



Martty Aab

**AUTONOOMSETE
TRANSPORDIVAHENDITE
RAKENDAMISE VÕIMALUSED VIIMASE
MIILI LOGISTIKAS TIHEASUSTUSEGA
PIIRKONDADES**

LÕPUTÖÖ

Logistikainstituut

Transport ja logistika õppekava

Juhendajad: Ulrika Hurt ja Heiti Mering

Tallinn 2023

Autori deklaratsioon ja lihtlitsents

Mina, Martty Aab

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: Ulrika Hurt / allkirjastatud digitaalselt

Kaasjuhendaja: Heiti Mering / allkirjastatud digitaalselt

Lõputöö on kaitsmisele lubatud Logistikainstituudi direktori korraldusega.

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Martty Aab

(autori nimi)

sünnikuupäev: 23.05.1999

annan Tallinna Tehnikakõrgkoolile (edaspidi kõrgkool) tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose

„Autonoomsete transpordivahendite rakendamise võimalused viimase miili logistikas tiheasustusega piirkondades”

(lõputöö pealkiri)

1. reprodutseerimiseks paber kandjal 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 12.05.23 / allkirjastatud digitaalselt
(kuupäev) (autori allkiri)

SISUKORD

SISSEJUHATUS.....	5
1 ESIMESE JA VIIMASE MIILI LOGISTIKA TAUST JA AUTONOOMSETE TRANSPORDIVAHENDITE AJALUGU, KIRJELDUS NING KASUTUSVÕIMALUSED	7
1.1 Esimene miil ja kitsaskohad	7
1.2 Viimane miil ja kitsaskohad	7
1.2.1 Keskkonnaga seotud kitsaskohad	8
1.2.2 Majanduslikud kitsaskohad	8
1.3 Autonoomsed transpordivahendid.....	8
1.3.1 Ajalugu	8
1.3.2 Autonoomsete sõidukite tüübid.....	9
1.3.3 Autonoomsuse astmed.....	9
1.3.4 Autonoomsed autod.....	10
1.3.5 Droonid.....	12
1.3.6 Pakirobotid	13
1.3.7 Probleemid ja turvalisus.....	15
1.3.8 Õigusaktid.....	15
1.3.9 Ohutus	16
1.4 Pakiveo robotite kasutuselevõtt viimase miili logistikas	17
1.4.1 Veoringi kulud ja analüüs	19
2 METOODIKA JA ANDMED.....	20
2.1 Uurimuse lähtekohad.....	20
2.2 Metoodika.....	20
2.3 Intervjuud ja neis käsitletud teemad.....	21
2.4 Vaatlusalused ettevõtted.....	21
2.5 Andmete analüüs ja arvutused.....	23

2.6	Hetkeolukorra andmed	23
2.7	Alternatiivse mudeli TNVO ehk (SWOT) analüüs	24
3	ANALÜÜS JA ETTEPANEKUD	26
3.1	Transpordikulu hetkeolukorra põhjal tuhande tellimuse kohta.....	26
3.2	Transpordikulu autonoomse tehnoloogia põhjal tuhande tellimuse kohta.....	27
3.3	Praeguse ja alternatiivse lahenduse võrdlus	28
3.4	Ettepanekud ja järeldused.....	30
	KOKKUVÕTE.....	31
	SUMMARY	33
	VIIDATUD ALLIKAD.....	35
	LISAD	39
	Lisa 1. Intervjuu küsimused toidukaupade e-poe teenusepakkujatele	40
	Lisa 2. Intervjuu küsimused Clevoni esindajale.....	41

SISSEJUHATUS

Viimastel aastatel on nõudlus tõhusate ja säästvate transpordilahenduste järele märkimisväärselt kasvanud, eriti tiheasustusega piirkondades, kus ummikud, saaste ja piiratud ruum on suured probleemid. Nende probleemide lahendamiseks on autonoomsete transpordivahendite kasutamine kujunenud paljulubavaks lahenduseks ka esimese ja viimase miili logistikas. Esimene ja viimane miil on logistika ahela olulised osad, kus kaupu transporditakse lao ja lõppsihtkoha, näiteks kodu või ettevõtte vahel. Need lõigud on sageli kõige kallimad ja aeganõudvamad logistika protsessi osad, kuna need hõlmavad mitmeid sõite ja sagedasi peatuseid. Seetõttu on nende segmentide optimeerimine oluline, et suurendada tõhusust, vähendada kulusid ja parandada klientide rahulolu. Autonoomsed transpordivahendid, nagu droonid, autonoomsed sõidukid ja robotid, võivad muuta esimese ja viimase miili logistikat, pakkudes kiiremaid, kuluefektiivsemaid ja keskkonnasõbralikumaid lahendusi. Autonoomsed transpordivahendid kaotavad vajaduse inimjuhtide järele, mille tõttu vähenevad liiklusummikud, sõidukite arv teedel ja süsinkdioksiidi heitkogused. Käesoleva lõputöö eesmärk on uurida autonoomsete transpordivahendite potentsiaali toidukaupade veos viimase miili logistikas tihedalt asustatud piirkondades nagu näiteks Tallinna kesklinn. Töös analüüsitakse logistika sektori hetkeseisu, selgitatakse välja autonoomsete transpordilahenduste rakendamise väljakutsed ja võimalused, lisaks hinnatakse nende majanduslikku, keskkonnavalast ja sotsiaalset mõju ning kuidas kasutada seda tehnoloogiat logistikatoimingute optimeerimiseks, kulude vähendamiseks ja jätkusuutlikkuse parandamiseks.

Seatud eesmärgi saavutamiseks tuli töö autoril püstitada järgnevad uurimisülesanded:

- Veenduda esimese ja viimase miili logistika probleemides ning kas autonoomsed transpordivahendid aitaksid kaasa nende lahendamisele
- Kaardistada teenusepakkujate hetkeolukord ja nende tuleviku nägemus
- Pakkuda välja alternatiive autonoomsete sõidukite kasutamise näol
- Selgitada välja milline on eeldatav rahaline võit autonoomsete transpordivahendite kasutusele võtmisel

Eesmärkide saavutamiseks kogutakse infot erinevatest teaduslikest uuringutest, analüüsitakse neid ning proovitakse leida lahendusi autonoomsete sõidukite kasutamise näol.

Lisaks sellele intervjueritakse Eesti tuntumaid toidukaupade e-poe teenusepakkujaid, nagu näiteks Selver, Barbora ja Rimi ning saadud info abil analüüsitakse, kas autonoomsetel sõidukitel on sellises keskkonnas üldse tulevikku või mitte – seda nii majanduslikus mõttes kui ka keskkonna mõju poolest.

Käesoleva töö esimene peatükk annab teoreetilise ülevaate esimese ja viimase miili logistikast ning autonoomsete transpordivahendite ajaloost, nende erinevatest tüüpidest, regulatsioonidest ja probleemidest. Lisaks käsitletakse teoreetilises peatükis veel veoringiga seotud kulusid ning nende analüüsimist ja faktoreid, millega peaks autonoomsete transpordi meetodite rakendamisel arvestama.

Teises peatükis annab autor ülevaate uurimisstrateegiast ja üleüldisest metoodikast. Andmete kogumiseks viiakse teenusepakkujatega läbi poolstruktureeritud intervjuud kogumaks informatsiooni antud sektori hetkeolukorra ja tulevikuvisioni kohta.

Viimases peatükis analüüsib autor saadud tulemusi koostades vastavalt neile transpordikulu arvutused, mis võrdlevad sektori hetkeolukorda ja autonoomset alternatiivi. Vastavalt arvutuse tulemustele teeb autor järeldused ja ettepanekud edasisteks tegevusteks.

Töö koostamisel on lähtutud Tallinna Tehnikakõrgkooli 2023. aasta kirjalike tööde vormistamise juhendist.

1 ESIMESE JA VIIMASE MIILI LOGISTIKA TAUST JA AUTONOOMSETE TRANSPORDIVAHENDITE AJALUGU, KIRJELDUS NING KASUTUSVÕIMALUSED

Esimese miili logistika all mõeldakse protsessi, kui kaubad liiguvad tootjalt jaotuskeskustesse või vahendajatele ning viimase miili logistika hõlmab endas kaupade sihtkohta jõudmist. Nende puhul on tegu tarneahela kõige kulukamate osadega. Tulenevalt kasvavatest mahtudest tekivad probleemid nii esimeses kui ka viimases miilis, millest aktuaalsemad tuuakse ka allpool välja.

1.1 Esimene miil ja kitsaskohad

Esimese miili logistika puhul on tegu tarneahela esimeste etappidega. Tarbijate nõudlus kiire transpordi järgi kasvab päevast-päeva, ettevõttelt nõuab antud asjaolu üpris palju ressursi. Tuleb kaaluda uute potentsiaalsete tehnoloogiate kasutusele võtmist ja ka olemasolevate lahenduste efektiivsuse parandamist. Vaatamata kõigele sellele ei vasta esimese miili efektiivsus veel turu ootustele. [1]

Enamjaolt kategoriseeruvad esimese miili logistika alla ettevõtted, kes pakendavad ja väljastavad tellimusi otse tehastest või jaemüügi ladudest edasi jaotuskeskustesse. Kui viimase miili puhul planeeritakse paljude erinevate jaemüüjate vedusid, siis esimese miili puhul vastutab selle eest müüja või vastav teenusepakkuja. Sellisel juhul on suureks probleemiks vedude vähene konsolideeritus, ehk erinevate jaemüüjate saadetisi enamjaolt ei konsolideerita vaid kõik tulevad eraldi. See avaldab omakorda mõju linnapildile tihedama liikluse näol. [1] Suureks probleemiks on ka B2B kontekstis 3PL ettevõtted. Seda seetõttu, et kogu kontroll alates saadetise peale võtmisest kuni selle kohale toimetamiseni on nende käes. Ehk kui kaupa hoitakse 3PL ettevõtte laos, siis väljastatakse see ka sealt, kui seal tekivad mingid probleemid ja viivitused, näiteks kaup on laos kadunud või kuller hilineb, siis kannatab kogu protsess. [1]

1.2 Viimane miil ja kitsaskohad

Viimase miili logistika hõlmab endas tarneahela viimast sammu ehk toote või teenuse kliendini viimist. Tegemine on tarneahela kõige probleemsema, kallima ja saastavama osaga ning probleeme, mida lahendada, on mitmeid. Järgnevates alapeatükkides tuuakse välja erinevad probleemid ja kitsaskohad.

1.2.1 Keskkonnaga seotud kitsaskohad

Kasvavad kaubamahud toovad endaga kaasa mitmeid probleeme: kasvuhoonegaaside taseme tõus, liigne müratase, liiklusõnnetused, ummikud ja lisaks ka infrastruktuuri kahju, näiteks sõiduteede kulumine. Transpordisektori kasvuhoonegaaside heitkogused on ligikaudu 20-25% ülemaailmsetest heitkogusest. Nende koguste kasvule aitab kaasa ka viimase miili ükselt-ukseni transpordi ebaefektiivsus. Võib tulla ette olukordi, kus paki saajat kodus ei ole ning keegi pakki vastu võtta ei saa, see eeldab seda, et järgmisel päeval sõidetakse uuesti sama veoring, kahekordistades sellega minimaalselt võimalikku heitgaaside kogust. Mahtude kasvades on nõudlus ka uute sõiduteede ehitamise ning arendamise järele, millel on mõju keskkonnale – müra, heitgaaside ja rikutud pinnase näol. [15]

1.2.2 Majanduslikud kitsaskohad

Üheks peamiseks viimase miili ebaefektiivsuse ja kulukuse põhjuseks on asjaolu, et ettevõtetelt liikuvad kaubad peavad jõudma erinevate klientideni, kes igauks asub erinevas kohas. Suurte kortermajade puhul on see lisa ajakulu, kuniks klient oma kaupadele järele tuleb, lisaks võib tekkida raskuseid õige aadress leidmisega. Kuna tarne võib toimuda terve päeva vältel, siis ei pruugi klient parasjagu saadaval olla, seega tarne tuleb järgnevatel päevadel uuesti teostada. Muidugi on tänapäeval kasutusel pakiautomaadid, mis vähendavad antud mõju, kuid sarnaselt ükselt-ukseni tarne puhul tuleb viia kaupa erinevatesse pakiautomaatidesse, lisaks tegeleda ka kaupade tagastusega. [16]

1.3 Autonoomsed transpordivahendid

Väljend “autonoomsed transpordivahendid” hõlmab endas palju erinevaid autonoomsete transpordivahendite liike, olgu need täiesti autonoomsed või kaugjuhitavad. Erinevate liikide alla kuuluvad kõik transpordivahendid, millel on autonoomsed omadused, sealhulgas autod, rongid, laevad, parvlaevad ja õhusõidukid, nende hulgas ka droonid. [2]

1.3.1 Ajalugu

Alates esimese auto leiutamisest 19. sajandil, on mõeldud võimalustele kuidas autosid ise, ilma juhita, sõitma panna. Peaaegu, et terve 20. sajandi vältel on seda ideed proovinud realiseerida erinevad autotootjad koostöös ülikoolidega. Üks esmaseid näiteid leidis aset 1920. aastatel, tegu oli raadioteel juhitava autoga, mille toimimine eeldas, et antud isesõitva auto taga sõidab veel üks tavaline auto, mida kasutati kui kontrollkeskust kust signaale edastada, kuhu keerata ja millal pidurdada.

Paarkümmend aastat hiljem jõuti järeldusele, et autonoomseid autosid on mõistlikum juhtida läbi sõiduteede sisse paigutatud elektroonika seadmete. See eeldas teede ümberehitamist millega kaasneks väga suur rahaline kulu. Kuna kõikide teede ümberehitamise plaan kunagi ei realiseerinud, siis tuli leida parem lahendus. Lahenduse leidis 1980. aastatel Saksamaa ülikooli õppejõud Ernst Dickmanns. Oma tiimiga võeti testitavaks sõidukiks Mercedes-Benz buss, kuhu paigaldati vastavad seadmed, mis võimaldaksid autol ise sõita. Testimise tulemusel suutis antud sõiduk autonoomselt sõita 20 km liikluseeta maanteel, keskmise kiirusega 96 km/h. Antud projekt tundus paljulubav ning selle arendamisega tegeleti edasi, 1989. aastaks suutis see tuvastada ka eesolevaid takistusi ning 1990. aastate paiku ka ise sõidurada vahetada. See projekt kasvatas huvi ka teiste seas ja andis julgust paljudele ettevõtetele ja teadlastele sarnase projektiga tegelemiseks. Viimase kahekümne aasta jooksul on autotootjad võtnud kasutusele erinevaid juhiabi tehnoloogiaid, näiteks suudavad enamik uued autod mööda enam-vähem sirget teed sõita umbes minuti ilma, et juht sekkuma peaks. Esimene, kes isesõitvate autodega turule tuli oli Tesla. Kuigi ka nende puhul on juhi kohalolu sõidukis nõutud. Tulenevalt regulatsioonidest ei ole igas riigis võimalik kõiki Tesla autonoomseid funktsioone kasutada.

1.3.2 Autonoomsete sõidukite tüübid

Autonoomsusel on viis erinevat astet, alates sellest, et juht kontrollib kõike kuni selleni, et juht ei pea sõidukis viibima ega seda eemalt juhtima. [3] Allpool tuuakse välja erinevad autonoomsuse astmed ning antakse ülevaade erinevatest autonoomsete transpordivahendite liikidest.

1.3.3 Autonoomsuse astmed

Sõidukite autonoomsusel on erinevad astmed, alustades sõidukitest millel puuduvad igasugused autonoomsed funktsioonid ja lõpetades sõidukitega mis suudavad liigelda ilma, et juht peaks sõidukis viibima. [3]

- **ASTE 0** – autonoomset funktsiooni ei ole, juhil on täielik kontroll sõiduki ja selle juhtimise üle. [3]
- **ASTE 1** – funktsioonipõhine autonoomsus, see tase hõlmab ühte või mitut erinevat juhtimisfunktsiooni. Näiteks elektrooniline stabiilsuskontroll ja ABS pidurid, mis aitavad juhil automaatselt pidurdada, et ta saaks auto üle kontrolli tagasi või peatuks kiiremini, kui juht seda ise suudaks. [3]

- **ASTE 2** – mitme erineva funktsiooniga autonoomsus, mis tähendab, et kaks erinevat funktsiooni töötavad üksteisega koostöös ning seeläbi teevad juhi sõidukogemuse mugavamaks, näiteks adaptiivne püsikiirusehoidja ja sõiduraja hoidmise abi. [3]
- **ASTE 3** – piiratud kasutusega autonoomne funktsioon. Seda võib näha paljudel uutel autodel. Ehk siis kui tingimused on soodsad, suudab auto ilma juhi sisendita ise sõita teatud aja, praegu on see ajavahemik suhteliselt väike, minut või paar ning peale seda annab auto märku, et juht uuesti kontrolli üle võtaks. Seda märguannet eirates peatub auto iseseisvalt esimesel võimalusel. [3]
- **ASTE 4** – täielik autonoomsus. Sõiduk on ehitatud nii, et täidab kõik ohutuskriitilised juhtimisülesanded ja jälgib kogu sõidu ajal liiklusolukorda. Sellise autonoomsus taseme puhul on juhi ülesanne pakkuda navigatsiooni sisendit või sihtkoha sisendit, kuid eeldatavasti ei oma ta kogu sõidu jooksul üheski punktis kontrolli. Sellesse kategooriasse kuuluvad autod, kus kõik olulised otsused tehakse süsteemi poolt ehk juht sõidukis viibima ei pea. [3]

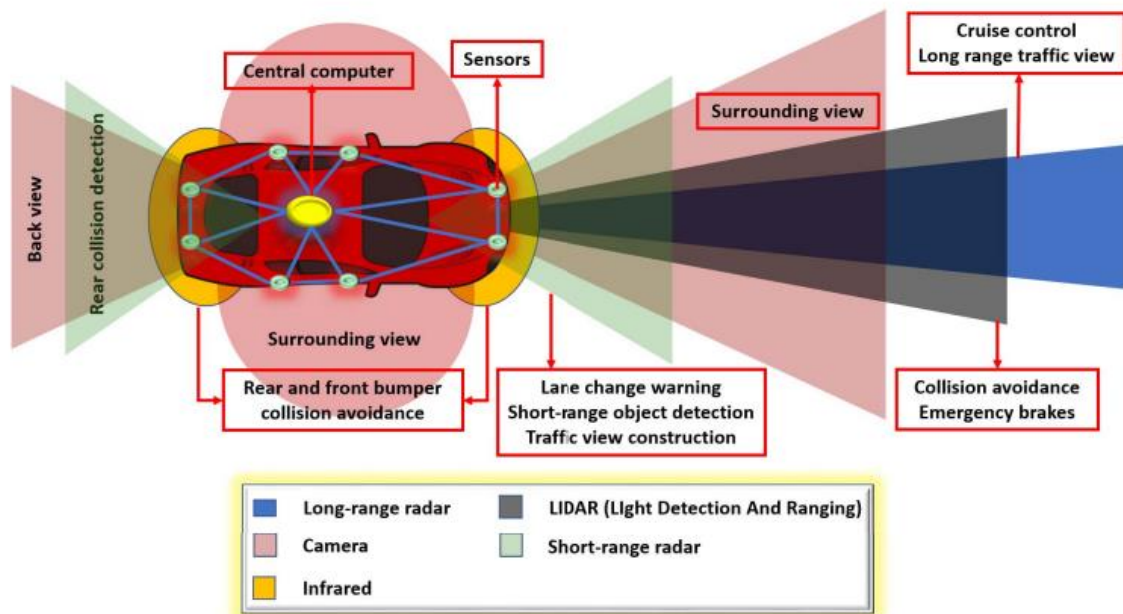
Enamik viimase paari aasta jooksul toodetud autodest tulevad tehast juba varustusega mis teevad neist 3. astme autonoomsusega sõidukid, olgu selleks siis sõiduraja hoidmise assistent või adaptiivne püsikiirusehoidja. Nende sõidukite alla kuuluvad nii Teslad, mis Ameerika Ühendriikides rohkem autonoomseid funktsioone kasutada võivad, kui ka Euroopas tuntud Saksamaa tootjate sõidukid ning ka Aasia autotootjate sõidukid. [3]

1.3.4 Autonoomsed autod

Autonoomsed autod lahendaksid ühe väga olulise probleemi inimeste jaoks kes peavad igapäevaselt tööle sõitmiseks pikemaid vahemaid läbima. Sõitmise asemel oleks võimalik tegeleda töö või mõne muu tegevusega. Lisaks sellele aitaksid autonoomsed autod vähendada ka liiklusõnnetusi. [4]

Autotootjad on ennustanud, et täielikult autonoomseid autosid võime me liikluses näha rohkem järgneva 5-10 aasta jooksul. Tänapäevaks on turul juba valikut mitmete erinevate autotootjate poolt, nagu näiteks Tesla, Renault, Ford ja lisaks ka Google kes küll selle poolest eriti tuntud ei ole. Tulenevalt erinevate riikide regulatsioonidest ei ole igal pool maailmas täielik autonoomsus lubatud mis tähendab, et hetkel on tegu lihtsalt innovatiivse lisa funktsiooniga mille täielikku potentsiaali kasutada pole võimalik. Keegi ei oska täpselt öelda kui kaua võib aega võtta, et inimesed neid massiliselt kasutama hakkavad kuid 2012. Aastal tehtud uuringu põhjal, arvestades kui kiiresti teisi uudseid tehnoloogiaid omandatud on, peaksid isesõitvad autod olema liikluspildis täiesti tavaline nähtus aastaks 2040. [4]

Täieliku autonoomsuse võimaldamiseks peab sõidukil küljes olema mitmeid erinevaid seadmeid, nagu näiteks radarid, lidarid, kaamerad ja muud erinevad sensorid. Kõikide nende seadmete abil teeb auto keskarvuti vastavad valikud, millal kiirendada, pidurdada, keerata, rida vahetada. [24], [6] (Joonis 1)



Joonis 1. Autonoomse sõiduki süsteem [6]

Suuremas mahus kaupade transportiks kasutatakse maanteedel veoautosid. Autojuhtide palgad on viimastel aastatel, eriti peale Covid pandeemiat, olnud väga aktuaalne probleem, palgad moodustavad väga suure osa operatiivkuludest. Muidugi üpris lihtne lahendus sellele oleks isesõitvad veoautod. Logistikasektor näeb autonoomsete veoautode näol võimalust parandada turvalisust ja efektiivsust. Võrreldes turul saadaolevat valikut sõiduautodega on autonoomsete veoautode valik tunduvalt väiksem. Vaatamata sellele peaksid ettevõtted hakkama mõtlema kuidas antud sõidukite turule tulek nende tarneahelat mõjutada võib ning sellest tulenevalt leidma võimalused kuid see tehnoloogia enda jaoks tööle panna. [24]

1.3.5 Droonid

Droonid ehk mehitamata õhusõidukid on meile laialdaselt tuntud juba ligikaudu viimased 10 aastat. Kasutusvõimalusi on mitmeid, alates foto- ja videograafiast kuni sõjatööstuseni välja. Tehnoloogia praeguses seisus on nende ainukeseks konkurentsieeliseks kohaletoometamise aeg, kandevõime on madal mis tähendab seda, et need ei ole suutelised palju erinevaid või raskeid saadetisi vedama. [7]

Droonide kasutamine pakiveol on kiiresti arenev sektor, sellest on huvitatud maailma ühed suurimad nimed nagu näiteks Amazon, DHL ja Google. Hiljutise pandeemia ajal saadi aru sellise teenuse reaalsest vajadusest, inimesed ei saanud kodust välja liikuda seega mugav oleks droonidel kõik vajalikud tooted kiirelt ja kontaktivabalt saajateni transportida. Amazon oli üks esimesi kes otsustas droonidega pakiveo ideest osa võtta, esimene õnnestunud lend toimus 2016. aastal kui nende droon toimetas saadetise 10 miili kaugusele väljastuspunktist. Vaatamata edukale sooritusele ei pannud see alust droonide massilisele kasutamisele pakiveos, sarnaselt kõikidele teistele autonoomsetele transpordivahenditele kehtivad ka droonidele reeglid mida eirata ei tohi. [9]



Joonis 2. Amazoni pakiveo droon [8]

Vaatamata droonide arengule ja hoolimata kõigist suurettevõtete edusammudest droonitehnoloogias esineb antud sektoris endiselt probleeme. Suuremat kasutust leiaksid droonid pigem viimases kui esimeses miilis, seda seetõttu, et nende lennukaugus sõltub paljudest erinevatest faktoritest, nagu näiteks tuul, saadetise kaal, õhutemperatuur ja ka üleüldine ilma olustik. Seetõttu, ei oleks turvaline neid pikema vahemaa läbimiseks kasutada, vähemalt antud mudeleid mis praegu turul laialdaselt saadaval on. Sõjatööstuses on need tunduvalt kaugemale arenenud, küll aga teisel otstarbel. [9]

Enamik praegu turul saadaolevatest droonidest on kõik sarnase lennukauguse ja kandevõimega. Kuna kandevõime jääb ligikaudu 3 kg juurde ja lennukaugus maksimaalselt 30 km juurde siis on osaliselt

selge kus neid potentsiaalselt kasutada saaks. Tiheasustusega piirkondade puhul on üheks ohuks äkitselt tühjaks saav liitiumaku mis tähendab parimal juhul drooni kohest maandumist kuid halvimal alla kukkumist. Liitiumakude üheks miinuseks on temperatuuri tundlikkus, sooja temperatuuri puhul probleeme enamjaolt ei esine kuid alla 5 kraadise õhutemperatuuri juures võivad akud suure osa oma mahutavusest kaotada. Lisaks sellele võivad droonid ohtlikuks muutuda just lennujaama lähistel kus süsteemi vea tõttu võivad sattuda piiratud tsooni ning halvimal juhul seal õnnetuse põhjustada. Siinkohal saab näiteks tuua Tallinna linna kus lennujaam on linnale väga lähedal ning seetõttu on ka rangem kontroll õhuala üle. [10, p. 160]

1.3.6 Pakirobotid

Alternatiiv droonidele on mööda maad liikuvad pakirobotid. Nende puhul ei ole vaja arvestada ei alla kukkumisega ega teistele õhusõidukite teele sattumisega. Väiksematel on võimalik liikuda mööda kõnniteid ning takistusi ja potentsiaalseid ohukohti vältides saadetised saajateni toimetada. See töötaks hetkel ainult linnades ja lühemate distantside puhul. Samas on nende kandevõime droonidest ligikaudu kolm korda suurem, ehk 10 kg mis annab võimaluse ühe korraga rohkem kaupa transportida. [10, p. 164]

Šveitsi riiklik postiettevõtte Swiss Post on oma tarneahela viimases miilis testinud pakiroboteid juba alates 2016. aastast. Kasutusel on Eesti ettevõtte Starship Technologies pakirobotid mis on nüüdseks tuntust kogunud igal pool üle maailma. Swiss Post näeb neis robotites potentsiaali just mõne erilise paki transpordiga mis on vaja kiirelt ja odavalt saajani toimetada. Starshipi roboteid kasutatakse ka Suurbritannias ja Saksamaal, seal leiavad need kasutust peamiselt toidu transportimisel. [10, p. 164]

Starship Technologies robotite näol on tegu kõnniteedel liikuvate robotitega. Need on suutelised vedama nii sooja kui kuuma toitu, lisaks ka väiksemaid saadetisi. Liikumiskiiruseks on kuni 6 km/h mis on sarnane jalakäia keskmisele jalutamiskiirusele. See aitab vähendada robotite ja inimeste vahelisi õnnetusi mis on ohutum mõlemale osapoolle. Robotid on varustatud 12 kaameraga mis annavad võimaluse robotil igale poole enda ümber näha ning vastavalt sellele liigelda. Tegu on elektriajamil töötava robotiga ning ühe laadimiskorraga suudab see ringi liikuda 8 tundi mis on konkurentsivõimeline tulemus, võttes arvesse ka ilmast tingitud tegureid ja raskendatud liikumisvõimalusi. Kõikidel robotitel on vargusevastane süsteem, ehk kui keegi proovib varastada kas robotit ennast või saadetist mida see parasjagu transpordib hakkab tööle vali alarm. Seega robotist saab paki kätte ainult see kes saab oma telefonist roboti asukohta jälgida. [12]



Joonis 3. Starship Technologies robot [11]

Teiseks suureks tegijaks antud maastikul on Clevon. Sarnaselt Starshipile on tegu ka Eesti ettevõttega kes toodab kaugjuhitavaid pakiroboteid, nende puhul on tegu märkimisväärselt suuremate robotitega mis sõidavad sõiduteedel. Clevon lõi platvormi mis ei võimalda ainult saadetiste pealekorjamist ja kohaleviimist vaid midagi laialdasemalt kasutatavat. Tegude on multifunktsionaalse platvormiga mida saab kohandada sõltuvalt kliendi soovidest. Roboti disain võimaldab ettevõttel pakkuda erinevaid teenuseid, olgu selleks siis toidu, väiksemate saadetiste või hoopiski mõne suurema saadetise transportimine. [13]

Clevoni roboti puhul on tegu elekriajamil töötava sõidukiga mis on võimeline liikuma maksimaalselt 50 km/h kuid tulenevalt Eesti Transpordiameti nõudest liigub see meie teedel vaid kuni 25 km/h. Võrreldes väiksemate pakirobotitega on Clevoni mudelil suurem kandevõime, kuni 100kg, see annab võimaluse vedada ka suuremaid saadetisi või väiksemaid saadetisi suuremas koguses. Erinevalt Starshipi robotile suudab Clevon iseseisvalt liikuda kuni 80km või 5 tundi. Viimase miili vedudeks sobib see väga hästi. Lisaks on Clevon välja töötanud kiirlaadija mis on suuteline aku täis laadima ligi tunni ajaga.[13]



Joonis 4. Clevon pakirobot toidukauba transportimiseks [13]

1.3.7 Probleemid ja turvalisus

Üheks suurimaks takistuseks autonoomsete sõidukite massilisel kasutamisel on regulatsioonid. Paari viimase aasta jooksul on hakatud regulatsioonides muudatusi tegema, kuid nende muudatuste kooskõlastamine ja läbiviimine ei juhtu üleöö, sest eelkõige tuleb leida vastused küsimustele mis puudutavad autonoomsete sõidukite eetilistust ja turvalisust.

1.3.8 Õigusaktid

Regulatsioonide muudatusi on hakatud läbi viima üle kogu maailma. Senised konventsioonid ei ole hõlmanud endas autonoomseid sõidukeid ning on pidanud vajalikuks inimjuhi sõidukis viibimist, seetõttu ei ole olnud võimalik täielikult autonoomseid sõidukeid seaduslikult kasutusele võtta. [14]

Hiljuti jõustus muudatus Viini maanteeliikluse konventsioonis, kuhu lisati uus artikkel, mis ei pea enam vajalikuks inimjuhi autos viibimist, kui antud sõidukil on riigi tehniliste eeskirjadega kooskõlas autonoomne juhtimissüsteem. Ka Euroopa Komisjon on omalt poolt muudatusi teinud ning esitanud kõikidele EL liikmesriikidele vastava eelnõu, milles on sätestatud autonoomsete sõidukite juhtimissüsteemide tüübikinnituste eeskirjad. [14]

Eeskujulikuks näiteks võib siinkohal tuua Saksamaa, 2021. aasta suvel viidi läbi liikluseaduse muudatus, mille tulemusena ei ole juhi olemasolu enam täiesti autonoomsete sõidukite puhul nõutud.

Varasema seaduse järgi pidi juht igal juhul sõidukis viibima vaatamata sellele, et tegu võis olla täiesti autonoomse sõidukiga, mis on võimeline ise vajalikke otsuseid tegema. Varasema seaduse kohaselt oli juht kohustatud sekkuma kui sõiduk teda vajadusest teavitas. Sarnaselt Saksamaale on vastavaid liikluseaduse muudatusi viinud läbi ka Jaapan kuid nende puhul on sõiduki haldajal ikkagi kohustus vajaduse korral sõidukite üle kontroll võtta. Suured sammud on tehtud ka Ameerika Ühendriikides kui 2022. aasta esimeses pooles kaotati nõue mille kohaselt pidid autonoomsed sõidukid olema tootja poolt varustatud käsitsijuhtimise seadmetega mis aitas täita kokkupõrke vältimise standardeid. Antud muudatus viidi ellu seetõttu, et General Motors, USA üks suurimaid autotootjaid, palus luba ilma inimesele mõeldud juhtimisseadmega sõiduki ehitamiseks. [14]

Eestis reguleerivad autonoomsete sõidukite kasutust Võlaõigusseadus ja Liikluseadus [25]. Mida suurem on autonoomsuse aste seda keerukam on seda ka kõikide seadustega kooskõlastada. Tulenevalt (VÕS § 1057) kohaselt vastutab mootorsõiduki otsene valdaja selle käitamisel tekkinud kahju eest. Näiteks õnnetuse korral vastutab selle eest sõidukit juhtiv või siis juhi positsioonil olev inimene, olgu see sõiduk siis isesõitev või mitte. Viga ei pea alati olema juhi tekitatud, võib tulla ette ka olukordi kus tekib eksimus hoopis tootjapoolse vea tõttu, sellisel juhul reguleerib seda jällegi Võlaõigusseadus ning (VÕS § 1061) kohaselt on puudusega toote puhul vastutajaks tootja. Näitena võib siin tuua 4. taseme autonoomse sõiduki mis on võimeline ilma juhita liiklema ning õnnetuse korral uurib eeldatavasti kindlustusettevõtte mis põhjusel konkreetne avarii juhtus ja sellest tulenevalt vastutab siis kas sõiduki omanik või tootja. [18]

1.3.9 Ohutus

Ligikaudu 90% liiklusõnnetustest tulenevad inimeste eksimustest. Autonoomsete sõidukite kasutuselevõtt võiks olulisemate faktorite eksimuste protsenti suurel hulgal vähendada või pikemas perspektiivis ehk ka täiesti ära kaotada, ületades samal ajal inimeste otsustusvõime kiirust ja ka vastava manöövri tegemist. Vaatamata kõigele heale võib esile tulla ka uusi riske, nagu näiteks see, et inimesed võivad autonoomseid sõidukid liialt usaldama hakata. Kui liiklusõnnetusi ei juhtu siis milleks kasutada turvavööd, ka jalakäijad ei pruugi enam ohuga piisavalt arvestada mis võib omakorda kaasa tuua õnnetusjuhtumite kasvu. Sarnaselt inimestele võivad eksida ka masinad, mida rohkem erinevaid tehnoloogilisi lahendusi seda suurem tõenäosus on võimalikule eksimusele. [17]

Euroopas on autonoomsete sõidukite testimine seaduslikult lubatud ja määratletud. Võrreldes Ameerika Ühendriikidega on Euroopa poolt sätestatud reeglid karmimad. Ameerika Ühendriigid püüavad pigem olla just esimene ja innovatiivseim samas võib see kaasa tuua õnnetusi. Euroopa on

otsustanud valida just selle seisukoha mis kaitseb inimesi erinevate tehnoloogiliste riskide eest. Ehk kui USAs on autonoomsete sõidukite testimine lubatud peaaegu, et igal pool siis Euroopas on see lubatud ainult kindlaks määratud teedel ja piiratud kiirusega. [17]

Üheks oluliseks turvalisuse aspektiks on vastutus liiklusõnnetuse korral. Kui praegu on vastutajaks liiklusõnnetuse põhjustanud autojuht või jalakäija siis autonoomsete sõidukite puhul see samamoodi töötada ei pruugi. Autonoomsete sõidukite puhul võiks vastutus lasuda justkui autotootjatel, sest nemad on välja töötanud süsteemi mis peaks olema suuteline ise sõitma, ning mille eest tarbija maksab. Praeguseks ei ole veel selge millisel määral jagatakse vastutus inimese ja süsteemi vahel. Esimeste täiesti autonoomsete sõidukite puhul võib näha süsteemi mis annab inimesele võimaluse vajaduse korral juhtimist üle võtta, tähendab seda, et kriitilises situatsioonis peab inimene kiiresti reageerima ning kui ta seda teha ei suuda siis lasub vastutus justkui tema õlule. [17]

Autonoomse süsteemi toimimiseks peab olema sõiduk varustatud vastava tehnoloogiaga, erinevad sensorid, kaamerad, GPS süsteem, nende abil kogub süsteem infot ja teeb vastavad otsused. See toob kaasa endaga privaatsuse vähenemise, põhimõtteliselt on autotootjatel või tarkvara haldajal juurdepääs kogu infole, kust-kuhu need sõidukid sõidavad jne. Muidugi algne eesmärk on seda infot kasutada sõiduki juhtimiseks kuid selles ei saa alati kindel olla, et seda valedel eesmärkidel ära ei kasutata. Autonoomsete sõidukite toimimiseks on vajalik interneti ühendus mis toob endaga kaasa turvariski, pahatahtlikul inimesel on võimalik antud süsteemi eemalt manipuleerida ning panna sõidukit sõitma hoopis teise sihtkohta või põhjustada hoopis avarii. [17]

1.4 Pakiveo robotite kasutuselevõtt viimase miili logistikas

Alternatiivseks lahenduseks kullerile ja pakiautole võiks olla autonoomne pakirobot mis kauba ise lähtekohast sihtkohta toimetab. See vähendaks töjõukuluid kui ka ökoloogilist jalajälge. Tulenevalt sellest, et töjõukulud moodustavad viimase miili logistika kuludest ligikaudu kaks kolmandikku annab see võimaluse autonoomsetel transpordivahenditel antud sektori kuludes murrangulisi muudatusi teha. Autonoomseid sõidukeid on erinevaid, kuid praegusel ajahetkel kõige laiemate kasutusvõimalustega on mööda maad liikuvad sõidukid, nagu näiteks pakiveo robotid millest juba eelnevalt juttu oli.

Antud sõidukid on võimelised autonoomselt liiklema kuid kui nende süsteem tuvastab mingi ebatavalise olukorra siis tuleb teleoperaatoril sekkuda ja antud olukord lahendada. Seda saab teha distantsilt, praeguseks on läbi viidud ka katse kus kaugjuhiti antud robotit 8500km kauguselt. [13]

Robot asus Eestis, Viljandis ning teleopereerimise jaam Ameerika Ühendriikides, Texase osariigis. Võrreldes praegu kasutusel oleva süsteemiga on Clevoni pakirobot märkimisväärselt keskkonnasäästlikum seda seetõttu, et tegu on elektriajamil töötava sõidukiga. Kui Clevoni pakiroboti heitgaaside kogus on 0g/km siis sise põlemismootoriga pakiauto heitgaaside kogus on ligikaudu 230g/km kohta. [13, 26]

Roboti maksumus on praegusel hetkel ligikaudu 50 000 eurot, seda seetõttu, et masstootmisega veel alustatud ei ole, kuid prognoositavalt peaks suurema nõudluse ja laialdasema kasutamise korral hind langema keskmise pakiauto tasemele. Võttes arvesse ka seda, et antud tehnoloogia muutub ajas kättesaadavamaks ja odavamaks. Kui sise põlemismootoritega sõidukitel on üheks oluliseks kulu faktoriks kütusekulu siis elektriajamil töötavate sõidukite puhul tuleb arvestada elektri kuluga, et sõiduki akusid laadida. Ühe laadimisega on robot suuteline sõitma ligikaudu 100 kilomeetrit, sõltuvalt ilmast, liiklustihedusest ja veetava kauba kogusest. Probleemaatiliseks küljeks võib tuua akude laadimise, seda mitte laadimistsükli pikkuse tõttu vaid seepärast, et sõidukit ei saa praegu laadida juba eksisteerivates elektrisõidukite laadimispunktides. See eeldab lisa investeeringut laadimislahenduse paigaldamiseks. Clevon pakub nii juhtmevaba kui juhtmega laadimist ning mõlemal juhul jääb laadimistsükli pikkus 100 minuti juurde. Täis akuga suudab robot läbida umbes 80km või 5h. Üheks efektiivseks lahenduseks võiks olla laadija paiknemine kaupade jaotuskeskustes kus robot kauba peale laadimiseks igal juhul seisma peab. [13]

Tulenevalt roboti autonoomsetest omadusest ei ole vaja inimest kes selle juhtimisega kogu aeg tegeleks ning selle tulemusena on võimalik tööjõukulude pealt märkimisväärselt säästa. Kui praegusel momendil tegeleb üks teleoperaator ühe robotiga siis Clevoni sõnul on realsuses üks operaator suuteline kontrollima kuni kümmet pakirobotit. [13] Teleoperaatori amet ei nõua suuremat vastutust ega paremat diplomit kui kulleri amet mis tähendab, et keskmine palk jääb samasse vahemikku.

Sarnase lahenduse katsetamiseks on Clevon astunud sammu Leedus, seal katsetati 2022. aasta kolmandas kvartalis toidukaupade kohaletoimetamist riigi ühe suurima toidukaupade jaemüüjaga IKI. [13]

1.4.1 Veoringi kulud ja analüüs

Autonoomsete transpordivahendite kasutuselevõtt võib ettevõtte jaoks tähendada esialgu kulude kasvu kuid pikemas perspektiivis peaks uudne tehnoloogia aitama kuludelt kokku hoida.

Kui ettevõtte kaalub autonoomse transpordi kasutamist traditsioonilise transpordi asemel, peaks ta võtma arvesse erinevaid logistikakulusid. Nende hulka kuuluvad sõidukite soetamise ja hoolduse kulud, kütusekulud, kindlustus, juhi palk ja muud seotud tööjõukulud. Lisaks peaks ettevõtte arvestama autonoomse tehnoloogia integreerimise kulusid olemasolevatesse süsteemidesse ning ka kulusid, mis on seotud töötajate koolitamisega antud tehnoloogia kasutamiseks ja hooldamiseks. Samuti on oluline kaaluda autonoomsete sõidukite kasutamise seotud regulatiivseid kulusid ja õiguslikke kohustusi, lisaks võimalikke kulusid, mis on seotud muutuvate õigusaktide ja standarditega kohanemisega. Pikemas perspektiivis peaks autonoomse transpordi kasutamisega kaasnema võimalik kulude kokkuvõtte, näiteks vähenenud kütusekulu, väiksemad tööjõukulud ja lisaks ka potentsiaalne efektiivsuse kasv. Kõiki neid faktoreid arvesse võttes saab ettevõtte teha otsuse, kas rakendada uut tehnoloogiat oma tarneahelas või mitte. [22, 23]

Ostuhinna poolest on autonoomsed sõidukid praegu kallimad kui traditsioonilised sõidukid, kuid kui võttes arvesse tehnoloogia kiiret arengut ja selle odavnemist ajast siis paar järgneva aasta jooksul võivad hinnad olla samadel tasemetel. Lisaks võib tööjõu- ja kütusekulude vähenemisega kaasnev kulude kokkuvõtte aja jooksul kompenseerida alginvesteeringu. [22]

Efektiivsuse kasv on oluline tegur investeeringu tasuvuse määramisel. Autonoomsed sõidukid võivad parandada ohutust ja vähendada õnnetusi, optimeerida marsruute ja vähendada sõiduaega ning suurendada sõidukite kasutust, kuna nad töötavad ööpäevaringselt. Need parandused võivad kaasa tuua kulude kokkuvõtte ja tulude suurenemise. Samuti on oluline kaaluda autonoomsete sõidukite kasutuselevõttu saadava kasu realiseerimise ajahorisont. Kui mõned eelised, näiteks tööjõukulude vähenemine, võivad realiseeruda kohe, siis teiste eeliste, näiteks ohutuse paranemine ja hoolduskulude vähenemine, realiseerumine võib võtta kauem aega. [21, 23]

Autonoomsete sõidukite tasuvust analüüsid, peaksid ettevõtte tegema põhjaliku kulude-tulude analüüsi, mis võtab arvesse kõiki asjakohaseid tegureid. Selles analüüsis tuleks arvesse võtta tehnoloogia otseseid kulusid, oodatavat tõhususe kasvu ja kasu realiseerimise ajahorisont. Lisaks võib läbi viia tundlikkusanalüüsi, et hinnata selliste ebakindlate tegurite mõju nagu kütusekulude muutused või ootamatu tööseisak. [22, 21]

2 METOODIKA JA ANDMED

Käesoleva töö uurimisobjektiks olid autonoomsed transpordivahendid kui alternatiivne lahendus toidukaupade transportimiseks Tallinna kesklinna näitel.

2.1 Uurimuse lähtekohad

Lõputöö eesmärgiks on välja selgitada milline on hetkeolukord Tallinna kesklinnas transporditavate toidukaupadega, näiteks E-Selveri või Rimi kullerteenuste kasutamisel ning pakkuda välja alternatiivseid lahendusi autonoomsete transpordivahendite kasutamiseks.

Lähtuvalt püstitatud eesmärkidest on empiirilise uurimise ülesanded järgnevad:

- kaardistada teenusepakkujate hetkeolukord ja nende tuleviku nägemus
- pakkuda välja alternatiive autonoomsete sõidukite kasutamise näol
- arvutada välja praeguse ja autori poolt pakutud alternatiivse lahenduse kulud ning võrrelda neid

Antud uurimistöö ajendiks on autonoomsete sõidukite tehnoloogia uudsus ning potentsiaalne majanduslik ning ökoloogiline kasu. Tulenevalt uurimistöö eesmärgist – selgitada välja kas Tallinna kesklinna toidukaupade vedudeks oleks majanduslikult odavam ja keskkonna säästlikum viis kasutada autonoomseid transpordivahendeid või jätkata praegu kasutusel oleva lahendusega, intervjueris töö autor kolme toidukaupade e-poe teenusepakkujat ning autonoomsete pakirobotite tootjat Clevon.

2.2 Metoodika

Töö viidi läbi neljas etapis, alustuseks analüüsiti erialasest kirjandust mis annab ülevaate uurimisobjektiga seonduvast. Püstitatud eesmärkide kohaselt oli vaja läbi viia intervjuud teenusepakkujatega. Teenusepakkujate valik tehti sihipärase valimi alusel kuna teada on Eesti populaarsemad toidukaupade e-poe teenusepakkujad. Antud väide leidis kinnitust ka Kantar Emori 2022. aasta uuringus. Intervjuude läbiviimisel kasutas autor kvalitatiivse ja kvantitatiivse meetodi kombinatsiooni poolstruktureeritud intervjuude näol kuna osa intervjuu küsimustest olid arvuliste väärtustega. Andmete analüüsimiseks kasutati kirjeldava statistika ja temaatilise andmeanalüüsi meetodeid. Kirjeldav statistika aitas autoril paremini mõista intervjuu kvantitatiivseid tulemusi mille abil saab välja arvutada hetkese lahenduse ja alternatiivse lahenduse transpordikulud mis annab

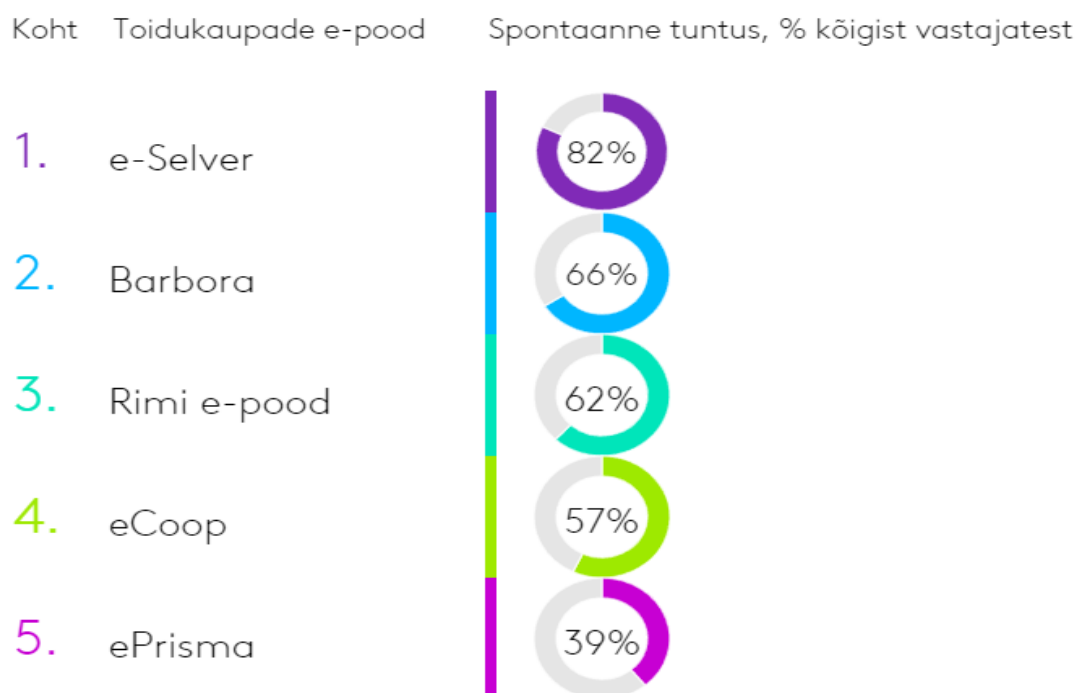
vastuse hüpoteesile: “Autonoomsete transpordivahendite kasutamine veebist tellitud toidukaupade kättetoimetamiseks Tallinna kesklinnas on majanduslikult otstarbekam ja ökoloogiliselt jätkusuutlikum kui traditsiooniliste kullerteenuste ja kaubikute kasutamine.”

2.3 Intervjuud ja neis käsitletud teemad

Interjuveeriti kolme suurima turuosaga toidukaupade e-poe teenusepakkujat ja ühte autonoomsete sõidukite tootjat ning läbivateks teemadeks olid tellimuste mahud, veoringide distants, strateegilised eesmärgid ning tuleviku visioon ja ka meelestatus uute tehnoloogiate kasutusele võtmisest. Lisaks eelmainitule veel ka peamised probleemid praegu kasutusel oleva mudeli juures. Intervjuu küsimused koostas autor ise vastavalt seatud eesmärkidele ning need viidi läbi telefoni ja videosuhtluse teel kasutades selleks Microsoft Teams platvormi.(LISA 1, LISA 2)

2.4 Vaatlusalused ettevõtted

Teenusepakkujate valik tehti vastavalt Kantar Emori 2022. aasta uuringule kus küsitleti 567 Eesti elanikku vanuses 20-60 eluaastat seoses nende e-poe teenusepakkuja eelistustega (joonis 6).



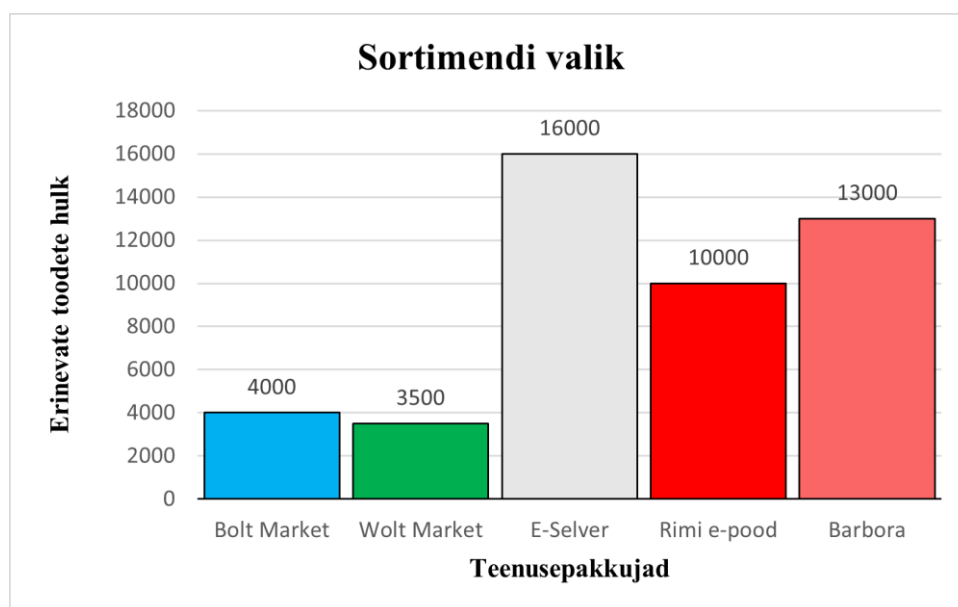
Joonis 6. Kantar Emori 2022. aasta uuringu tulemused [20]

Eesti üheks suurimaks toidukaupade e-poe teenusepakkujaks on E-Selver. Selver otsustas 2015. aastal tulla turule uue mudeliga milleks oli võimalus tellida tooteid e-poest otse koju. Esialgu oli tarne piirkond piiratud kuid 2021. aastal laiendati seda piirkonda üle kogu Eesti. [19]

Lisaks E-Selverile tellivad inimesed ka Barborast ja Rimi e-poest. Barbora tuli turule 2018 aastal ning on sellest saadik oma turuosa väga palju kasvatanud. Rimi alustas oma e-poega esialgu Lätis 2019. aastal kuid juba peagi laienedi ka Eestisse, seda 2020. aastal keset pandeemi aega. See andis uuele ärimudelile tohutu tõuke ning kasv jätkub senimaani.

Clevon on autonoomseid pakiroboteid tootev Eesti ettevõtte. Esimene prototüüp jõudis Eesti tänavatele 2020. aastal ning tänaseks on läbi viidud mitmeid erinevaid pilootprojekte erinevates riikides ja linnades. Eesti siseselt on pilootprojekte viidud läbi koostöös DPD ja DHL'ga Tallinna erinevates piirkondades.

Viimaste aasta jooksul on turule tulnud ka Bolt – ja Wolt Market kuid autor neid esialgu enda valimisse ei kaasanud, seda seetõttu, et nende sortimendi valik on hetkel veel konkurentidega võrreldes küllaltki väike (joonis 7). Lisaks sellele kasutavad nad tellimuste kohaletoometamiseks teist süsteemi kui E-Selver, Barbora ja Rimi. Kuid muidugi on tulevikus võimalik uusi tehnoloogiad rakendada, kas siis Clevoni- või Starship robotite näol.



Joonis 7. Toidukaupade e-poe teenusepakkujate sortiment [autori koostatud intervjuu vastuste põhjal, LISA 1]

2.5 Andmete analüüs ja arvutused

Intervjuudest kogutud informatsiooni analüüsiti kirjeldava statistika ja temaatilise analüüsi meetodi abil, seda seetõttu, et osa intervjuu küsimustest olid arvuliste väärtustega. Temaatilist analüüsi kasutas autor teenusepakujate vastustest sarnasuste leidmiseks ja nende võrdlemiseks. Analüüsi tulemusel sai autor algandmed mille põhjal teha arvutused võrdlemaks autonoomse pakiroboti ja hetkeolukorra transpordikulused.

2.6 Hetkeolukorra andmed

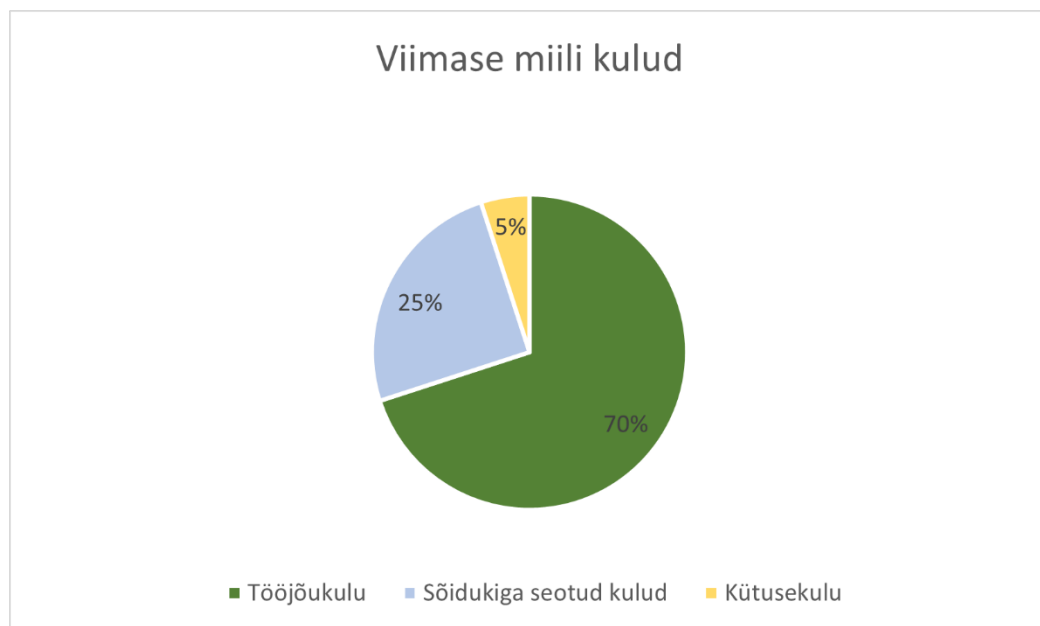
Toidukaupade internetist tellimine on aasta-aastalt kasvanud ning antud trend jätkub. Sellest tulenevalt näeme linnapildis üha rohkem pakiautosid, olgu need siis Barbora, E-Selveri, Rimi või hoopiski mõne pakiveo ettevõtte kirjades ja värvides.

Tallinna kesklinna piirkonnas elab rahvastikuregistri andmetel ligikaudu 70000 inimest. [28] Enamik antud piirkonnas paiknevatest toidupoodidest on väikesed ning ilma erilise sortimendi valikuta. Suured toidupoodidest asuvad ikkagi äärelinnas mis tähendab, et kesklinnas elavatel inimestel tuleb toidu ja esmatarbe kaupade ostmiseks minna ikkagi suuremasse poodi. See eeldab neilt ühistranspordi või auto kasutamist. Ühistranspordi miinuseks võib tuua suuremate sisseostude tegemisel tekkiva ebamugavuse. Kuigi ühistransport liigub suhteliselt tiheda ajagraafikuga siis võib tulla ette ka olukordi kus peab endiselt ootama, ning seda siis mitme suure toidukotiga. Lisaks sellele kasutavad ühistransporti ka teised inimesed ning kui antud hetkel peaks olema tiptund siis raskendab see ka neis transpordivahendites koha leidmist ja liikumist. Auto kasutamine on küll lahendus eelnevalt mainitud ühistranspordi probleemidele kuid autoga liigeldes tuleb arvestada ummikutega ja parkimise probleemidega lisaks ka ülalpidamis kuludega.

Alternatiivseks lahenduseks pakuvad toidupoed võimalust tellida toidu -ja esmatarbekaupade kuller transpordiga kas koju, töökohta või kus iganes inimene oma kaupa saada soovib. Ainuke eeldus on see, et kaup toimetatakse kliendini antud päeva jooksul, suurte mahtude korral ka järgmisel päeval. Kuigi kesklinna piirkond ei ole elanike poolest kõige suurem siis uurimistöö raames läbi viidud intervjuu tulemuste kohaselt on antud piirkonna tellimuste mahud kõige suuremad ja seda just ülal mainitud põhjustel, suurte poodide puudumise ja isiklike autode osakaalu vähenemise tõttu. Muidugi tuleb e-poest tellides arvestada ka transpordikuluga, valitud 3 teenusepakkuja transpordi hinnad on järgnevad: Barbora 1,99-3,49 eurot ning tasuta transport alates 59,99 eurost, Rimi 1,99-4,99 eurot, sarnaselt tasuta transport alates 59,99 eurost, Selver 2,9-12,9 eurot sõltuvalt vahemaast ning tasuta

transpordi võimalust ei pakuta. Ehk siis transpordi hinna järgi kasvavalt on Barbora, selle järel Rimi ning siis Selver. Sellise transpordiviisi kasutamine eeldab, pakiauto liisingu makset, kulleri palka, logistiku töötasu ning kütusekulu.

Viimase miili kuludest ligikaudu 60-80% moodustavad tööjõukulud, ehk siin kohal siis kulleri ja logistiku palgad, sellele järgnevad kulud seotud sõidukiga mis on umbes 25% ning ülejäänud kulub kütusele. Ehk kõige lihtsam viis kulude langetamiseks oleks optimeerida tööjõukulusid. Kullerite ja logistikute palgad kasvavad koos kõige muuga seega neid lihtsalt langetada pole võimalik. Elu kallineb aastalt-aastasse ning selle vastu midagi teha ei saa. Vastavalt Statistikaameti andmetele on Harjumaa kulleri keskmine kuu töötasu ligikaudu 1200 eurot bruto, mis tähendab tööandja jaoks 1600 eurost kulu. Lisaks kullerile on vaja ka logistikut, Statistikaameti andmetel on nende keskmine palk ligikaudu 2000 eurot bruto mis tähendab tööandja jaoks 2700 eurost kulu. Tööjõukulude järel tulevad sõiduvahendiga seotud kulud, selle sisse kuulub igakuine liisingumakse ning lisaks ka hoolduskulud. Uue pakiauto hind jääb keskmiselt 30-40000 euro vahemikku, mis eeldab 290-360 eurost kulu igakuiselt liisingumakse näol, lisaks veel hoolduskulud.



Joonis 5. Viimase miili kulude jaotus protsentuaalselt [autori koostatud]

2.7 Alternatiivse mudeli TNVO ehk (SWOT) analüüs

Selle analüüsi eesmärgiks on anda selgem ülevaade antud mudeli tugevustest, nõrkustest, võimalustest ja ohtudest mis peaks omakorda andma ideid kuidas seda uut tehnoloogiat kõige efektiivsemalt kasutada saab, võttes arvesse ka selle nõrkuseid ja ohtusid.

Tugevused:

- Parem tõhusus ja kiirem kättetoimetamine võrreldes traditsiooniliste kullerteenustega.
- Madalamad tegevuskulud tänu väiksemale vajadusele inimele ja kütusekulu järele.
- Vähenenud süsinikdioksiidi heitkogused ja keskkonnamõju võrreldes traditsiooniliste kullerteenustega.
- Suurem ohutus, kuna inimlike eksimuste ja liiklusõnnetuste risk on väiksem.

Nõrkused:

- Piiratud kandevõime ja tegevusulatus võrreldes traditsiooniliste kullerautodega.
- Vastuvõtlikkus tehnilistele riketele, mis võivad põhjustada tarne hilinemist või tühistamist.
- Piiratud võime liikuda keerulises linnakeskkonnas, eriti tihedas või rahvarohkes piirkonnas.

Võimalused:

- Suurenev nõudlus kättetoimetamisteenuste järele, mis tuleneb e-kaubanduse kasvust ja tarbijate muutuvast käitumisest.
- Võimalikud partnerlussuhted veebipõhiste jaemüüjate, logistikateenuste pakkujate ja teiste valdkonna ettevõtjatega, et laiendada turu ulatust ja parandada tõhusust.
- Võimalus edasiseks tehnoloogiliseks arenguks, et parandada robotite võimekust ja ületada praeguseid piiranguid.

Ohud:

- Konkurents väljakujunenud kuller- ja logistikateenuste pakkujate poolt, kes omavad suuremaid ressursse ja turuosa.
- Õiguslikud ja regulatiivsed takistused autonoomsete robotite laialdasel kasutuselevõtul kaubanduslikel eesmärkidel.
- Inimeste meelestatus uue tehnoloogia osas.

3 ANALÜÜS JA ETTEPANEKUD

Järgnevad alapeatükid räägivad autori poolt läbi viidud intervjuu tulemustel ja kogutud andmete põhjal tehtud arvutuskäikudest mis annavad täpse ülevaate nii autonoomse transpordivahendi kui praegu kasutusel oleva süsteemi kuludest ning mille tulemuste põhjal saab teha vastavad järeldused.

3.1 Transpordikulu hetkeolukorra põhjal tuhande tellimuse kohta

Intervjuu tulemustest selgus, et Tallinna kesklinna tellimuste arv sõltub küll mõneti hooajast kuid jääb enamjaolt 5000 - 7000 tellimuse vahemikku ühes kalendrikuus. Seega tellimuste arvu ja eelnevalt mainitud andmete abil saame arvutada 1000 tellimuse transpordikulu. Intervjuu tulemustest on meil teada, et ühte pakiautosse mahub ligikaudu 24 poekotti või 12 plastikust kasti kus poekotte transpordi käigus hoiustatakse, need on omakorda ladustatud kihiti. Esimese asjana arvutatakse mitu veoringi tuleb teha, et ühe kuu jooksul viia kohale keskmiselt 6000 tellimust:

$6000 \text{ tellimust} / 24 \text{ kotti ühe veoringiga} = 250 \text{ veoringi.}$

Keskmise veoringi pikkuseks Tallinna keskkonnas on ligikaudu 30 km, selle abil saame me arvutada kuus läbitavate kilomeetrid:

$30 \text{ km} \times 250 \text{ (veoringi)} = 7500 \text{ km kuus.}$

Maanteeameti info põhjal on pakiautode keskmine kütusekulu 10 L / 100 KM mis tähendab, et kuus kulub $7500 \text{ (km kuus)} / 100 \text{ (km)} = 750 \text{ L}$ kütust. Kütuse hind on küll viimaste kuude jooksul langenud kuid keskmiseks liitri hinnaks arvestama selle arvutuse juures 1,5 eur / L kohta. Saame teada, et kuus kulub kütuse peale:

$750 \text{ L} \times 1,5 \text{ eur} = 1125 \text{ eurot.}$

Järgmisena arvutame välja tööjõukulu, siinkohal peame arvestama logistiku palgafondi ja kahe kulleri palgafondi. Kullereid peab olema vähemalt 2, et sellises mahus tellimusi täita. Tööjõukulu ühes kuus on arvutatud vastavalt Statistikaameti andmete põhjal, Harjumaa logistiku ja kulleri keskmine palka arvestades. Arvutused on teostatud tööandja palgafondi kulu, mitte keskmise brutopalka kohaselt. Kulleri palgafondi kulu on 1600 eurot ning logistiku palgafondi kulu 2700 eurot, 2 kulleri puhul on arvutus järgmine:

$1600 \text{ eur} + 1600 \text{ eur} + 2700 \text{ eur} = 5900 \text{ eurot.}$

Transpordikulu koos keskmiselt 6000 tellimuse kohta leiame järgmiselt:

$325 + 325 \text{ eur (sõidukite liisingu kuumakse)} + 5900 \text{ eur (tööjõukulu)} + 1125 \text{ eur (kütusekulu)} = 7675 \text{ eur.}$

Suurematel ettevõtetel võivad olla lepingud kütusefirmadega mis tagavad neile soodsama hinna ning lisaks on võimalik kasutada erinevaid maksusoodustusi kuid konkreetsesse mudelisse neid ei kaasatud.

Lisaks arvutame välja transpordikulu 1000 tellimuse kohta, sest eelnev arvutuskäik tehti kuu keskmise kohta mis võib sõltuvalt hooajast erineda.

$7675 \text{ eur} / 6 = \text{ligikaudu } 1280 \text{ eurot.}$

Seega transpordikulu 1000 tellimuse kohta praeguse tehnoloogia põhjal on ligikaudu 1280 eurot.

3.2 Transpordikulu autonoomse tehnoloogia põhjal tuhande tellimuse kohta

Autonoomse transpordivahendi kasutamine sellisel viisil võiks vähendada keskkonna mõju ning pikemas perspektiivis olla ka majanduslikult otstarbekam. Kuu keskmise, 6000 tellimuse, transpordikulu arvutamisel peab võtma arvesse seda, et võrdluseks kasutatav Clevon pakirobot on väiksema mahutavusega kui tavaline pakiauto.

Hetkel on Clevoni poolt välja arendatud sarnaseks otstarbeks mõeldud mudel (joonis 4) mille mahutavus on ligikaudu 10 toidukotti. Seda on 2,5 korda vähem kui praegusel lahendusel. Arvutuste tegemisel tuleb kasutada nii mitut robotit mis annavad mahutavuseks kokku 24 toidukotti. Iga pakiauto kohta on vaja 2,5 robotit, et samas mahus tellimusi kohale toimetada. Praegu kasutusel oleva lahenduse arvutusi tehti 2 pakiauto ja 2 kulleri alusel. Võrdsete tingimuste saavutamiseks tuleb teha arvutusi 5 robotiga. Teades, et kalendrikuus toimetatakse klientideni keskmiselt 6000 tellimust siis saame selle abil arvutada mitu veoringi on selleks tarvis:

$6000 \text{ (veoringi)} / 10 \text{ (toidukotiga ühe veoringi kohta)} = 600 \text{ veoringi.}$

Keskmiseks veoringi pikkuseks Tallinna kesklinnas on 30 kilomeetrit mille abil saame arvutada kuus läbitavad kilomeetrid:

$30 \text{ km} \times 600 \text{ veoringi} = 18\,000 \text{ km.}$

Ühe roboti sõiduulatus on 80 km mis tähendab, et peale igat kahte ringi on vaja akusid laadida. Tegu on elektriajamil sõitvate robotitega seega tuleb arvutada elektri kulu 6000 tellimuse kohta. Teame, et täis akuga suudab robot kohale toimetada 20 tellimust. Laadimistsükklite arvu leiame järgmisel:

$6000 \text{ tellimust} / 20 \text{ tellimuse} = 300 \text{ laadimistsükklit}$.

Ühe laadimistsükkli hinnaks kujuneb ligikaudu 2 eurot võttes arvesse viimase 12 kuu elektrihinna keskmist 18,38 s/kWh. Eelnevalt arvatud 300 laadimise hinnaks kujuneb:

$300 \text{ laadimistsükklit} \times 2 \text{ eur} = 600 \text{ eurot}$.

Üheks suurimaks eeliseks autonoomse roboti lahenduse puhul on tööjõukulude pealt kokku hoidmine. Kui igal pakiautol peab olema ka juht siis autonoomsete sõidukite puhul on vaja ühte teleoperaatorit 10 roboti kohta. Tööjõukulu arvutame järgmiselt:

$1600 \text{ (teleoperaator)} + 2700 \text{ (logistik)} = 4300 \text{ eurot}$.

Ühe roboti maksumus on täna umbes 50 000 eurot. Sarnaste tingimuste loomiseks peame kasutama igakuist liisingumakset milleks on 500 eurot kuus. Tulenevalt vajadusest 5 roboti järgi peame tegema vastava arvutuse:

$5 \text{ robotit} \times 500 \text{ eur} = 2500 \text{ eurot kuus}$.

Transpordikulu arvutamiseks liidame kokku tööjõukulu, elektri kulu ja sõiduki kulud:

$4300 \text{ eurot} + 600 \text{ eurot} + 2500 \text{ eurot} = 7400 \text{ eurot}$ 6000 tellimuse kohale toimetamiseks.

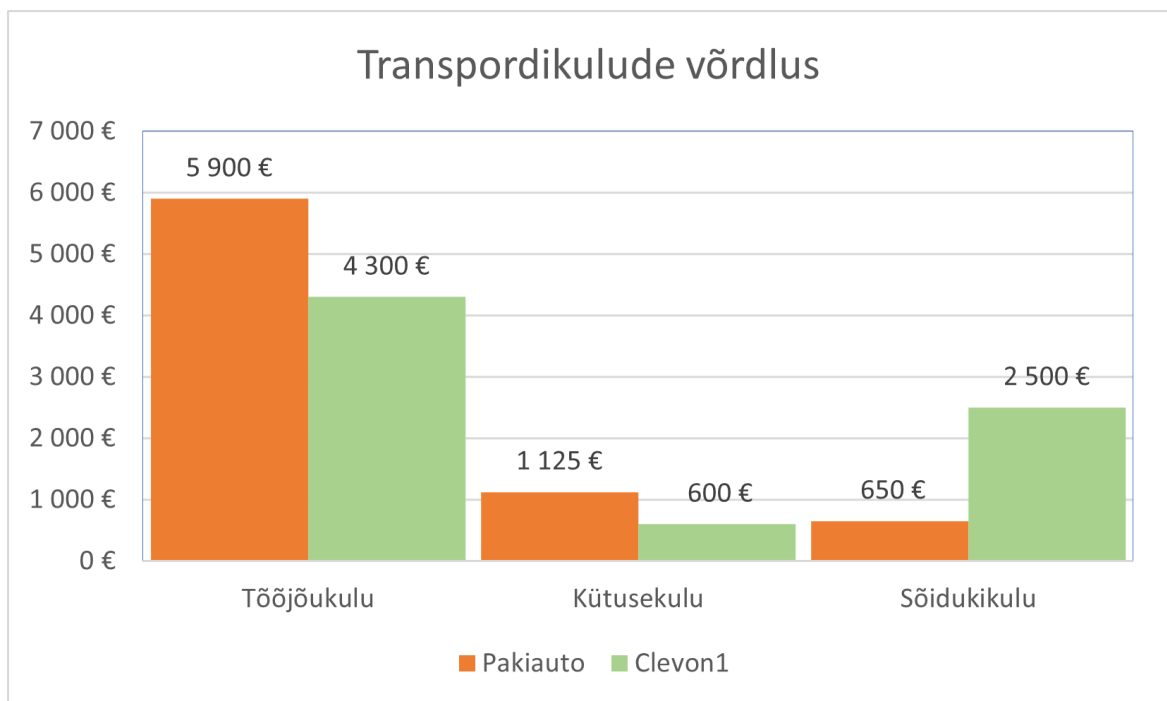
Teades 6000 tellimuse transpordikulu saame arvutada 1000 tellimuse kulu:

$7400 / 6 = \text{ligikaudu } 1230 \text{ eurot}$.

3.3 Praeguse ja alternatiivse lahenduse võrdlus

Arvutuste tulemustest selgus, et autonoomse transpordi kasutamise korral võiksid transpordikulud 6000 tellimuse kohta olla ligikaudu 7400 eurot ning praeguse, kulleri ja pakiauto, meetodi puhul 7675 eurot. Tulemused jäävad üsnagi sarnasesse vahemikku mis tähendab seda, et antud mahtude puhul rahalist midagi ei säästetaks. Üheks autonoomse transpordivahendi suurimaks eeliseks on tööjõukulu sääst nagu ka arvutustest selgus, 5900 eurot praeguse lahendusega ja 4300 eurot autonoomse lahenduse puhul. Igakuiselt säästaks see tööjõukuludelt 28%. Elektriajamil autonoomne pakirobot

annab eelise ka kütusekulude osas, kui akude laadimiseks kulub ühes kuus umbes 600 eurot siis pakiauto puhul jääb see kulu 1125 euro juurde, võrreldes praeguse situatsiooniga aitaks alternatiivne lahendus säästa kütusekuludelt 53% kuus. Arvestades, et autonoomne tehnoloogia arendamine on praegu veel üsna kulukas siis on ka selgelt aru saada, et need kulud kajastuvad kõik teenuste ja toodete hindades. Antud mahus tellimuste kohaletoimetamiseks läheks vaja kahte pakiautot või 5 *Clevon1* pakirobotit. Igakuised liisingumaksud jäävad pakiautode puhul ligikaudu 650 euro juurde kuid robotite puhul 2500 euro juurde. See eeldab transpordivahendite eest igakuiselt peaaegu 4 kordset kulu. Selles situatsioonis suudab küll autonoomne pakirobot ühe korraga vähem tellimusi kohale toimetada kuid pikemas perspektiivis ja suuremate mahtude korral annaks ühe roboti 500 eurone liisingumakse võimaluse säästa kulleri palgafondi 1600 eurose kulu pealt.



Joonis 8. transpordikulude võrdlus ühes kuus osadeks jaotatuna [autori koostatud]

Tulenevalt liiklusseaduse piirangudest on Clevoni pakirobotil lubatud liigelda maksimaalselt 25 km/h mis tähendab tellimuste kohaletoimetamisest tulenevat lisa ajakulu. Kui ühe veoringi pikkus jääb Tallinna kesklinnas keskmiselt 30 km juurde siis kulub robotil kaks korda rohkem aega kui pakiautol ja kulleril. Eesti Liiklusseadus annab elektriajamil sõidukitele ühe eelise, milleks on võimalus kasutada ühissõidukite radu. Tallinna kesklinn on suure liiklussagedusega piirkond ning võimalus kasutada ühissõidukitele mõeldud radasid aitaks vältida ummikuid ning tellimuste kohaletoimetamise aega parandada.

3.4 Ettepanekud ja järeldused

Üheks peamiseks probleemiks autonoomsete sõidukite laialdasemalt kasutamisel on vastavad õigusaktid. Kui nende kaasajastamine ja uute paragrahvide lisamine tõsisemalt käsile võetakse siis annaks see ka võimaluse autonoomseid sõidukeid laialdasemalt kasutusele võtta. Pikemas perspektiivis oleks see kordades kasulikum nii loodusele kui ka majandusele. Viimase aasta jooksul on Clevon viinud läbi mitmeid pilootprojekte koostöös logistika ettevõtetega, nagu näiteks DPD ja DHL, mille abil saab Clevon oma toodet ja teenust arendada. Lisaks aitab see aru saada ka praegustest seadusandluse probleemidest mis autonoomsete sõidukite kasutust pärsivad.

Käesoleva lõputöö tulemusel on transpordikulu arvutuste põhjal selgunud, et praeguste tellimusmahtude juures ei anna autonoomsete transpordivahendite kasutamine erilist majanduslikku eelist kuid mahtude kasvamise korral ja lisa sõidukite ostmise puhul oleks võimalik tööjõukulude pealt märkimisväärselt säästa. Võttes arvesse, et toidu e-poest tellimine on viimaste aastatega märkimisväärselt populaarsust kogunud siis pole küsimus selles kas mahud kasvavad vaid kui palju nad kasvavad. Autonoomse alternatiivi üheks kitsaskohaks on praeguste regulatsioonide juures tellimuste kohaletoimetamise kiirus kuna nende piirkiiruseks on 25 km/h. Tulevikus võib see probleem piirkiiruse tõstmisega lahenduse leida kuid praegu peaks keskendumise sellel kuidas saaks autonoomsele alternatiivile anda kõige lühema distantsiga tellimused. E-poodide jaotuspunktid paiknevad pigem kesklinna äärealadele kuid lahendus sellele võiks olla võimalus kaupa korjata ka kesklinna keskmes paiknevatest väiksematest toidupoodidest. Sortimendi valik on küll mõnevõrra väiksem kuid tellimusi annaks vastavalt selle liigitada, süsteemis sisestamise korral saaks vastavalt tellitud kaubale ja aadressile selgitada välja millisest poest oleks kõige mõistlikum kaupa väljastada.

Kui kümne *Clevon1* pakiroboti kulu võib ettevõtte jaoks igakuiselt olla 5000 euro ringis siis tööjõukuludelt aitaks see säästa 9 kulleri palga jagu, ligikaudu 14 400 eurot kuus. Arvestades autonoomse tehnoloogia hetkest seisust ja potentsiaalseid arenguvõimalusi oleks kõige efektiivsem kasutada mõlemat, nii pakiautot kui ka autonoomset transpordivahendit korraga. Nende kasutamise eelistus võiks sõltuda vastavalt tellimusmahtudest ja veoringi pikkustest. Kui on teada, et tellimuste hulk konkreetsele veoringile ei ületa kümnet toidukotti siis oleks mõistlik kasutada autonoomset alternatiivi ning suuremahuliste tellimuste puhul pakiautot ja kullerit. Tegu võiks esialgu olla hübriid süsteemiga mis annaks nii kliendile kui ettevõttele võimaluse uue tehnoloogiaga kohaneda ja arendada seda vastavalt vajadusele ja klientide tagasisidele.

KOKKUVÕTE

Käesoleva uurimistöö algul seatud eesmärgist ja uurimisküsimustest tulenevalt keskendus autor esimese ja viimase miili logistika probleemide uurimisele ja neis etappides autonoomsete transpordivahendite rakendamise võimalustele. Probleemide välja selgitamiseks kogus autor infot erinevatest teaduslikest allikatest ja analüüsis põhjalikult autonoomsete transpordivahendite kasutamist toidukaupade transpordis viimase miili logistikas Tallinna kesklinna näitel. Selgitamaks välja, kas autonoomsete transpordivahendite kasutamine viimase miili logistikas toidukaupade veos oleks majanduslikult ja ökoloogiliselt mõistlikum lahendus praegusele, intervjueris autor kolme peamist toidukaupade e-poe teenusepakkujat Eestis Selver, Rimi ja Baroba ning autonoomsete sõidukite tootjat Clevon.

Töö on jaotatud kolmeks suuremas peatükiks kus esimeses keskendutakse uurimistöö teoreetilistele alustele mis koosnevad esimese ja viimase miili logistika probleemidest, autonoomsete sõidukite ülevaatest, kirjeldusest ja kasutusvõimalustest. Teises peatükis on välja toodud lõputöö metoodika kirjeldus ja meetodid mida andmete kogumiseks ja analüüsimiseks kasutati. Viimases peatükis on välja toodud arvutuskäigud võrdlemaks autonoomset transpordivahendit ja mitte autonoomse transpordivahendit ning nende transpordikuluseid. Arvutuste tulemusena sai autor kinnitust uurimistöös püstitatud hüpoteesile ja vastuseid uurimisküsimustele.

Antud uurimistöö teema on aktuaalne kuna autonoomsete transpordivahendite kasutamine muutub üha olulisemaks viimase miili logistikas tänu oma kulutõhususele, kiirusele ja usaldusväärsusele, ohutusele ja keskkonnaalastele eelistele. Viimase miili tarne on tavaliselt tarneprotsessi kõige kallim osa ja selle protsessi automatiseerimine võib kulusid märkimisväärselt vähendada. Autonoomne transport võib töötada ööpäevaringselt ja liikuda liikluses tõhusamalt kui mitte autonoomne transport, võimaldades kiiremaid ja usaldusväärsemaid tarneid, eriti ajaliselt tundlike tarnete puhul, näiteks toidu- või meditsiinitööstuses. Lisaks võib autonoomne transport vähendada õnnetuste ohtu, kuna need on varustatud anduritega ja suudavad teha kiireid otsuseid, et vältida kokkupõrkeid. Samuti võivad need aidata vähendada süsinikdioksiidi heitkoguseid, kuna enamjaolt on tegu elektrilijajamil töötavate sõidukitega, see on eriti oluline linnapiirkondades, kus hea õhukvaliteet on suureks probleemiks. Üldiselt pakub autonoomne transport viimase miili logistikas mitmeid eeliseid, mistõttu on see üha populaarsem lahendus ettevõtetele, kes soovivad oma tarneahelat optimeerida.

Autori hinnangul sai lõputöö eesmärk täidetud ja välja selgitatud, et autonoomsete transpordivahendite kasutamisel toidukaupade veos viimases miilis oleks potentsiaali kuid vaatamata sellele tuleks eelnevalt lahendada mõned regulatiivsed takistused ja koguda infot erinevate, samas valdkonnas läbi viidavate, pilootprojektide tulemustest.

Edaspidiselt võiksid rohkem ettevõtteid oma viimase miili logistikasse autonoomseid transpordivahendeid implementeerida. Esmapilgul tundub, et tegu on kalli ja arendust vajava tehnoloogiaga kuid pikemas perspektiivis aitab see ettevõttel kasumlikkust kasvatada, näiteks tööjõukulude arvelt või säästetud raha ettevõtte arengusse tagasi suunates.

SUMMARY

Autonoomsete transpordivahendite rakendamise võimalused viimase miili logistikas tiheasustusega piirkondades - The Potential of Autonomous Transport Means for Last Mile Logistics in Densely Populated Areas

The research conducted by the author focused on the challenges of first and last mile logistics and the potential of implementing autonomous means of transport in these stages, particularly in the transportation of groceries in densely populated areas such as Tallinn city centre. By analysing the use of autonomous vehicles in the last-mile logistics of grocery transport and interviewing three Estonian grocery e-store service providers Selver, Rimi and Barбора, also Clevo, a manufacturer of autonomous vehicles, the author sought to determine whether the use of autonomous means of transport in last-mile logistics for grocery transport would be more economically and ecologically viable than the current system.

The research is divided into three major chapters. The first chapter outlines the theoretical foundations of the research, which includes issues related to first and last mile logistics, an overview, description, and potential uses of autonomous vehicles. This chapter also explores the benefits of using autonomous vehicles, such as improved cost-effectiveness, speed, and reliability, enhanced safety features, and reduced environmental impact.

The second chapter describes the methodology used for data collection and analysis. The author gathered information from various scientific sources and conducted interviews with three major e-shop service providers and a manufacturer of autonomous vehicles to analyse the current state of the logistics sector and identify the challenges and opportunities of implementing autonomous transport solutions.

The final chapter outlines the calculation steps to compare autonomous vehicles and non-autonomous vehicles and their transportation costs. Through these calculations, the author was able to confirm the hypothesis of the research and answer the research questions. The results showed that the use of autonomous means of transport for the last mile of grocery transport has potential, but regulatory hurdles need to be overcome and information should be gathered from the results of different pilot projects in the same field.

The topic of this research is becoming increasingly important, as the use of autonomous means of transport is gaining popularity in last mile logistics due to its numerous advantages, such as cost-effectiveness, speed, and reliability, safety features, and environmental benefits. Automating the last-mile delivery process can significantly reduce costs, as this is typically the most expensive part of the delivery process. Autonomous transport can also operate around the clock and move traffic more efficiently than non-autonomous transport, allowing for faster and more reliable deliveries, particularly for time-sensitive deliveries such as in the food or medical industries.

Moreover, the use of autonomous vehicles can reduce the risk of accidents as they are equipped with sensors and can make quick decisions to avoid collisions. Additionally, autonomous vehicles are often electric vehicles, which can help to reduce carbon dioxide emissions, particularly in urban areas where good air quality is a major concern. Overall, the use of autonomous means of transport in last-mile logistics offers a number of advantages, making it an increasingly popular solution for companies looking to optimize their supply chain.

In conclusion, the author successfully achieved the objective of the thesis and demonstrated that the use of autonomous means of transport for the last mile of grocery transport has potential. However, it is important to note that there are regulatory hurdles that need to be overcome, and it is essential to gather information from the results of different pilot projects in the same field. In the future, more companies could integrate autonomous means of transport into their last mile logistics to improve efficiency, reduce costs, and enhance sustainability.

VIIDATUD ALLIKAD

- [1] I. Giménez-Palacios *et al.*, “First-mile logistics parcel pickup: Vehicle routing with packing constraints under disruption,” *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, vol. 164, p. 102812, Aug. 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.tre.2022.102812>.
- [2] “ET Ühinenud mitmekesisuses ET Euroopa Parlament,” 2014. Accessed: Mar. 15, 2023. [Online]. Available: https://www.europarl.europa.eu/meetdocs/2014_2019/plmrep/COMMITTEES/TRAN/AD/2017/01-12/1109378ET.pdf
- [3] P. Davidson and A. Spinoulas, “AUTONOMOUS VEHICLES -WHAT COULD THIS MEAN FOR THE FUTURE OF TRANSPORT?,” 2015. Available: <http://transposition.com.au/papers/AutonomousVehicles.pdf>
- [4] D. J. Teece, “Tesla and the Reshaping of the Auto Industry,” *Management and Organization Review*, vol. 14, no. 3, pp. 501–512, Sep. 2018, doi: <https://doi.org/10.1017/mor.2018.33>.
- [5] R. Hussain and S. Zeadally, “Autonomous Cars: Research Results, Issues, and Future Challenges,” *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, vol. 21, no. 2, pp. 1275–1313, 2019, doi: <https://doi.org/10.1109/comst.2018.2869360>.
- [6] R. Hussain and S. Zeadally, “Autonomous Cars: Research Results, Issues, and Future Challenges,” *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, vol. 21, no. 2, pp. 1275–1313, 2019, doi: <https://doi.org/10.1109/comst.2018.2869360>.
- [7] W. Lee, B. Alkouz, B. Shahzaad, and A. Bouguettaya, “Package Delivery Using Autonomous Drones in Skyways,” *Adjunct Proceedings of the 2021 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing and Proceedings of the 2021 ACM International Symposium on Wearable Computers*, Sep. 2021, doi: <https://doi.org/10.1145/3460418.3479289>.
- [8] Berkeley Lovelace Jr, “The future arrives? Amazon’s Prime Air completes its first drone delivery,” *CNBC*, Dec. 14, 2016. <https://www.cnbc.com/2016/12/14/the-future-arrives-amazons-prime-air-completes-its-first-drone-delivery.html> (accessed Mar. 16, 2023).

- [9] T. Benarbia and K. Kyamakya, “A Literature Review of Drone-Based Package Delivery Logistics Systems and Their Implementation Feasibility,” *Sustainability*, vol. 14, no. 1, p. 360, Dec. 2021, doi: <https://doi.org/10.3390/su14010360>.
- [10] J. M. Bell and K. Lyon, “The Logistics and Supply Chain Innovation Handbook,” *Google Books*, 2019. https://books.google.lv/books?hl=en&lr=&id=K5-eDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=K.+L.+John+Manners-Bell,+The+Logistics+and+Supply+Chain+innovation+handbook&ots=02ANWZ6Kit&sig=dCdy7RPNUwoqzyYdr58TNUM1oeg&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false (accessed Mar. 16, 2023).
- [11] Jnewsdesk and I. Krug, “Starship robots may return in future under new dining contractor - The Pitt News,” *The Pitt News*, Sep. 23, 2020. <https://pittnews.com/article/160259/news/starship-robots-may-return-in-future-under-new-dining-contractor/#> (accessed Mar. 16, 2023).
- [12] “Starship Robots - Your Local, Community Helpers - Starship Technologies: Autonomous robot delivery,” *Starship Technologies: Autonomous robot delivery*, Jan. 03, 2023. <https://www.starship.xyz/the-starship-robot/> (accessed Mar. 16, 2023).
- [13] “CLEVON 1 – Clevon,” *Clevon*, Jan. 27, 2023. <https://clevon.com/et/clevon1/> (accessed Mar. 16, 2023).
- [14] T. Hoffmann, “Isesõidukid – kes juhib, kes vastutab? - Arenguseire Keskus,” *Arenguseire Keskus*, Dec. 22, 2022. <https://arenguseire.ee/pikksilm/isesoidukid-kes-juhib-kes-vastutab/> (accessed Mar. 19, 2023).
- [15] T. Bosona, “Urban Freight Last Mile Logistics—Challenges and Opportunities to Improve Sustainability: A Literature Review,” *Sustainability*, vol. 12, no. 21, p. 8769, Oct. 2020, doi: <https://doi.org/10.3390/su12218769>.
- [16] Y. Deutsch and B. Golany, “A parcel locker network as a solution to the logistics last mile problem,” *International Journal of Production Research*, 2018. https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00207543.2017.1395490?casa_token=LcQBEF2o4fkAAAAA%3A2ZnsFylS1BL15T8g6R3g6YzvZaccDtVWUQqiV_WAMBrd6sez3UW4FVKihscg9gnvyQezNAxF9Ac6MA (accessed Mar. 26, 2023).

- [17] A. Taeihagh and H. Si Min Lim, “Governing autonomous vehicles: emerging responses for safety, liability, privacy, cybersecurity, and industry risks,” *Transport Reviews*, 2019. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/01441647.2018.1494640> (accessed Mar. 26, 2023).
- [18] “Võlaõigusseadus–Riigi Teataja,” *Riigiteataja.ee*, 2013. <https://www.riigiteataja.ee/akt/108072011021> (accessed Apr. 21, 2023).
- [19] “Selver,” *Selver.ee*, 2023. <https://www.selver.ee/selverist> (accessed Apr. 21, 2023).
- [20] “Parim toidukaupade e-pood on e-Selver - Kantar Emor,” *Kantar Emor*, Jun. 08, 2022. <https://www.kantaremor.ee/pressiteated/parim-toidukaupade-e-pood-on-e-selver/> (accessed Apr. 21, 2023).
- [21] N. Slack, A. Brandon-Jones, and R. Johnston, “Seventh Edition Operations Management ,” 2013. Available: https://colbournecollege.weebly.com/uploads/2/3/7/9/23793496/operations_management_by_slack_nigel_7th.pdf
- [22] M. Christopher, *Logistics & Supply Chain Management*, 5th ed. Harlow, England ; New York: Pearson Education, 2016.
- [23] V. Meldert and D. Boeck, “Introducing autonomous vehicles in logistics: a review from a broad perspective,” *FEB Research Report KBI_1618*, Jun. 2016. <https://lirias.kuleuven.be/1719958?limo=0> (accessed May 09, 2023).
- [24] D. Klappich, “Hype Cycle for Supply Chain Execution Technologies, 2020,” Jul. 2020.
- [25] “Võlaõigusseadus–Riigi Teataja,” *Riigiteataja.ee*, 2023. <https://www.riigiteataja.ee/akt/117032023080> (accessed May 09, 2023).
- [26] “Peugeot Boxer | Tehniline info,” *Peugeot.ee*, 2022. <https://www.peugeot.ee/et/peugeot-mudelivalik/peugeot-soidukid/boxer/tehniline-info.html> (accessed May 09, 2023).

[28] “Tallinna elanike arv,” *Tallinn*, 2023. <https://www.tallinn.ee/et/tallinna-elanike-arv> (accessed May 09, 2023).

LISAD

Lisa 1. Intervjuu küsimused toidukaupade e-poe teenusepakkujatele

Lisa 2. Intervjuu küsimused Clevoni esindajale

Lisa 1. Intervjuu küsimused toidukaupade e-poe teenusepakkujatele

Kui palju igakuiselt tellitud kaubast toimetatakse klientideni Tallinna kesklinnas?

Milline on tavapärase ühe veoringi jooksul läbitav vahemaa Tallinna kesklinnas?

Kui palju aega võtab ühel veoringil tellimuste kohaletoimetamine?

Kas olete kaalunud autonoomsete transpordisüsteemide kaasamist oma tarnetoimingutesse? Kui jah, siis milliseid võimalikke eeliseid selles näete?

Kuidas te eristute oma konkurentidest tarne ja logistika osas?

Kas olete täheldanud mingeid hiljutisi suundumusi tellimuste mahu või tarnesageduse osas? Kui jah, siis millega te neid suundumusi seostate ja kuidas te kavatsete neile reageerida?

Milliseid tarnevõimalusi te oma klientidele pakute, näiteks sama päeva tarne või erinevad tarneaknad?

Mitu erinevat toodet teie sortimendi valikus on?

Lisa 2. Intervjuu küsimused Clevoni esindajale

Milliste kuludega tuleks Clevoni pakiroboti soetamisel arvestada?

Miks peaks viimases miilis kasutama Clevoni pakirobotit pakiauto ja kulleri asemel? Millised on eelised?

Kas Clevon pakub ainult ise teleopereerimise teenust või on võimalik kliendil kas ise vastavad inimesed välja koolitada?

Kuidas teie roboti laadimine töötab, saab seda laadida praegu eksisteerivates elektrisõidukite laadimispunktides?

Milliseid pilootprojekte olete te läbi viinud ja koostöös kellega?

Millised olid tulemused ja klientide tagasiside Leedus tehtud pilootprojektis koostöös IKIga?

Miks on tänavapildis Clevoni pakiroboteid üsna vähe näha?