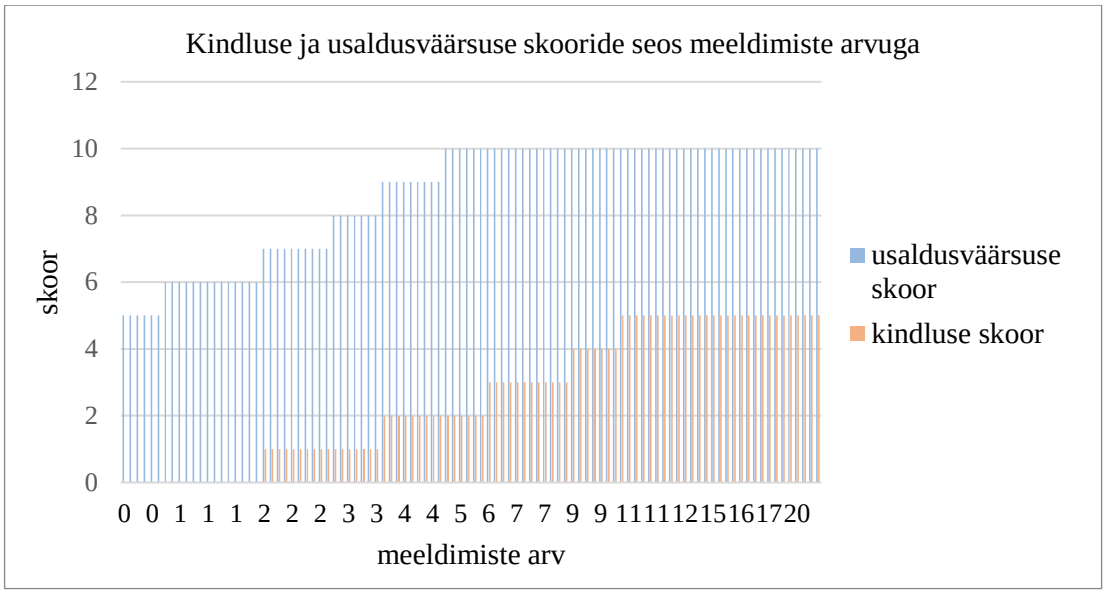
Andmeanalüüsi käigus selgusid teavituse kestuse ja skooride vahelised seosed. Teises uurimuses vaadeldi täpsemalt Waze´i teavituste parameetrite muutumist ajas. Selgus, et kindluse skoori väärtus kasvab suuremaks kui null üldjuhul peale kahe meeldimise lisamist teavitusele. Antud uurimuse kogu andmestikus esines 33 teavitust, mille kindluse skoor oli raportite lõppemise hetkel null. Ehk võib eeldada, et need teavitused said vähem meeldimisi kui kaks. Nende teavituste puhul esines usaldusväärsuse skoore: 4, 5, 6, 7, 8, 10. Neist enamus (13) püsis kaardil 50 kuni 60 minutit. Rohkem kui tund aega kestis kindluse skooriga null, rakenduses kuus teavitust. Neil juhtudel oli usaldusväärsuse skoor 5, 6 või 7. Samas oli andmestikus kaks teavitust, mille kindluse skoori väärtus oli null, usaldusväärsuse oma kümme ja raport lõppes mõlemal juhul peale 55 minutit. Tegelikult oli nende sündmuste kestus 2 ja 98 minutit. Nende näidete puhul on seos skooride ja teavituse kestuse vahel ebamäärane ega peegelda tegelikku olukorda. Kindluse skooriga null kestsid 82% teavitustest rakenduse kaardil vähem kui üks tund. Kindluse skoori maksimum väärtus on viis. Teavituste puhul, millel oli kindluse skoor viis, oli usaldusväärsuse skoor alati kümme. Kokku esines selliseid raporteid 43. Neist 65% kestsid kaardil kauem kui üks tund ning mitte ükski vähem kui 40 minutit. Väiksema skooriga teavitused püsivad kaardil väiksema perioodi kui kõrgema skooriga teavitused. Selle põhjal võib öelda, et skooride ja teavituse kestuse vahel on kasvav seos. Samas esineb andmestikus palju erandeid, mis raskendab üldistatud järelduste tegemist. Teavituse kestust mõjutab meeldimiste ja „ei ole seal“ märkimiste arv teiste liiklejate poolt.

4.2 II Uurimus: Waze'i teavituse parameetrite muutumine ajas

Antud uurimuse andmestiku kogumise viis on kirjeldatud Uurimusmetoodika peatükis. Töö autor võttis vaatluse alla kõik suurema liiklussagedusega põhimaanteedel märgitud Waze´i teavitused, mis olid rakenduse kaardil märgitud vaatamise hetkest varem kui 30 minuti jooksul. Uurimuse eesmärk on leida seoseid teavituse parameetrite muutumise kohta ajas. Vaatluse all olevad teavitused kuulusid kategooriatesse: sõiduk teel või teepeenral ja takistus teel. Uurimuse käigus analüüsiti kõikide Waze´i andmestikus esinevate parameetrite iseärasusi.

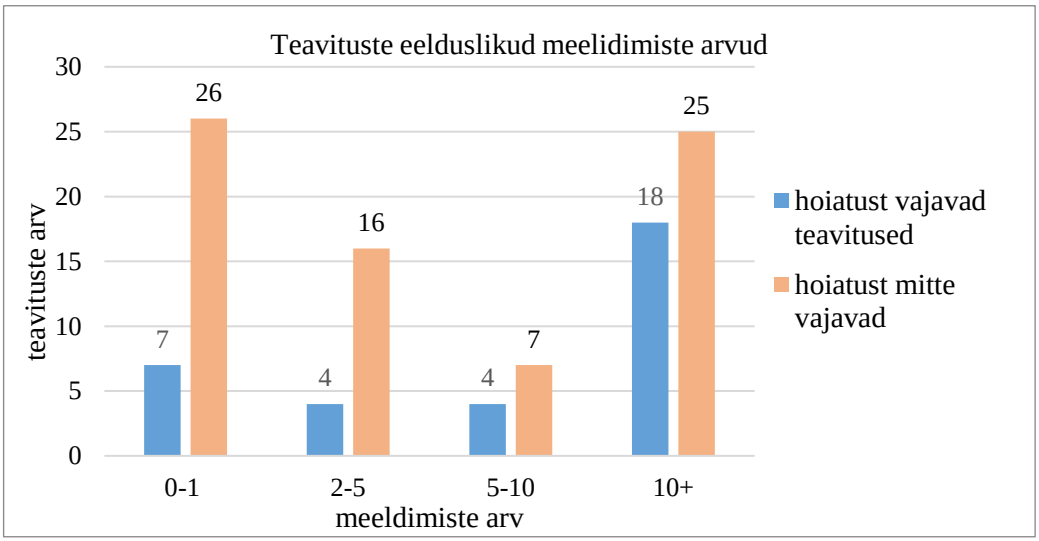
Uurimus kinnitas, et kõik parameetrid, välja arvatud raporteerimise reiting, kasvavad teavituse vanuse jooksul. Teavituse vanus ehk mitu minutit on teavitus rakenduse kaardil eksisteerinud. Raporteerimise reiting on Waze´i poolt määratud skoor esmase teavitaja usaldusväärsuse hindamiseks. Väärtus jääb terve raporti ajal samaks. Andmestikus esineb raporteerimise reitingu skoore ühest viieni.

Regressioonianalüüsi käigus leiti kinnitust, et teavituse meeldimiste arv mõjutab otseselt kindluse ja usaldusväärsuse skooride väärtust (Joonis 9). Parameetrid on omavahelises kasvavas seoses. Kindluse skoor muutub vastavalt meeldimiste arvule. Kui teavitusel on null või üks meeldimist on skoor null. Kindluse skoor tõuseb üheni kui teavitus saab kaks või kolm meeldimist. Iga teise meeldimise järel, mis teavitusele pannakse, kasvab kindluse skoor ühe võrra. Andmestikus esineb mõningaid erandeid. Samuti mõjutab antud skoori „ei ole seal“ märkimiste ja kommentaaride arv. „Ei ole seal“ parameetrit ei olnud võimalik vaadelda. Kommentaare ühelgi vaatluse all oleval teavitusel ei olnud. Kõige väiksem usaldusväärsuse skoor andmestikus oli viis. Sellise skooriga teavituste puhul oli meeldimiste arv alati null. Suuremas enamuses kasvas usaldusväärsuse skoor ühe võrra koos meeldimiste arvuga. Kahe skoori vaheline erinevus on tingitud nende lõppväärtustest. Usaldusväärsuse skoori maksimum on kümme. Kui teavitusel täitub viis meeldimist on skoori väärtus kümme. Kindluse skoori maksimum on viis. Sellise kindluse skooriga on teavitused, millel on kümme või rohkem meeldimist. Joonisel on kujutatud kindluse ja usaldusväärsuse skoori muutumine seoses meeldimiste arvuga ilma andmestikus esinevate eranditeta.



Joonis 9. Kindluse ja usaldusväärsuse skooride seos meeldimiste arvuga esitatud tulpdiagrammina

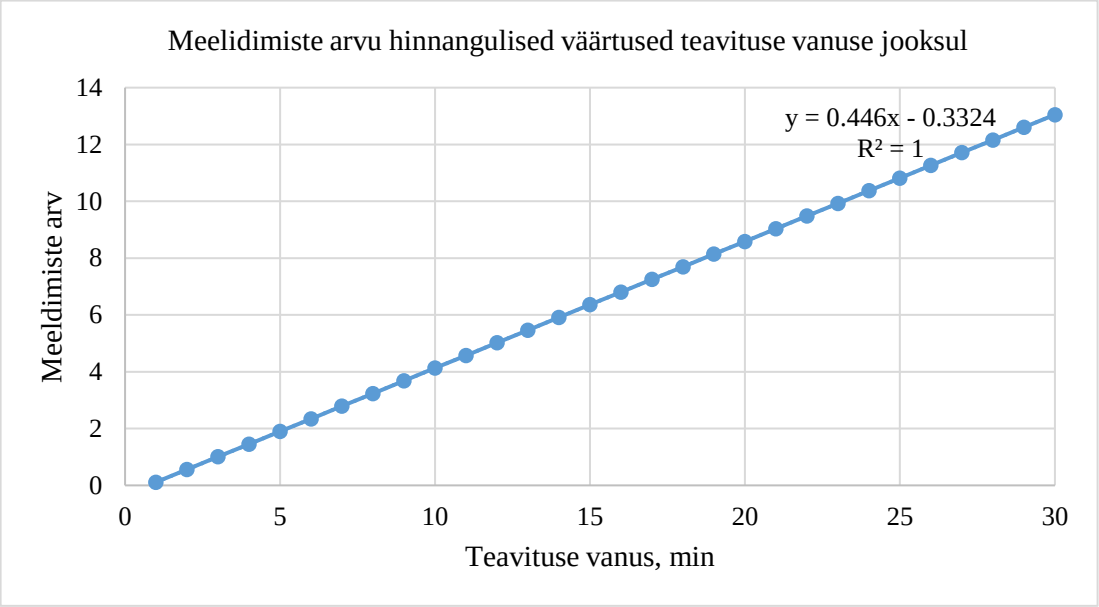
Antud mudeli põhjal on võimalik eeldada, millised olid meeldimiste arvud esimeses uurimuses vaadeldud teavitustel. Kuna on teada usaldusväärsuse ja kindluse skooride väärtused saab määrata eelduslikud meeldimiste arvud. Kindluse skoor kujuneb valemi põhjal, mille üheks teguriks on meeldimiste arv. Sellepärast on just see parameeter hea meeldimiste arvu määramiseks. Tuleb välja, et 54% hoiatust vajavatel teavitustel oli selle lõppemisel enam kui kümme meeldimist (Joonis 10). 30% teavitustel oli kaks kuni kümme meeldimist. Null või üks meeldimist oli hoiatust vajavate teavituste puhul 21% teavitustest. Kui vaadelda ülejäänud andmestiku tuleb välja, et 33% teavitustel oli enam kui kümme meeldimist. Null või üks meeldimist oli aga 35% teavitustel.



Joonis 10. Esimese valimi põhjal kogutud Waze´i teavituste eelduslikud meeldimiste arvud

See näitab, et teavitused, mis on pandud sündmuste kohta, mis kujutavad päriselt ohtu koguvad palju meeldimisi. Palju on ka teavitusi, millest infotablool ilmtingimata hoiatama ei pea kuid koguvad üle kümne meeldimise. Samas suur osakaal hoiatust mitte vajavad teavitusi ei saagi üle ühe meeldimise. See võib viidata sellele, et ohtu kujutavatele intsidentidele reageeritakse Waze´is rohkem.

Lineaarse regressiooni mudeli põhjal hinnati milline võib olla teavituse meeldimiste arv erinevatel ajahetkedel. Selgusid vaatluse all olevate maantee lõikudel pandud teavituste meeldimiste hinnangulised väärtused 30 minuti jooksul. Alates teavituse kestuse ühe minuti täitumisest võib eeldada ühe meeldimise lisandumist iga kahe minuti järel (Joonis 11). Vaatluse all olevate maantee lõikude liiklussagedus on kõrge. Selleks, et antud uurimuse põhjal seada automatiseerimise parameetrid madalama liiklussagedusega teedel asuvatele infotabloodele, tuleb defineerida parameetrite eelduslikud erinevused.



Joonis 11. Meeldimiste arvu hinnangulised väärtused teavituse vanuse, 30 minuti jooksul

4.3 Uuringu tulemused

Uuringu huvides oleks autor soovinud koguda rohkem andmeid teavituse takistus teel kohta. Kuid andmeanalüüs näitas, et uurimuse raames kogutud andmestik annab piisava ülevaate Waze´i teavituste üldise usaldusväärsuse hindamiseks. Saadud tulemused näitavad, et Waze´i teavitused on piisavalt kvaliteetsed, et neid kasutada liiklusjuhtimises. Samuti on piisavalt rakenduse kasutajaid, et kasutada meeldimiste arvu lahenduse kriteeriumina. Waze´i andmestiku põhjal on võimalik

defineerida parameetrid, mille alusel automatiseerida hoiatamise protsessid infotabloodel. Tulemuste usaldusväärsusele lisab andmete kogumise ulatuslikus.

Mõlemast uurimusest sai sisendit automatiseerimis parameetrite seadmiseks. Waze´i teavitus püsib peale sündmuse lõppu rakenduse kaardil keskmiselt 54 minutit. Kaks meeldimist on piisav indikaator sellele, et teavitus Waze´is vastab tegelikule olukorrale. Teisest uurimusest tuli välja, et teavitus, millel on kaks meeldimist, on üldjuhul viis minutit vana. Esimene uurimus näitas, et enamus sündmusi maanteel kestab üks kuni kümme minutit. Need on põhilised teadmised mõlemast uurimusest, mille põhjal on tehtud järeldused uurimusküsimusele vastamiseks.

Antud töös kasutatud meetodid ei võimaldanud teada saada, millised olid täpsed meeldimiste arvud esimeses uurimuses vaatluse all olevatel teavitustel. Veebilehekülg Trafmine ei võimaldanud Waze´i ajaloost seda parameetrit vaadata. Waze´ist saadaoleva andmestiku tugevused on, et info on töödeldav ning edastus toimub reaalajas. Sisaldab täpset geograafilist asukohta ja detailset teavet sündmuse kohta. Waze andmestiku puudujääkideks on töö autori arvetes mõned andmete esitamise aspektid. Waze´i andmestiku oleks lihtsam liiklusjuhtimissüsteemi integreerida kui andmestikus oleks ka teenumber Eesti teeregistri andmete kohaselt. Samuti võiks kättesaadav olla info selle kohta kui paljud liiklejad märgivad teavituse kohta „ei ole seal“.

Suur osa vaatluseks kasutatud liikluskaameraid asus liiklussõlmedes.Sellepärast olid paljud peatunud sõidukid aeglustus- ja kiirendusradadel. Nendest teavitamisel esines palju vale kategoriseerimist.

Uurimus tulemuste näol leiavad kinnitust eelnevalt mainitud uuringud samal teemal. Waze´i andmestik on usaldusväärne infoallikas, millel on potentsiaal liiklusjuhtimises. Samuti on Waze´i teavitused kiired ja geograafiliselt täpsed. Vastuolu varasemate uuringutega seisneb valeteavituste osakaalus. 2018. aastal Ameerika Ühendriikides läbiviidud uuringus leiti, et ligi pooled vaatluse all olnud Waze´i raportid olid valeteavitused [12]. Sellisel määral vastuolu on tõenäoliselt tingitud kogukonnast, kes rakendust kasutab. Eesti liiklejad kasutavad rakendust vastutustundlikult. Esineb erandeid, kuid valeteavitustest hoiatamist aitab välistada meeldimiste arvu kriteeriumina seadmine.

Uurimuse käigus avastas töö autor, et Tallinn-Tartu-Võru-Luhamaa maanteel teevad paljud raskeveokid sõidupausi peale tee ääres asuvat puhkeala. Mitmel korral peatuti järgmises liiklussõlmes asuval kiirendusrajal. Leiti, et tõenäoliselt ei tõlgenda paljud välisvedajad maantee ääres olevat puhkeala liiklusmärki veoki parklana. Tegelikkuses on antud maantee ääres asuvatel puhkealadel see võimekus olemas. Seepärast peatutakse kiirendusrajal, sest on esimene koht peale puhkeala, kus veokil on võimalik peatuda ilma osaliselt põhisõiduradadel asetsemata. Samuti oli see vaatluse

teostamise ajal viimane koht, kus peatuda enne kaherajalise maantee algust. Tähelepaneku tulemusena paigutatakse maantee ääres olevate puhkealade liiklusmärkide juurde ka lisainfo tahvel veokite parkimis võimaluste kohta.

Järgnevate uuringutena võiks esmalt uurida Waze´i teavituste edastamise võimalusi teehooldajatele. Selleks, et luua Läti näitel teehooldajatele vajalike teavitustega andmestik. Liiklejate teavitamine ohtudest teel on oluline, kuid veel suurema mõjuga on takistuse teelt eemaldamine või keskkonna turvalisuse tagamine. Hetkel edastab teehooldajatele liiklejatelt saadud liiklusinfot riigiinfo telefoni teenus. Samuti jõuavad Waze´is lisatud libeduse, halva nähtavuse ja avarii teated teeilma rakenduse kaardile. Lisaks hakkasid 2022. aastal teehooldajateni automaatselt jõudma teavitused löökaukudest [28], [29]. Waze´i andmestiku integreerimine hooldusteave süsteemi võimaldaks kasutada kogu saadaolevat infot ohutu liikluskeskkonna tagamiseks. Näiteks on veel katmata kategooriad korjus teel, puudulik liiklusmärk ja takistus teel. Teisena võiks järgnevalt uurida ilma hoiatuste iseärasusi Waze´i rakenduses. Teeilmajaamad annavad väga hea ülevaate teeoludest. Siiski on liiklejate teavitused teel olevast jääst ja udust väga väärtuslikud. Üksikuid jäiseid lõike ja jaamade vahel esinevaid ilmastiku nähtusi ei ole võimalik teeseadmetega tuvastada. Antud töö tulemuste täiustamiseks võiks uurida kaherajalistel ja madalama liiklussagedusega maanteedel märgitud Waze´i teavituste iseärasusi ja meeldimiste arvu osakaalu teavituse vanuse jooksul.

Lisaks tuleks kaaluda Waze´i andmestiku kasutamist liiklusinfo kogumiseks, et saada terviklik ülevaade riigimaanteel toimuvatest intsidentidest ja esinevatest ilmastiku- ning teeoludest. See aitab leida seoseid ja trende liiklusohutuse ja – keskkonna parandamiseks. Luues aluse teha järeldusi laiapõhjalise andmestiku põhjal, mis sisaldab infot, mida muud moodi kui otse liiklejatelt ei ole võimalik saada.

4.4 Järeldused

Automaatsõnumite seadistamisel tuleks arvesse võta infotabloode asukohta. Waze´i parameetrite väärtused olid otseses seoses meeldimiste arvuga. Rakenduse poolt määratud usaldusväärsuse, kindluse ja raporteerimise reitingu skoor ei peegelda reeglipäraselt teavituse kvaliteeti. Valeteavitusi esineb maanteedel vähe, kuid valesti kategoriseerimist rohkem. Analüüsi käigus selgus, et automatiseerimis parameetrite seadmisel piisab teavituse meeldimiste arvu, asukoha ja teavituse tüübi arvestamisest. Suurema liiklussagedusega maanteelõikudel tuleb automatiseerimis kriteeriumid seada kõrgemale ning väiksema liiklussagedusega maanteedel madalamale. Kuna teedel, kus Waze´i kasutajaid on vähem ei saa teavitused samal määral reaktsioone kui teedel, kus on suurem liiklus.

Selleks, et eristada teavituse asukoha erisused seadis autor kriteeriumid viite klassi vastavalt aasta keskmisele ööpäevasele liiklussagedusele (Tabel 1)

Tabel 1. Teavituste automatiseerimise kriteeriumid sõltuvalt AKÖL-ist [30]

Teavituse asukoha kriteerium, klass	**AKÖL**
1	20000+
2	10000-19999
3	6000-9999
4	3000-5999
5	100-2999

Esimesse klassi kuuluvad maantee lõigud, mille AKÖL on üle 20 000 sõiduki. Sellistel lõikudel asuvaid tabloosid on 3. Teises klassis on teelõigud, mille AKÖL on 10 000 kuni 19 999 sõidukit. Sellise liiklussagedusega teedel asub 6 infotablood. Kolmanda klassi teedel on kõige enam tabloosid, 18. AKÖL on vahemikus 6000 kuni 9999 sõidukit. Eelviimasesse klassi kuuluvad 6 tablood, mille asukoha AKÖL on 3000-5999 sõidukit. Kõige vähem infotabloosid (2) asub madalama liiklussagedusega teelõikudel, kus AKÖL on vahemikus 100 kuni 2999 sõidukit. [30]

Nii esimeses kui ka teises uurimuses vaadeldud teavitused asusid liiklussageduse põhjal esimeses kuni kolmandas klassis. Kõige enam esineb mõlemas andmestikus teavitusi, mille asukoha kriteeriumiks on teine või kolmas klass. See tähendab, et esimese, neljanda ja viienda klassi teedel asuvate infotabloodel kuvavate hoiatuste automatiseerimise parameetrid on seatud eelduslike hinnangute põhjal.

Waze´i andmestiku põhjal ei saa otseselt järeldada, millised teavitatud sündmused kujutavad reaalset ohtu. Liiklusohutuse vaatepunktist oleks mõistlik lähtuda põhimõttest, et infotablool tuleb kuvada kõik hoiatused, mille parameetrid täidavad seatud tingimused. Kuvamise tingimused tuleb seada selliselt, et teave infotablool oleks alati täpne. Hoiatusi ei saa kuvada infotabloodel kuni teavituse lõpuni, sest keskmiselt püsib teavitus peale sündmuse lõppu veel 54 minutit rakenduse kaardil. Võimalused, et hoiatust kuvatakse aga sündmust tegelikult ei eksisteeri tuleb minimeerida. Paljud intsidendid maantee ääres on lühiajalised ning kestavad vähem kui viis minutit. Sellepärast tuleks kasutada pigem väikseid ajavahemikke, mille järel Waze´i andmeid teavituse kohta kontrollitakse. Parameetritest viitab sellele meelidimiste lisandumine teavituse vanuse jooksul. Töö autor seadis igale infotaloole automatiseerimise parameetrid lähtuvalt eelnimetataud teguritest (Tabel 2).

Tabel 2. Lahenduse automatiseerimise parameetrid

Tabloo nimi	MNT	AKÖL	Meeldimiste arv	Eeldatav teavituse vanus, min	Esmase teavituse pikkus, min
Laagri	4	1	3	4	10
Lehmja	2	1	3	4	10
Jüri	2	1	3	4	10
Kanama 1	4	2	2	4	10
Kanama 2	4	2	2	4	10
Sauga	4	2	2	4	10
Suuresta	2	2	2	4	10
Vaida	2	2	2	4	10
Ülenurme 1	2	2	2	4	10
Märjamaa 1	4	3	2	5	10
Märjamaa 2	4	3	2	5	10
Pärnu, Raeküla	4	3	2	5	10
Kose-Rsiti 1	2	3	2	5	10
Kose-Risti 2	2	3	2	5	10
Ardu 1	2	3	2	5	10
Ardu 2	2	3	2	5	10
Mustla 1	2	3	2	5	10
Mustla 2	2	3	2	5	10
Jõhvi	1	3	2	5	10
Urge	15	3	2	5	10
Riisipere	9	3	2	5	10
Imavere	2	3	2	5	10
Põltsamaa 1	2	3	2	5	10
Põltsamaa 2	2	3	2	5	10
Kärvere	2	3	2	5	10
Kardla	2	3	2	5	10
Ülenurme 2	2	3	2	5	10
Kambja	2	3	2	5	10
Risti-Haapsalu	9	4	1	10	15
Sämi	1	4	1	10	15
Varja	1	4	1	10	15
Tänassilma	92	4	1	10	15
Vagula	2	4	1	10	15
Võrumõisa	2	4	1	10	15
Ikla	4	5	1	10	15
Risti-Virtsu	10	5	1	10	15

Meelidimiste arvu kriteerium tuleb asukoha klassi kolm puhul seada vähemalt kaks. Teavitus, millel on kaks meeldimist on uurimuse põhjal sellise liiklussagedusega maanteelõigul kaardil eksisteerinud juba viis minutit. Kiire Waze´i reaktsiooni puhul võib ka sündmus ise olla kestnud vähem kui kümme

minutit. Kuna uurimus näitas, et enamus intsidente kestab üks kuni kümme minutit, tuleks esmase hoiatuse kuvamise kestus määrata lühemaks perioodiks, näiteks kümneks või viieks minutiks. Pikendada vastavalt meeldimiste lisandumisel 15 minutit, sarnaselt Waze´i toimimis põhimõttele [27]. Sellist automatiseerimis lahendust saab kasutada infotabloode puhul, mille asukoha kriteerium vastab väärtusele kolm ja kaks. Madala liiklussagedusega maantee lõikude puhul piisab kui teavitusel on üks meeldimine. Vaatluse käigus tehtud järelduste põhjal on teavitus sellisel teelõigul selleks ajaks kümme minutit vana. Infotabloole võib panna hoiatuse koheselt 15 minutiks ning pikendada vastavalt meeldimiste lisandumisel. Suurema liiklussagedusega teedel asuvate tabloode puhul jätta esmase hoiatuse kuvamise periood kümme minutit. Kuid tõsta meeldimiste arvu kriteerium kolmeni. Sel viisil saab välistada väga lühiajalised sündmused. Suurlinnade lähistel maanteelõikudel on Waze´i kasutajaid rohkem ja teavitus, millel on kolm meeldimist on tõenäoliselt alla viie minuti vana.

Teavituse tüübist lähtuvalt tuleb seada kriteeriumid samuti olenevalt asukohast. Takistusest ja sõidukist teel teavitada alati olenemata ajast ja asukohast. Kaherajalistel maanteedel tuleks igat tüüpi teavitusi kriteeriumite täitmisel kuvada. Samuti Tallinn-Tartu maantee neljarajalisel lõigul. Tallinn-Pärnu maanteel lõigul Tallinna linnapiirist Ääsmäeni tuleks kasutusele võtta lisa kriteerium. Sõiduk teepeenral teavituse tüübi puhul kuvada hoiatus infotabloodel ainult pimedal ajal.

Öisel ajal tuleb kõikide infotabloode puhul seada madalamad kriteeriumid. Siis on madalam liiklussagedus ja vähem Waze´i kasutajaid. Meelidimiste arvu kriteeriumiks võib enamus tabloode puhul seada üks meeldimine ja kuvada hoiatust automaatselt 30 minutit. Asukoha klassi üks kuuluvate tabloode puhul seada öisel ajal meeldimiste arvu kriteeriumiks kaks. Pikendada kuvamist samuti 30 minutit peale iga meeldimise lisandumist (Lisa 1). Öise ajana võib arvestada ajavahemikku 23.00-06.00.

Just ohtlike liiklusolukordade puhul esines kõige enam sündmuse vale kategoriseerimist. Tihti esines intsidente, kus seisev sõiduk oli teepeenral aga paiknes siiski osaliselt teel. See eeldab teistelt liiklejatelt ümberpõiget või möödasõitu teise sõiduraja kaudu. Samuti esines olukordi, kus aeglustusrajal paiknev sõiduk oli märgitud teepeenrale. Töö autor leiab, et esialgu tuleks loobuda infotablool hoiatuste puhul seisva sõiduki asukoha täpsustamisest. Info seisev sõiduk ja kaugus selleni on piisav, et teavitada liiklejat eesoleva ohu eest. Teave suurendab liikleja valmisolekut ohtlikus olukorras reageerimiseks. Töö autor seadis võimalikud infotabloode teave sisud, mida automatiseerimise protsessis kasutada. (Lisa 2). Info peab olema täpne ja üheti mõistetav.

Seadistamisel, kui kaugel infotabloost asetsevatest teavitustest tuleb teada anda, peab arvesse võtma asukoha iseärasusi. Vahekauguste määramisel tuleb vaadelda igat infotablood eraldi. Kiirusjuhitavatel maanteelõikudel asub rohkem tabloosid. Vahemaad saab määrata ühest tabloost teiseni. Üksteisest kaugel asetsevate või üksikute tabloode puhul peab mõjuala määrama nii, et kaugus informeeritavast takistusest ei oleks ülemäära suur. Liiga kaugel asuvatest sündmustest teavitamine ei pruugi olla nii kvaliteetne ega vajalik.

Seatud kriteeriumid on esialgsed, mille põhjal automatiseeritud lahendus rakendada. Lahendus võetakse eeldatavalt kasutusele 2023. aasta veebruaris. Kasutusaja alguses tuleb alustada monitooringuga, et vaadelda seatud kriteeriumite vastavust. Samuti leida kitsaskohti, et täiendada lahendust kui tervikut. Juba esialgne lahendus ühtlustab liiklusjuhtimise kvaliteeti ohtudest teavitamisel. Liiklusjuht hakkab arenduse tulemusel saama automaatselt teavitusi kohe kui infotabloode mõjualas on Waze´i raport, mis vastab kriteeriumitele. Järgnevalt saab ta teavitusel terve sündmuse aja silma peal hoida ning vajadusel ka teave infotabloolt eemaldada. Tähelepanekute tegemine aitab vajadusel kriteeriumid ümber seada, et teave oleks alati võimalikult kiire ja täpne.

KOKKUVÕTE

Waze´i andmestikul on suur potentsiaal Eesti liiklusjuhtimises ja liiklusinfo kogumisel kogukonna mõjuga järelduste ning otsuste tegemiseks. Vaatluste läbiviimine ja kogutud andmete analüüsimine andis väärtusliku informatsiooni rakenduse kasutajate aktiivsuse kohta Eesti liiklusruumis. Varasemalt läbiviidud uuringud välisriikides andsid kinnitust Waze´i rakenduse eelistest liiiklusjuhtimissüsteemides võrreldes teiste info kogumise platvormidega. Waze´i teavitused on piisavalt usaldusväärsed ja paljudel juhtudel isegi esmane infoallikas, kus ilmub teave intsidentide kohta. Rakenduse toimivust Eestis on ka edaspidi oluline uurida. Töö järeldusteni ei oleks saanud jõuda tuginedes ainult varasematel uuringutel. Uurimuses selgusid olulised erinevused teistes töödes välja tooduga. Töö käigus kogutud andmestiku põhjal ei tulnud välja, et valeteavituste esinemine oleks piirang automatiseeritud lahenduse loomisel. Samas, leidis töö autor kinnitust, et teavitustele reageerimine teiste liiklejate poolt oleneb liiklussagedusest. Seepärast seati töö käigus automatiseerimise parameetrid vastavalt elektrooniliste infotabloode asukohast ja eristades öist ning päevast aega. Andmeanalüüsi käigus saadi varasemate uuringute põhjal kinnitust, et Waze´i poolt seatud parameetrid teavituste usaldusväärsuse hindamiseks ei ole piisavalt paikapidavad. Töö autor leidis, et lahenduse lihtsatoimelisuse tagamiseks piisab automatiseerimise tingimuste seadmisel meeldimiste arvu, infotabloo asukoha ja teavituse tüübi arvestamisest. Lisaks eelnimetatud kellaajalised piirangud.

Töös käsitletud automatiseeritud lahendusega võimalikud kaasnevad ohud ei kaalunud üle lahenduse eeldatavat positiivset mõju Eesti liiklusjuhtimis kvaliteedile. Töö autor tegi järelduste käigus ettepaneku seisva sõiduki asukoha täpsustamisest loobumiseks. Intsidentide valekategoriseerimist esines teavituste seisev sõiduk teel ja teepeenral puhul. Esialgu võib olla elektroonilisel tablool info seisvast sõidukist ja kaugusest selleni. Samas tõi töö autor välja, et uue lahenduse implementeerimisel tuleks selle tööpõhimõtetest teavitada avalikkust, et Waze´i kasutajatel oleks võimalik teadlikult panustada liikluskeskkonna ohutumaks muutmisesse. See läbi võivad kasutajad hakata rakendust korrektsemalt kasutama. Suurim eelis uue lahenduse kasutuselevõtuga on liiklusjuhtimise operatiivsuse ja teavitus kvaliteedi suurendamine. Töö tulemus toetab Transpordiameti ITS arengukava 2021-2025 eesmärkide elluviimist. Juhtimissüsteemide automatiseerimine on oluline aspekt liiklusjuhtimise jätkusuutlikuse ja ressursside säästmise tagamiseks. Samuti on töö oluline lähtuvalt Euroopa transpordipoliitika sihtidest.

Antud töö teema uurimine oli ajendatud praktilise probleemi lahendamisest ja saadaoleva info kasutamise võimalikkuse uurimisest. Peale töö eesmärgini jõudmise pakub uurimus head alust järgnevate uuringute teostamiseks. Autor tegi töö tulemustes ettepanekuid, milliseid võimalusi on veel Waze´i andmestiku kasutamisel. Tähtis on liiklejaid ohtude eest hoiatada, kuid veel olulisem on takistused teelt kõrvaldada. Läti näitel Waze´i teavituste põhjal teehooldajatele asjakohase info pakkumine on väljavaade, mida võiks antud uurimuse põhjal tulevikus avardada. Antud lahendusse saab liiklusjuhtimise kvaliteedi tõstmiseks kaasata ka muutuva teabega kiirusmärgid. Takistuse asukohale eelnevalt alandada kiirust. Eelkõige võiks järgnevate uurimustena teostada lisa andmete kogumist antud töö täiustamiseks. Kuna töö raames koguti andmestik teatud liiklussagedusega maanteede lõikudelt ei ole kõikidele infotabloodele automatiseerimise parameetrite seadmisel lähtutud andmetest vaid hinnangutest. Kitsaskohtade elimineerimiseks peab uurima täiendavalt Waze´i teavituste iseärasusi madalama liiklussagedusega ja kaherajalistel maantee lõikudel. Uue lahenduse täiustamiseks on vajalik esmase kasutusaja jooksul jälgida selle toimimist ning teha tähelepanekuid. Sel viisil saab täiustada automatiseeritud lahenduse toimivust ja kindlust.

SUMMARY

„Automatic display of Waze alerts on variable message signs“

The purpose of the research was to observe whether Waze reports are reliable enough to be used in traffic management. Waze is the second most used navigation app in the world. In Estonia, it is very popular to use the app's ability to add and view real-time traffic notifications. Within the scope of this thesis, it was studied how to use the popular navigation application Waze to display the warnings in the application also on varriable message signs. The focus was on the category „hazard“ and the possibilities of its use. The author of the thesis looked at the reports in categories: on road car stopped, on shoulder car stopped and hazard on road. In order to assess the reliability of the notifications, the reports indicated in Waze were compared with the traffic camera recording of a specific event. In this way, it was possible to analyze the correctness of Waze reports. Another study was conducted to analyse the change of Waze parameters over the age of the report.

Research questions set to achieve the goal of the work:

- Is the Waze dataset reliable enough to be used for traffic management?
- Based on which criteria to choose which warnings to display?
- What are the risks of automatically displaying notifications?
- Does and how does it increase the quality of the Estonian traffic management service?

Providing accurate and fast traffic information to road users reduces the chances of dangerous traffic situations. At the moment, the problem is that manual management of infoboards is non-systematic, and thus the quality of reporting is very uneven. Data and workflow automation ensures a consistent level of notification. The Estonian Traffic Management Center currently operates 186 electronic traffic signs, of which 33 are information boards. In addition, there are five variable warning signs that can also display a short text. An electronic traffic sign is made with LED technology. Information can be displayed as needed.

In the first part of the work was given an overview of traffic management in Estonia. There was described the practice of warning road users about the dangers on the road before the research. Author also analysed the expected impact of the new solution on the quality of traffic control. The second part of the work focused on the operating principles of the Waze navigation application. Previous studies on this topic were brought out and the possible dangers associated with the new solution were

assessed. The third part gave an overview of the research methodology, and the fourth chapter of the work analyzed the data collected based on the study.

Based on the data, it turned out that Waze's report average response time is 16 minutes. The largest share of notifications, 26%, was marked on the Waze map within one minute of the start of the event. the notification stays on the app map for an average of 54 minutes after the event ends. Two thumbs up is a sufficient indicator that the notification in Waze corresponds to the real situation.

As a result of the work, the automation parameters were defined according to the location of the electronic information boards and distinguishing between night and day time. During the data analysis, based on previous studies, it was confirmed that the parameters set by Waze for assessing the reliability of notifications are not valid enough. The author of the paper found that to ensure the simple functionality of the solution, it is sufficient to consider the number of thumbs up, the location of the varriable message sign and the type of notification when setting the automation parameters. In addition to the aforementioned time restrictions.

In the results of the work, the author suggested what other possibilities there are in using the Waze dataset. Using the example of Latvia, providing relevant information to road maintainers based on Waze notifications is a perspective that could be expanded in the future based on this research. Varriable speed signs can also be included in this solution to improve the quality of traffic control. Reduce speed in the location of the obstacle beforehand. In particular, additional data collection could be carried out as further research to improve this thesis. In order to eliminate bottlenecks, the characteristics of Waze notifications on lower traffic and two-lane road sections need to be further investigated. In order to improve the new solution, it is necessary to monitor its operation during the first period of use and make observations. With purpose of improving the performance and reliability of the automated solution.

VIIDATUD ALLIKAD

[1] Transpordiamet, „Transpordiameti maanteetranspordi valdkonna ITS arengukava 2021-2025,“ [Võrgumaterjal]. Available: https://transpordiamet.ee/its-arengukava-2021-2025. [Kasutatud oktoober 2022].

[2] K. Ali, D. Al-Yaseen ja A. Ejaz, „CrowdITS: Crowdsourcing in intelligent transportation systems,“ *IEEE,* Pariis, 2012.

[3] N. M. Pawar ja N. R. Velaga, „Modelling the influence of time pressure on reaction time of drivers,“ *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour,* kd. 72, pp. 1-22, 2020.

[4] R. Steinbergs ja M. Kligis , „Improving Traffic Safety By Using Waze User Reports,“ %1 *IOP Publishing Ltd,* Riia, 2021.

[5] I. Eriksson, *Towards Integrating Crowdsourced and Official Traffic Data: A study on the integration of data from Waze in traffic,* Uppsala: Uppsala Ülikool, 2019, p. 65.

[6] „Euroopa Parlamendi ja nõukogu direktiiv 2010/40/EL,“ [Võrgumaterjal]. Available: https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2010/40/2018-01-09. [Kasutatud oktoober 2022].

[7] Transpordiamet, „Muutuva teabega liiklusmärgid,“ [Võrgumaterjal]. Available: https://www.transpordiamet.ee/muutuva-teabega-liiklusmargid. [Kasutatud oktoober 2022].

[8] Teede Tehnokeskus, „Maanteeameti Maanteeinfokeskuse teeinfo teenuse tegevusanalüüs,“ Tallinn, 2016.

[9] 112, „Riigiinfo telefon 1247,“ [Võrgumaterjal]. Available: https://www.112.ee/et/juhend/riigiinfo-telefon-1247. [Kasutatud november 2022].

[10] Transpordiamet, „Liiklusjuhtimiskeskus,“ [Võrgumaterjal]. Available: https://www.transpordiamet.ee/liiklusjuhtimiskeskus. [Kasutatud november 2022].

[11] J. Koort, M. Ilustrum, A. Tavast ja M. Pärn, Režissöörid, *Liikleja: Pime aeg ja talvised teeolud, osa 8 hooaeg 1.* [Saade]. Eesti: TeleMogul OÜ, Ilustrumm Media OÜ, 2022.

[12] N. Goodall ja E. Lee, „Comparison of Waze crash and disabled vehicle records with video ground truth,“ *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives,* kd. 1, p. 100019, 2019.

[13] S. Jaksi, *Muutuvteabega kiirusmärkidega kehtestatud kiiruspiirangute mõju kiiruskäitumisele,* Tallinn: Tallinna Tehnikaülikool, 2019, p. 69.

[14] M. E. Esawey, J. Sengupta, J. . E. Babineau ja E. Takyi, „Safety evaluation of variable speed limit system in British Columbia,“ *Journal of Transportation Safety & Security,* kd. 14, nr 10, pp. 1776-1797, 2021.

[15] Apple App Store, „Charts: Navigation,“ [Võrgumaterjal]. Available: https://apps.apple.com/us/charts/iphone/navigation-apps/6010. [Kasutatud september 2022].

[16] Waze Help, „Submit a report on Waze,“ [Võrgumaterjal]. Available: https://support.google.com/waze/answer/6262574?hl=en. [Kasutatud september 2022].

[17] „Waze for Cities Data Program,“ [Võrgumaterjal]. Available: https://web-assets.waze.com/cms/Waze%20for%20Cities-Two-Pager_DIGITAL_Final.pdf. [Kasutatud oktoober 2022].

[18] J. Rapp, „Hoiatused jõuvad juhtideni reaalajas,“ 20 detsember 2015. [Võrgumaterjal]. Available: https://lounapostimees.postimees.ee/3441607/hoiatused-jouavad-juhtideni-reaalajas. [Kasutatud september 2022].

[19] Waze Partners Help, „Get traffic data with the Waze Data feed,“ 13 november 2022. [Võrgumaterjal]. Available: https://support.google.com/waze/partners/answer/10618035#zippy=%2Creported-incidents-included-in-the-waze-data-feed%2Chow-do-incidents-appear-on-the-waze-map. [Kasutatud september 2022].

[20] M. Amin-Naseri, P. Chakraborty, A. Sharma ja S. B. Gilbert, „Evaluating the Reliability, Coverage, and Added Value of Crowdsourced Traffic Incident Reports from Waze,“ *Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board,* 2018.

[21] Z. Lenkei, *Crowdsourced traffic information in traffic management: Evaluation of traffic information from Waze,* Stockholm: KTH Royal Institute of Technology, 2018.

[22] S. Respati, A. Bhaskar ja E. Chungc, „Traffic Data Characterisation: Review and Challenges,“ *Transportation Research Procedia,* kd. 34, pp. 131-138, 2018.

[23] J. Adler, J. Horner ja J. Dyer, „Estimate benefits of crowdsourced data from s,“ U.S. Department of Transportation, 2014.

[24] Wazeopedia, „Your Rank and Points,“ [Võrgumaterjal]. Available: https://wazeopedia.waze.com/wiki/USA/Your_Rank_and_Points?rdfrom=https%3A%2F%2Fwazeopedia.waze.com%2Fwiki%2FCommunityHub%2Findex.php%3Ftitle%3DYour_Rank_and_Points%26redirect%3Dno. [Kasutatud oktoober 2022].

[25] Trafmine. [Võrgumaterjal]. Available: https://trafmine.com/. [Kasutatud juuli 2022].

[26] „Suurima lubatud sõidukiiruse suurendamise tingimused ja kord,“ [Võrgumaterjal]. Available: https://www.riigiteataja.ee/akt/106022018004?leiaKehtiv. [Kasutatud november 2022].

[27] Waze Forum, „Time Limit for Reports,“ oktoober 2018. [Võrgumaterjal]. [Kasutatud september 2022].

[28] P. Liiviste, „Teed kiiremini korda: Waze'i märgitud löökaugud jõuavad nüüdsest otse teehooldajateni,“ Pealinn, 4 aprill 2022. [Võrgumaterjal]. Available: https://pealinn.ee/2022/04/04/wazei-margitud-lookaugud-jouavad-nuudsest-otse-teehooldajateni/. [Kasutatud november 2022].

[29] Lõuna-Eesti Postimees, „Info löökaukude kohta jõuab nüüdsest otse teehooldajateni,“ 6 aprill 2022. [Võrgumaterjal]. [Kasutatud november 2022].

[30] Transpordiamet, „Liiklussageduse 2021. aasta aruanne,“ 2022.

[31] A. Aotäht, „Tänassilmas annab liiklejatele teavet maakonna esimene muutuv märk,“ 15 jaanuar 2022. [Võrgumaterjal]. Available: https://sakala.postimees.ee/7430465/tanassilmas-annab-liiklejatele-teavet-maakonna-esimene-muutuv-mark. [Kasutatud detsember 2022].

LISAD

Lisa 1. Automatiseerimise parameetrid öisel ajal

Lisa 2. Teave muutuva teabega infotabloodel ja tabloode tüübid

Lisa 1. Automatiseerimise parameetrid öisel ajal

Tabel 3. Lahenduse automatiseerimise parameetrid öisel ajal

Tabloo nimi	MNT	AKÖL	Meeldimiste arv	Esmase teavituse pikkus, min
Laagri	4	1	2	30
Lehmja	2	1	2	30
Jüri	2	1	2	30
Kanama 1	4	2	1	30
Kanama 2	4	2	1	30
Sauga	4	2	1	30
Suuresta	2	2	1	30
Vaida	2	2	1	30
Ülenurme 1	2	2	1	30
Märjamaa 1	4	3	1	30
Märjamaa 2	4	3	1	30
Pärnu, Raeküla	4	3	1	30
Kose-Rsiti 1	2	3	1	30
Kose-Risti 2	2	3	1	30
Ardu 1	2	3	1	30
Ardu 2	2	3	1	30
Mustla 1	2	3	1	30
Mustla 2	2	3	1	30
Jõhvi	1	3	1	30
Urge	15	3	1	30
Riisipere	9	3	1	30
Imavere	2	3	1	30
Põltsamaa 1	2	3	1	30
Põltsamaa 2	2	3	1	30
Kärvere	2	3	1	30
Kardla	2	3	1	30
Ülenurme 2	2	3	1	30
Kambja	2	3	1	30
Risti-Haapsalu	9	4	1	30
Sämi	1	4	1	30
Varja	1	4	1	30
Tänassilma	92	4	1	30
Vagula	2	4	1	30
Võrumõisa	2	4	1	30
Ikla	4	5	1	30
Risti-Virtsu	10	5	1	30

Lisa 2. Võimalikud variandid teabest elektroonilistel infotabloodel ja tabloode pildid

Joonis 12. Suur infotabloo [7]

Joonis 13. „Takistus teel“ suurel tablool

Joonis 14. „Seisev sõiduk“ suurel tablool

Joonis 15. „Seisev sõiduk teel“ suurel tablool

Joonis 16. „Seisev sõiduk teepeenral“ suurel tablool

Joonis 17. Väike tabloo tüüp 1

Joonis 18. „Takistus teel“ väiksel tablool tüüp 1

Joonis 19. „Seisev sõiduk“ väiksel tablool tüüp 1

Joonis 20. Väike tabloo tüüp 2 [31]

Joonis 21. „Seisev sõiduk kauguseta“ väiksel tablool tüüp 2

Joonis 22. „Oht- seisev sõiduk või takistus kaugusega“ väiksel tablool tüüp 2