



**TAL
TECH**

NAASTREHVIDE MÕJU UURING

Uuringu aruanne

06.2020

Uuringu tellija: Tallinna Keskkonna- ja Kommunaalamet

Uuringu autorid: (roll uuringus, ja /või lühikirjeldus akadeemilise tausta kohta)

- **Ain Kendra**, TalTech lektor (Ehituse ja arhitektuuri instituut) / T-Konsult OÜ, vastutav täitja
- **Jaanus Kaugerand**, TalTech doktorant (Tarkvarateaduse instituut), naastrehvide tuvastamine audiosignaali analüüsis
- **Jürgo-Sören Preden**, Thinnect, konsultant – sensorid avalikus ruumis
- **Tauri Väli**, TalTech MSc (teedeehitus)
- **Marken Murdla**, Tallinna Tehnikakõrgkool BSc (teedeehitus)
- **Allan Lahi**, Mektory, projekti koordinaator

Tallinna Tehnikaülikool

Telefon: 620 2002

E-post: info@taltech.ee

Ehitajate tee 5, 19086 Tallinn

T-konsult OÜ

Telefon: 5171055

E-post: ain@t-konsult.ee

Mäepealse 2/1, 12618 Tallinn

SISUKORD

| | |
|---|----|
| Lühendid (viited)..... | 3 |
| Kokkuvõte..... | 4 |
| Sissejuhatus..... | 6 |
| 1. Uuringu tulemused | 7 |
| 1.1. Naastukasutus Tallinnas | 7 |
| 1.2. Erinevate rehvitüüpide võrdlustestid ja nende analüüs..... | 8 |
| 1.3. Automaatne tuvastamine..... | 10 |
| 1.4. Riigi ja omavalitsuste lamell- ja naastrehvide kasutuse praktikad..... | 12 |
| 1.5. Tolmuanalüüs..... | 15 |
| 1.6. Automaatseire..... | 16 |
| 1.7. Roopasügavuse arengu analüüs..... | 17 |
| 1.8. Naastukasutuse mõju | 18 |
| 1.8.1. Naastukasutuse mõju tervisele..... | 18 |
| 1.8.2. Naastukasutus, saast ja liiklusohutus..... | 18 |
| 1.8.3. Naastukasutuse majanduslik mõju..... | 20 |
| 1.9. Naastukasutuse maksustamine..... | 23 |
| 1.10. Küsitlus naast või lamell..... | 27 |
| 2. Soovitusi edasiseks..... | 29 |
| 2.1. Teadlikkus – vajalikud uuringud..... | 29 |
| 2.2. Kasutuse suunamise pehmed meetodid | 30 |
| 2.3. Kasutuse suunamine läbi keeldude..... | 31 |
| Kasutatud kirjandus | 33 |
| Lisad | 34 |
| Lisa 1 – Tauri Väli magistritöö (juh. Ain Kendra) | 34 |
| Lisa 2 – Marken Murdla bakalaureusetöö (juh. Sven Sillamäe) | 34 |
| Lisa 3 – Audiosignaali analüüsi teadustöö (juh. Jaanus Kaugerand) | 34 |
| Lisa 4 – Tolmukogumise ja analüüsi lähteülesanne..... | 34 |
| Lisa 5 Käesoleva uuringu lähteülesanne | 36 |

LÜHENDID (VIITED)

| Lühend | Selgitus |
|-------------|--|
| MM | Marken Murdla, Naastrehvide kasutuse osakaal ja selle mõju Tallinnas, TKTK bakalaureusetöö, Tallinn 2020 |
| TV | Tauri Väli, Naastrehvide kasutamine Tallinnas ning sellest tulenevate probleemide vähendamine Soome, Rootsi ja Norra näitel, TTÜ magistritöö ¹ , Tallinn 2020 |
| EKUK | Eesti Keskkonnauuringute Keskus |
| TKTK | Tallinna Kõrgem Tehnikakool |
| TTÜ | Tallinna Tehnikaülikool, ka TalTech |
| KOV | Kohalik omavalitsus |
| AI | Artificial Intelligence - tehisintellekt |
| EMHI | Riigi Ilmateenistus |
| LEZ | Low Emission Zone, ala kuhu sõidukite pääsu piiratakse saasteklasside alusel |
| AKÖL | Aastakeskmise ööpäevane liiklussagedus (tee ristlõikes) |

¹ <https://digikogu.taltech.ee/et/Download/9b33dcc1-5592-4384-af39-36e60ad08469>

KOKKUVÕTE

1) Naastrehvikasutuse loendustulemus – Tallinnas on naastukasutus 62% ja see on aastatega langenud. Loendust tuleks korrata järgmisel talvel.

2) Erinevate rehvitüüpide võrdlustest on tehnikaajakirjad koostanud juba pikemat aega. Testitulemused on põhiosas mõõdetavad subjektiivsete punktitabelitega, otseselt võrreldav on pidurdustekond ning selles osas on lamellrehvi tulemused pidevalt paranenud võrreldes naastrehvidega välja arvatud vahetult jääl teostatud katsetes.

3) Naastrehvi automaatse tuvastamise katsetööd tuginevad AI-rakendustel (tehisintellekt), Soomes on valitud katsetamiseks statsionaarsed püsiloenduspunktid maanteel, TTÜ eksperdid katsetavad mobiilse tehnoloogiaga. Jätkutööd on vajalikud nii AI arendamiseks kui süsteemi tundlikkuse testimiseks sest seni on katsetatud vaid suhteliselt uute rehvidega ja tulemused on head (kui mõõdetud signaali tase ületab lävendi, on eristamine seni eksimatu). Sihiks võiks olla integreerimine mobiilse kiiruskaameraga, kuna Soome uuringu andmetel takistavad vihm ja lumi analüüsiks vajaliku signaali eristamist.

4) Tolmu analüüsiks on koostatud eraldi lähteülesanne eesmärgiga eristada tolmu tõenäolised allikad (autod, teekatendi tolm, tahkekütus, saaste kaugsiire). Naastu mõju tuleks uurida lisaks talvele ka varakevadel ja hilissügisel, hinnates ka temperatuuri, sademeid jt mõõdetavaid parameetreid, millel võib olla tolmu tekke või levikuga seos.

5) Statsionaarsete andurite süsteemist võiks edasi analüüsida saastetaseme näitajaid eri piirkondades (komplitseeritud seosed, kus suurt rolli mängivad ilmastikunäitajad), liiklusloenduse kasutusvõimalust liikluse mudeli täiendamiseks (loendusandmeid ja mudelit on vaja kogu aeg aluseks erinevates uuringutes ja prognoosides) ja müraspektrianalüüsi võimalusi et jälgida naastrehvide kasutustaset ja selle muutusi. Töös on püütud vaadelda võimalusi laiemalt, mitte pelgalt fookusega ainult naastrehvidel.

6) Roopasügavuse mõõtmise ja analüüsi teema on vajalik et eristada naastrehvide ja raskeliikluse mõju. Üleriigiliselt on hinnatud seda ligilähedaselt võrdseks, kuid ilmselt esinevad naastukahjustused valdavalt kiire liikluse aladel, raskeliiklusest tulenevad kahjustused aeglase liiklusega aladel. Roopasügavuse arengut on Tallinna tellimisel uuritud TTÜ töodes alates 2015 real objektidel, kuid kahjuks on aegrida tänaseks veel liiga lühike, et selle alusel linna eripära arvestavaid põhjapanevaid järeldusi teha.

Gapman-seadmega plaanitud uuringuid ei õnnestunud erinevate asjaolude, peamiselt eriolukorrast tingitud liikuvuse piirangute tõttu läbi viia. Hankimaks otsustamise tarbeks kvaliteetset infot, on need tulevikus siiski väga vajalikud. Käesolevas töös on sisuliselt täpsustatud vajalike mõõtmiste ja analüüsise sisu, tegemist on pikemaajalise protsessiga mille adekvaatsete vastuste saamine ei ole võimalik üksiku lühiajalise projektiga.

7) Majanduslik mõju teeholduses (tuginedes riigimaanteedel tehtud uuringutele) – kui naastukasutus langeks 80%-lt 20% tasemele annaks see asfalteerimiskuludes võitu ca 3,3 miljonit eurot aastas (seega tänaselt 60% tasemelt edasi sääst 2,2 miljonit aastas). Naastukasutusperioodi lühendamise efekt 5,5 kuult 4 kuule oleks ca 1,2 miljonit eurot aastas.

8) Naastukasutuse maksustamise osas on kindlustuse laadne „indulgents“ võimalik kas üleriiklikuna või ainult ühes KOV-s kohaliku maksuna, kuid mitme KOVi rakendus läheks keeruliseks. Võimalik on M-parkimise laadne rakendus, kuid ka see kujuneks tülikaks kasutada kui tegu on mitme KOV-ga. Perspektiivsena tuleks käsitleda naastukasutuse maksustamise liitmist teekasutustasuga kui teekasutustasu rakendub üle-Euroopalisena kõigile sõidukitele.

9) Rootsis kasutatakse naastupiirangut (keeldu) konkreetsetel tänavalõikudel, Norras naastumaksu mõnedes linnades, mõlemal juhul automaatkontroll puudub ja reeglite täitmist kontrollivad politsei ja parkimiskontroll (MuPo). Mõlemal juhul ei ole tegemist üleriigilise süsteemiga vaid kohaliku initsiatiiviga. Tallinna naastukeeld on tehniliselt võimalik, kuid sellel on mõned eeldused, mistõttu võib olla otstarbekas alustada selgelt piiritletud väiksema alaga.

10) Naastukasutuse küsitlus viidi läbi võrgupõhisena ning selle tulemused haakusid hästi kaubanduskeskuste parklates läbiviidud loenduse tulemustega. Hinnanguliselt on eeldatava naastumaksu aktsepteeritavaks piiriks 35€/a, mille ületamisel juhid võivad kergemini langetada otsused lamellrehvi kasutamise kasuks.

SISSEJUHATUS

Käesolev aruanne on koostatud Tallinna Keskkonna- ja Kommunaalameti tellimusel. Töö raames on koostatud bakalaureusetöö (MM - Marken Murdla, TKTK²) ja magistritöö (TV - Tauri Väli, TTÜ), teadustöö - naastrehvi helisignaali seireuuring (Jaanus Kaugerand, TTÜ) ning tolmuanalüüsi lähteülesanne (LÜ - EKUK), mis on käesolevale dokumendile lisatud ja algdokumentidele on viidatud koondaruande igas peatükis (detailsema käsitluse allikas).

Käesoleva uuringu paremaks mõistmiseks on struktuuri alajaotus läbivalt sama – seda nii kokkuvõttes, sissejuhatuses (lähteülesande jaotus) kui aruande põhiosas.

Käesolev uuring viidi läbi lühikese ajavahemiku jooksul ning piiratud ressurssidega. Mitmed teemad, nagu tolmueralduse mõõtmine või naastrehvide kasutamise automaatse tuvastamine, samuti naastrehvide mõju looduskeskkonnale ja majandusele vajavad põhjalikumat läbitöötamist, mida ei olnud käesoleva uuringu piiratud ressursside tõttu võimalik teha. Samuti oli talv tavatult soe ja väga vähese lumega. EMHI andmeil oli talve keskmine õhutemperatuur +2,5 °C (norm -3,3 °C). Alates talvest 1961/62 ei ole varem nii sooja talve esinenud. Teistsuguse talvise ilma ja lumikatte korral võib naastrehvide kasutamine olla erinev.

Tulenevalt uuringu lühikesest perioodist ei ole kõik kogutud andmed piisavalt üldistatavad ja piisava usaldusväärsusega ekstrapoleeritavad pikemale ajaperioodile. Vastavad viited ja soovitused edasiste võimalike uuringute planeerimiseks on esitatud vastavate teemade juures. Töös kasutatud ühikhinnad on esitatud käibemaksuta, tuginevad Maanteeameti uuringutele ja ei pruugi olla üheselt kasutatavad linnatingimustes.

² Seni on TKTK tööd olnud leitavad võrgus (tuginedes andmekaitsereeglitele täna see enam nii ei ole, kuid käesolev töö võib olla avalikustatud ka Tellija poolt), TTÜ tööd on seda ka edaspidi.

1. UURINGU TULEMUSED

1.1. NAASTUKASUTUS TALLINNAS

Naastrehvide osakaal Tallinna liikluses on viimaste aastatega kahanemas. Käesoleva uuringu raames 2020 veebruaris tehtud (Marken Murdla, Tauri Väli) loenduse (kokku 5606 sõidukit viies kaubanduskeskuste parklas) alusel on naastrehvide kasutamise protsent 62%, mis on oluliselt madalam kui Soome üleriigilised uuringud näitavad (80-90%), samal tasemel nagu on kirjeldatud Stockholmis (60%).

| Asukoht | Tööpäev | | | | Nädalavahetus | | | | Naast% |
|----------------------|---------------|--------|------|----------|---------------|--------|------|----------|--------|
| | Naast | Lamell | Suve | Naastu % | Naast | Lamell | Suve | Naastu % | |
| Pirita | 264 | 236 | 0 | 52,8 | 295 | 201 | 4 | 59,0 | |
| Rocca al Mare | 468 | 223 | 0 | 67,4 | 415 | 286 | 4 | 58,9 | |
| Laagri | 364 | 239 | 2 | 60,2 | 324 | 207 | 0 | 61,0 | |
| Ülemiste | 307 | 193 | 0 | 61,4 | 333 | 158 | 9 | 66,6 | |
| Lasnamäe | 337 | 174 | 0 | 65,9 | 346 | 211 | 3 | 61,8 | |
| KOKKU | 1740 | 1068 | 2 | 61,9 | 1713 | 1063 | 20 | 61,3 | |
| | 61,9% | 38,0% | 0,1% | | 61,3% | 38,0% | 0,7% | | |
| | 2810 sõidukit | | | | 2796 sõidukit | | | | |

Taandades vahetult loetud info keskmisele nädalale (5 tööpäeva 2 puhkepäeva) moodustub keskmiseks naastrehvi kasutusprotsendiks 61,7%.

Võrreldes linna eri suundi, on väiksem naastukasutus Pirita suunal (53-59%) ja suurem Rocca al Mare suunal (59-67%). Mõjutegureid võib olla mitmeid: a) talved on olnud soojad ja lumevaesed (pikem trend, üksikud aastad võivad mõjuda ajalises nihkes); b) teadlikkus on tõusnud ja mõistetakse, et naastrehv saastab; c) lamellrehvide areng.

Võrreldes varasematel aastatel tehtud loendustega (75%-77%-69%) on naastukasutus langustrendis.

Kordusloendused on vajalikud nii PR-meetmete mõju hindamiseks kui ka naastrehvide osakaalu alternatiivsete hindamisviiside adekvaatsuse hindamiseks baastasemena. Töö on lihtne ja teostatav üliõpilaste kaasabil.

Detailid: MM P2.1 (ajalugu), P3.2 (loendus), TV P2 (loendus); P2.1 (ajalugu)

Täpsema info saamiseks soovitage läbi viia kordusloenduse ajal, mil talverehvid on uuesti kohustuslikud (dets-veebr).

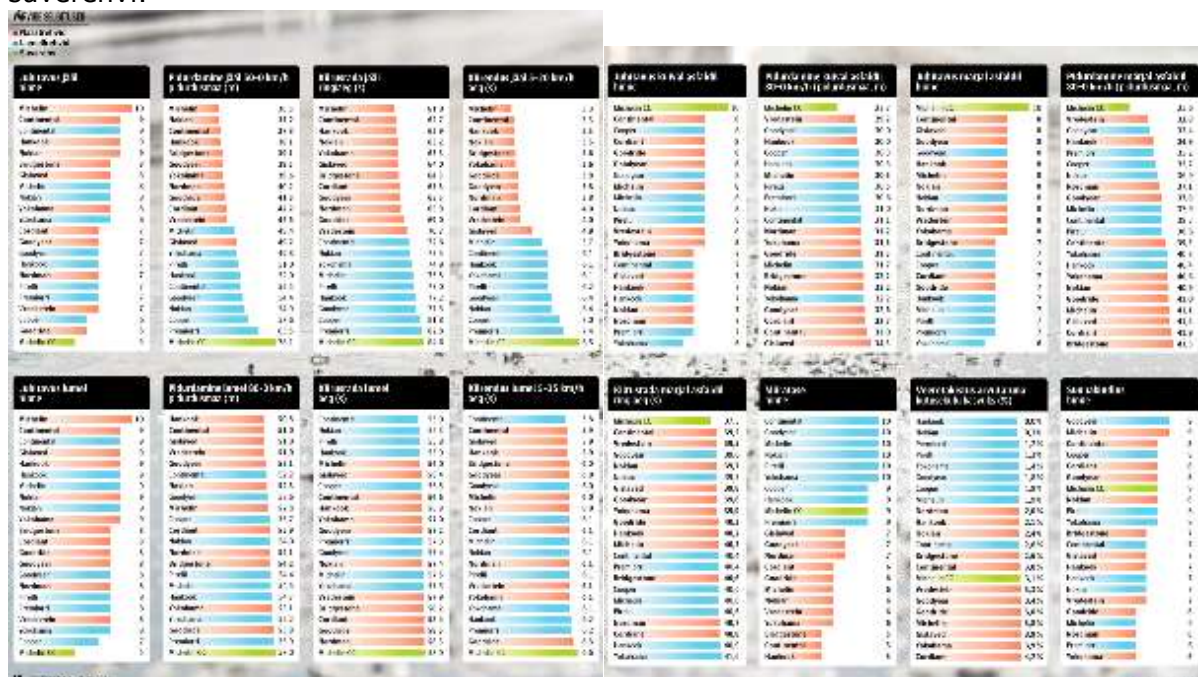
1.2. ERINEVATE REHVITÜÜPIDE VÕRDLUSTESTID JA NENDE ANALÜÜS.

Rehvitestide analüüs näitab, et lamellrehvide areng on kiirem ja järjest väiksemad on naastrehvi eelised lamelli ees. Samas erinevad ka Skandinaavia riikides teostatud testide tulemused omavahel, tõenäoliselt on erisused nii testide erinevate komponentide osakaaludes ja testitingimustes, sest ajakirjanike poolt teostatavate testide tingimusi ei ole eri väljaanded ühtlustanud.

Kirjanduses on ka viiteid (Soome) selle kohta, et võrdlustestides kasutatavad tingimused ei vasta reaalse elu tingimustele (kasutatavad asfaltkatted; katsetatakse vaid uusi rehve). Naastrehvide arengud (kergem naast ja suurem kogus) ei ole üheselt hinnatavad sest ilmneb, et uue generatsiooni kuid ca 50% kulunud rehvil ulatuvad naastud rehvi pinnast rohkem välja kui uuel. Igal juhul on lamellrehvide arengud viimasel kümnendil olnud suuremad ja vahed ka hinnangute tabelites kahanevad.

Erinevate aastate võrdluses on parimate lamellrehvide positsioon koondtabelites pidevalt tõusnud, kuid jäädes seni selgelt alla vaid vahetult jääl tehtud testides.

2019 Tehnikamaailma testides võrreldi 12 naastrehvi ja 9 lamellrehvi ning lisaks ka üht suverehvi.



Tabel näitab, et lumel on Continental väga konkurentsivõimeline, kuid jääl mitte.

Võib vaielda, kas talverehvitestis erinevate tegurite võrdluses kasutatud kaalud on objektiivsed ja kajastavad tegelikke kasutustingimusi – jää 40%, lumi 20%, märg asfalt 15%, kuiv asfalt 10%, ökonoomsus ja mugavus 10% (2009: jää 30%, lumi 20%, lõrts 10%, märg asfalt 15%, kuiv asfalt 10%, ökonoomsus ja mugavus 15% - seega on muutunud ka mõõteskaalad). Tegelikes sõiduoludes on jää oluliselt harvem, kuid tõsi on see, et ootamatu esinemise korral on hea toimivus jääl ohutuse jaoks kriitiliselt oluline.

- Naastu väljaulatuvus rehvi pinnalt suurendab kulumist kuid ühest hinnangut mõju ulatuse kohta pole, uuel rehvil ei tohi naast rehvi pinnast välja ulatuda üle 1,2 mm
- Naastule mõjuv jõud on regulatsiooniga piiratud, kuni 120 kN sõiduautonaastul, naastude arvu tõstmisega jõud naastu kohta kahaneb
- Märja katendi kulumine on kuni 3 korda kiirem (seda kõigil rehvitüüpidel)
- Enamlevinud sõiduautod kasvavad ajas – viimase 20 aastaga üle 10%, võimsus on tõusnud 30%, viimastel aastatel levinud linnamaasturid on raskemad ja kulutavad katet rohkem

Euroopa tasandil pole naastrehvide kohta ühest regulatsiooni, Soomes on 2003 siseriiklik regulatsioon (transpordiministri määrus 408/2003, muudetud 466/2009) mis määratleb naastude arvu ja lubatud väljaulatuvuse uuele rehvidele, alates 2010 kasutatakse enam tüübikinnituseks võrdluskatset määrusega reguleeritud rehviga võrdluses ülesõidul Kuru graniidist testalaga (SFS 7503:2018). Kuru graniit on ühtlase koostisega, kuid seda tegelikkuses ei kasutata teedeehituses.

Naastrehviteste teostavad kuus firmat:

- BD Testing Ltd – Soome testifirma
- Goodyear Innovation Center Luxembourg - rehvitootja
- Nokian Tyres PLC Testing laboratory – Soome rehvitootja
- Test World Ltd (Soome, UK) – partner Tekniikan Maailma rehvitestidel (asutatud TM rehvitesti tiimi poolt, praegu UK Millbrook' firma allüksus mis omakorda kuulub Spectris-kontserni³)
- Tikka Spikes Ltd – Soome naastutootja
- Turvanasta Ltd – Soome naastutootja

Detailid: MM P.2.4 (rehvitestid), Tehnikamaailm 10/2009 ja 10/2019

1.3. AUTOMAATNE TUVASTAMINE.

Käesoleva uuringu raames on katsetatud lamell- ja naastrehvi eristamist rehvide poolt tekitatava helisignatuuri analüüsiga, mis analoogselt Soome uuringuga tugineb AI-rakendusel (tehisintellekt). Meil katsetatud lahendus on sellisena mõeldud nii linnatänaval kui maanteel ja suundmikrofoni kasutamiseks, näiteks ajutise kiiruskaamera komplektis sest sel juhul on võimalik välistada vead, mis on tingitud ebasoodsatest ilmastikutingimustest. Kasutatud mikrofoni ja esmase signaalitöötluse tehniline lahendus

³ <https://tekniikanmaailma.fi/kaikki-mita-olet-halunnut-kysya-tekniikan-maailman-rengastestauksesta/>

on analoogne statsionaarsete seirekomplektidega, kuid statsionaarsed seireseadmed on paigutatud kõrgemale posti otsa, testis kasutatud mikrofonid meetri kõrgusele teekatkest. Statsionaarseadmed ei salvesta audiosignaali (suhteliselt suur infomaht), perspektiivis tuleb lahendada signaalitöötlus väliseadmetes (eeldab suuremat arvutusvõimsust). Seega täna paigaldatud tehnoloogiline lahendus ei võimalda naastrehvide adekvaatset eristamist.

Välikatsed rehvimüra salvestamiseks teostati kolmel päeval:

- 11.03 – kaks autot naastrehvidega (Toyota, Peugeot) ja kaks lamellidega (Kia, Škoda) – 21 helifaili
- 19.04 – üks naastrehvidega (Toyota) ja üks lamellidega (Škoda) – 37 faili
- 21.04 – üks naastrehvidega (Toyota) ja üks lamellidega (Škoda) – 39 faili.

Kolmel päeval salvestati kokku 97 minutit heliklippe naast- ja lamellrehvidega sõidukite möödumisest (64 lamell, 117 naast ja 16 ebaselge rehvitüübiga) erinevatel kiirustel 10...70 km/h. Filtritega eemaldatakse oluline osa mürast (tuule ja mootorimüra). Saadud tulemus (spektrikomponent) analüüsitakse AI-rakendusega (iseõppiv süsteem, kus alguses antakse lisaks spektrile ka kinnitus, millega tegemist on ja järgnevalt suudab tarkvara teha „oma pakkumise“). Süsteem suutis rehvitüübi identifitseerida väga suure täpsusega, kuid sõltuvalt ilmastikutingimustest jättis määratlemata osa tegelikult liikuvaid sõidukeid, millisel juhul kas tuule või mootori müra osutus suhteliselt liiga suureks, varjutades analüüsitava signaalikomponendi. Ühtegi eksimust ei esinenud selles kontekstis, et sõiduki tuvastamiseks vajaliku müralävendi ületamisel oleks rehvitüüp valesti tuvastatud. Naastu tuvastamise lävend sõltub ka sõiduki kiirusest – suuremal kiirusel on erisused selgemad. Tehnoloogia edasine arendamine on mõeldav kahes suunas:

- Üldseire raames naastrehvikasutuse ulatuse hindamiseks** (analüüsides sõidutee kõrvale posti otsa paigaldatud andurite kasutusvõimalust naastu tuvastamiseks – naastukasutuse osakaalu hindamiseks liikluses, mitte üksiksõidukite tuvastamiseks), see eeldab posti otsa paigaldatud rakenduselt piisavat arvutusvõimsust. Täna fikseeritakse müra üldnäitajad kuid ei teostata signaali analüüsi. Põhimõtteliselt on kaks võimalust, kas tõsta autonoomse komplekti arvutusvõimsust ja siis, kui algoritmid on realiseeritud lokaalsel tasandil, teostada rehvitüübi eristamine lokaalselt, või nagu tehti Soome katsetes, eristati lokaalselt vaid uuritav audiosignaal ja salvestati see serverile edasiseks analüüsiks. Esmalt tuleb posti otsas mikrofonide poolt kinnipüütud signaal salvestada ja seda analüüsida statsionaarse tehnikaga, sest ei ole kindel et kaugelt salvestatavas signaalis on kõrgsageduskomponent piisavalt hästi eristatav. Samuti on posti otsas paikneva mikrofonihulga küsimus selles, et korruga salvestatakse mitme mööduva sõiduki signaal. Ilmselt on võimalus pigem selles, et hinnata kõrgsagedussignaali taset ja kestvust et koos teiste algoritmidega lahendatud sõidukite loendusega lisada naastu osakaal tõenäosuslikul tasemel. Ka see vajaks testimist samaaegselt nii posti otsa paigutatud rakendusega kui juba kontrollitud mobiilse rakendusega.
- Metoodika täpsustamiseks**, eesmärgiga rajada valmisolek naastutuvastuse rakendamiseks (mobiilse kiiruskaamera lisana) hetkest, kui rakendub naastukasutuse piirang või maks. Selle raames tuleks määrata teatud ilmastikupiirangud (nt sademed) mis välistavad adekvaatse tuvastamise ning katsetada erineva kulumistasemega naastrehvide tuvastamise täpsust (olulised on nii kulumine ehk naastu väljaulatuvus rehvi pinnast kui ka allesjäänud naastude arv rehvis) et sätestada vajalikud nivood mis veel tagavad eristuse kvaliteedi (korrektsuse).

Võrdluspaneeli võiks lisada ka hübriid- või elektriajamiga autod, mille mootorimüra on madalam ja tänu sellele on ka antud sõidukite poolt tekitatav audiospekter erinev.

Seejärel võiks fookus olla tehnilise lahenduse tootmiskõlblikuks arendamisel, mis suudaks ajutise kiiruskontrollikaameraga komplektis välitingimustes naastrehvi tuvastada (kui tänane tarkvaraline analüüs toimub hiljem kameraalselt ja kontrolliks visuaalse pildi analüüsi abil, siis vahetu kontrolli seadmestik peab loetud sekundite jooksul otsuse vastu võtma; statsionaarne seade peaks olema suuteline töötama iga ilmaga, Soome kogemused kattesse paigaldatud anduriga näitavad et probleemid on sademete perioodil ning ka siis kui teekattel on lume või lörtsi kiht, meie kogemused näitavad, et tuvastamiseks piisavalt eristatava signaali saamine sõltub palju ilmastikust, segavad nii sademed kui tugevam tuul). Statsionaarsete lahenduste väljatöötamine on võimalik, kuid siin on mõistlik teha koostööd Soomega.

Soome on läbi viinud põhjalikuma uuringu statsionaarse seadmestikuga naastrehvide tuvastamiseks, kasutades kontaktmikrofone asfaldis (Nastarengasluokitin 2019-2020) [1]. Uuringupunktideks valiti mõned olemasolevad liikluse püsiloenduspunktid kuna neis on lahendatud nii elektrivarustus kui ka andmeside. Naastrehvi tuvastamise täpsus on veel nõrk, kasutatakse AI-rakendust (artificial intelligence - tehisintellekt) ning rakendus on tundlik ilmastikule (lörtsi- või lumega ei suudeta naastu lamelist eristada).

Detailid: TV P4.2 (katsed), Jaanus Kaugerand (TTÜ, ingliskeelne aruanne - Lisa 3), TV P7 (Soome uuring)⁴

Täpsema info saamiseks soovitame läbi viia katsetused, mis uurivad erinevate parameetrite mõju tuvastamise täpsusele (naastrehvi kulumisaste, suundmikrofoni kasutamine sõltuvalt sõiduki liikumissuunast, kiirusest, liiklustihedusest ja mikrofoni asukohast, ilmastikutingimused). Uurimist väärrib suundmikrofoni integreerimise võimalus mobiilsete liiklusjärelvalve seadmetega.

1.4. RIIGI JA OMAVALITSUSTE LAMELL- JA NAASTREHVIDE KASUTUSE PRAKTIKAD

Naastukasutuse piiramiseks on Skandinaavias erinevad strateegiad – Norras maksustamine ja Rootsis keeld. Valitud on erinevad strateegiad, Norras on maksustatud naastukasutus piirkondades (terviklinn), Rootsis on naastukasutuse keeld üksikutele tänavatele (keeld ei laiene kohalikele elanikele ja mõningate eranditele – takso, operatiivsõidukid; eesmärk on üheselt nii saaste kui mürareostuse kahandamine). Mõlemal juhul on piirangute täitmise kontroll politsei ja munitsipaalpolitsei käes ja puuduvad automaatkontrolli seadmed (lähteülesande koostamisel ja kooskõlastamisel olime arvamusel et see küsimus on juba lahendatud). Mõlemal juhul on naastukasutus kahanenud ja edu saavutatud laiemalt kui ainult piirangualadel. Sealjuures on Rootsis

⁴https://julkaisut.vayla.fi/pdf12/vj_2020-19_nastarengasluokitin_web.pdf

talverehvide kasutamine sõltuvalt oludest kohustuslik ja Norras seadusega reguleerimata.

Rootsis on uuritud⁵ naastukeelualade mõju, naastukeeluga tänavatel on naastrehvide kasutus langenud 20% tasemele ja naabertänavatel vastab see Stockholmis ülelinnalisele 60% tasemele. Selgus, et paljud valivad lamellide kasutuse asemel pigem ühistranspordi. Juhitakse tähelepanu kevadistele kuivadele ilmadele (märts-aprill) kui õhu tolmusisaldus on väga kõrge ning soovitatakse seetõttu tänavaid kevadtalvel (pluustemperatuuriga ajal) pesta. Tegemist on Rootsi soovitusel, mis ei pruugi mitmel põhjusel meie tingimustes toimida.

Helsingis kaalutakse⁶ naastrehvikasutuse piiramist tuginevalt võimalusest kuna vastavad liiklusemärgid kehtestati. Linn on seadnud eesmärgiks aastaks 2030 saavutada lamellrehvide osakaal sõiduautel 70% (30% naastrehve). Esialgsetel andmetel on eeskujuks valitud Rootsi lahendus, mis keelab läbisõidu vastavate märkidega aladest, keelamata seejuures aladele sissesõitu kohalikele elanikele ka naastrehvidega varustatud sõidukitel.

Euroopas on naastrehvide kasutamine keelatud enamikes Kesk-Euroopa riikides ja Portugalis. Täpsema ülevaate annab järgnev tabel:

| Riik | Talverehvid | Naastrehvid |
|-------------------------|---|---|
| Albaania | seadusega reguleerimata | lubatud |
| Andorra | kohustuslikud teatavates ilmaoludes 01.11 - 15.05 | lubatud |
| Armeenia | Kohustuslikud 01.12 - 01.03 | lubatud |
| Aserbaidžaan | seadusega reguleerimata | lubatud |
| Austria | kohustuslikud teatavates ilmaoludes 01.11 - 15.04 | lubatud 01.10 - 31.05 |
| Belgia | seadusega reguleerimata | Keelatud, erijuhtudel lubatud 01.11 - 31.03 sõidukitele täismassiga kuni 3500kg |
| Bosnia ja Hertsegoviina | Kohustuslikud 15.11 - 15.04 | keelatud |
| Bulgaaria | kohustuslikud kohalikele 15.11 - 01.03 | keelatud |
| Eesti | Kohustuslikud 01.12 - 01.03 | lubatud 15.10 - 31.03 |
| Georgia | seadusega reguleerimata | lubatud |
| Hispaania | seadusega reguleerimata | lubatud 15.11 - 31.03 |
| Holland | seadusega reguleerimata | keelatud |
| Horvaatia | kohustuslikud teatavates ilmaoludes 15.11 - 15.04 | keelatud |
| Iirimaa | seadusega reguleerimata | lubatud |
| Island | Kohustuslikud 01.11 - 14.04 | lubatud 01.11 - 14.04 |

⁵ <https://liu.se/en/article/vi-kan-inte-bara-forbjuda-dubbdacken>

⁶ <https://www.hel.fi/uutiset/fi/kaupunkiymparisto/pitaisiko-nastarenkaiden-kayttoa-kaupungissa-rajoittaa>

| | | |
|-------------------|---|---|
| Itaalia | seadusega reguleerimata | lubatud 15.11 - 15.03 |
| Kreeka | seadusega reguleerimata | lubatud |
| Küpros | seadusega reguleerimata | lubatud |
| Leedu | Kohustuslikud 10.11 - 31.03 | lubatud 01.11 - 09.04 |
| Luxembourg | kohustuslikud teatavates ilmaoludes 01.12 - 31.03 | lubatud |
| Läti | Kohustuslikud 01.12 - 01.03 | lubatud 01.10 - 30.04 |
| Malta | seadusega reguleerimata | |
| Moldova | kohustuslikud teatavates ilmaoludes 01.12 - 01.03 | lubatud 01.12 - 01.03 |
| Montenegro | kohustuslikud teatavates ilmaoludes 15.11 - 01.04 | keelatud |
| Norra | seadusega reguleerimata | lubatud 01.11 - 15.04 |
| Poola | seadusega reguleerimata | keelatud |
| Portugal | seadusega reguleerimata | keelatud |
| Prantsusmaa | seadusega reguleerimata | lubatud 10.11 - 31.03 |
| Põhja Makedoonia | kohustuslikud teatavates ilmaoludes 15.11 - 15.03 | keelatud |
| Rootsi | kohustuslikud teatavates ilmaoludes 01.12 - 31.03 | lubatud 01.10 - 15.04 |
| Rumeenia | kohustuslikud teatavates ilmaoludes 01.11 - 31.03 | keelatud |
| Saksamaa | kohustuslikud teatavates ilmaoludes | keelatud |
| Serbia | kohustuslikud teatavates ilmaoludes 01.11 - 01.04 | keelatud |
| Slovakkia | kohustuslikud teatavates ilmaoludes 15.11 - 31.03 | keelatud |
| Sloveenia | Kohustuslikud 15.11 - 15.03 | keelatud |
| Soome | Kohustuslikud 01.12 - 01.03 | lubatud 01.11 - 15.04 |
| Šveits | seadusega reguleerimata | lubatud väljaspool kiirteid 01.11 - 30.04 |
| Taani | seadusega reguleerimata | lubatud 01.11 - 15.04 |
| Tšehhi | kohustuslikud teatavates ilmaoludes 01.11 - 31.03 | keelatud |
| Türgi | kohustuslikud teatavates ilmaoludes | keelatud |
| Ukraina | seadusega reguleerimata | lubatud |
| Ungari | seadusega reguleerimata | keelatud |
| Valgevene | Kohustuslikud 01.12 - 01.03 | lubatud |
| Vene Föderatsioon | kohustuslikud 01.12 - 01.03 | lubatud |
| Ühendkuningriik | seadusega reguleerimata | lubatud |

Detailid: TV P6 (Skandinaavia)

1.5. TOLMUANALÜÜS

Uurisime projekti käigus erinevates maades teelt eralduvate tolmuosakestega uurimise praktikat. Valdavalt uuritakse väikeseid osakesi suurusega PM_{2,5} ja PM₁₀. Proovivõtukohtadest tolmu kogumiseks rakendatakse erinevaid meetodeid. Kui suurem osa uuringutest koguvad tolmu otse proovivõtukohtadest, kasutatakse mõnes uuringus laboritest kogutud tolmu võrdlusvärtusi. Käsitsikogumisel on olnud levinuim viis, kus proovivõtukohtalt tolmu pühkimiseks kasutatakse plastist käsiharja, tolmu asetatakse spetsiaalsele pannile, mis pakendatakse kilesse ja transporditakse laborisse. Lisaks on kasutatud tolmuimejaid, vaakumsöötureid ja lehepuhureid ning kõrgsurvepesu koos vee kogumisega (VTI Wet Dust Sampler).

Uurimismeetodites kasutatakse erinevaid osakeste eraldamiseks erinevaid filtratsioonimeetodeid, järgneva keemilise analüüsi puhul on levinumateks plasmaanalüüs, röntgenspektroskoopia ja gaaskromatograafia.

Tolmu analüüs – võrreldud on seirejaamade tulemusi 18.02-31.03 nii 2019 kui 2020 ja kuigi eriolukorra ajal on liiklussagedused oluliselt madalamad, ületati lubatud piirväärtust peenosakestele ka 2020 aastal. Aastate võrdlemine pole päris korrektne seetõttu, et 2020 talv osutus sisuliselt lumevabaks, kuid samas normi ületamine ka piiratud liikluskoormusega ajal viitab pigem asjaolule, et lisaks sõidukitele (sh naastrehvidele) on peenosiste tekkes muid, võimalikult olulisemaid tegureid. Ei saa ka välistada seda, et tolmu moodustub pikema hooaja jooksul ja kui vahepeal ei ole olnud piisavalt intensiivset vihma, tõmbab raskeliiklus (bussid) selle üles sõltumatult sõiduautode liiklussagedusest. Keskkonnauuringute Keskusel on eritehnika millega on võimalik liikuva sõidukiga (tagaratta taga) tolmu koguda selle hilisemaks laboratoorseks analüüsiks.

Vajaliku uuringu lähteülesanne on koostatud (EKUK – klab.ee – Erik Teinemaa 5094353) ja esitatud käesoleva töö lisas. Uuring tuleks läbi viia kahel perioodil, esmalt sügisel kui naastrehve veel ei kasutata ning seejärel kevadel, kui naastrehvid on veel kasutusel kuid lund enam ei ole ja suuremate vihmade või kevadkoristusega ei ole tolmu minema viidud.

Fookus tuleks suunata tolmu liigitamisele (PM_{2,5} ja PM₁₀) ja päritolu analüüsile (keemiline analüüs, mis peaks selgitama, millises osas on tegemist autoliiklusest tulenevaga). Võimalikud alternatiivid – tolmu kaugränne (COVID-ajal Saksamaal tehtud analüüsid viitavad Sahaara liivatormide foonile), ahjuküttetest tulenev (mille puhul võiks eeldada seost õhutemperatuuriga). Tee ja liiklusega seonduv saaste koosneb sisuliselt kolmest komponendist – heitgaasid (selgelt määratletav gaasiline heide ja peenosised), sõiduki mehhaaniline kulumine (metalliosad, pidurikettad ja klotsid – mis samuti peenosiste näol), naastude ja asfaldi kulumine (naastu metall, rehvi kummiosakesed, asfaldi kivimaterjal ja bituumen).

Rootsis on püütud analüüsida⁷ piirangualades saastetaseme muutusi ja jõutud järeldusele, et kuigi tahkete osiste (alla 0,2 mm) koguses mängivad suurt rolli naastrehvid, siis naastrehvidest tulenevad tahked osised on suhteliselt suurema terasuurusega ja naastrehvide seostamine enneaegsete surmadega on meelevaldne. Kohaliku tekkega PM_{2,5} taseme peenosised tulenevad valdavalt heitgaasidest (nii autod kui kohalikud küttekolded) ja kaugkandest (Kesk-Euroopa tööstus ja energeetika), PM₁₀ taseme peenosised võivad põhjustada hingamisraskusi riskigruppide (väikelapsed,

⁷ <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590162119300176>.

vanurid) astmaatikutele. Selgus ka, et mida karedam (poorsem) on kate, seda rohkem tolmu akumuleerivad katte poorid ning suhteliselt vähem on tolmu sõidujäljes, seda enam jälgede vahelisel alal, sõiduraja kõrval jalgrattarajal ja teega piirnevatel parkimisaladel. Asfaltkatte uuendamise järel on tolmuvarud katte poorides oluliselt suuremad kui vanemal kattel.

Saasteallikate liigitus võimaldab selgemalt fokuseerida ja põhjendada erinevaid meetmeid (kütuse liik, naast, ahjukütus, kaugseire jne) ja hinnata meetmete võimalikku mõju-ulatust lõpptulemuse saavutamiseks. Teiste riikide tulemused ei ole otseselt ülekantavad, mistõttu täpsem analüüs on tarvilik.

Uuringu meetodika valideerimiseks on mõistlik käivitada koostööprojekt naaberriikidega (Rootsi, Soome), et kaasata vastava valdkonna eksperte, võrrelda kasutatud meetodikaid ja teha võrdluskatseid (ka Rootsis kasutatud WDS peaks praegu Soomes olema) ning püüda adekvaatselt võrrelda tulemusi, mis võimaldab vähendada juhuslikke riske.

Detailid: MM P3.6 (seire Tallinnas), TV P5, tolmuanalüüsi lähteülesanne

1.6. AUTOMAATSEIRE.

Andurid Tallinna tänavatel – ca 900 asukohas on paigaldatud intelligentsed andurid, kolme põhikomplektsusega – keskkonna (saastetase), liikluse (loendused) ja akustilise info (sõidukitüüpide tuvastamisest üldmürani) registreerimiseks. Edasistes analüüsides võiks käsitleda:

- Saastetaset, seostades seda temperatuuri ja liiklusega (kuivõrd on fikseeritud saastetasemed seotud autoliiklusega – temperatuurist tulenevalt on osa saastest ka küttesüsteemidega seotud, peenosiste osas võib esineda ka saaste kaugrännet). Saksa uuring⁸ näitab, et LEZ (Low Emission Zone - saasteklassi põhine liikluspiirang) on vähendanud PM₁₀ väärtust ca 1,4 µg/m³, PM_{2,5} võimalikule kahanemisele ei ole antud hinnangut ning NO_x tulemusi on raske tõlgendada. Edasist progressi on Saksa ekspertide sõnul raske saavutada, sest autopark on uuenenud ja mõju kliimasoojenemise kontekstis on marginaalne. Võimalik et Eesti autopargi uuendamisele võiks LEZ põhimõtte rakendamine kaasa aidata.
- liiklusloendust võrreldes seda ristmike liiklusloendurite tulemustega, et paremini kalibreerida liiklusemudeleid (Stratum, K-Projekt) sest tänased mudelid tuginevad paljuski fikseeritud sõlmristmike loendusel
- akustilist infot et spektrianalüüsis hinnata naastrehvide osakaalu muutusi aegreas ja uurida erisusi ülelinnaliselt (võib olla, et statsionaarsed andurid jäävad liiga kaugemale signaali/müra allikast, et adekvaatset hinnangut saada), huvi pakub ka naastuperioodi alguse võrdlus perioodi lõpuga (naastrehvide kulumine, sest perioodi kestel reeglina uusi rehve ei lisandu). Selle analüüsi eelduseks on akustiliste andurite tarkvaralise lisavõimekuse arendamine (tänapäev paigaldatud protsessorid ei suuda signaali piisavalt töödelda, hetkel puudub selleks ka veel automaatne algoritm, salvestatava akustilise toorsignaali maht on liiga suur et seda sidekanalite kaudu

⁸ Impact of Low Emission Zones in Germany on air pollution levels 2002-2015 (2016)

reaalajas edastada serverile edasiseks töötluks). Peale lisavõimekuse arendamist akustilist infot töötlevatesse jaamadesse (protessorivõimekus, AI-tarkvaralahendus) on vähemalt teoreetiliselt võimalik 24/7 analüüs naastrehvide kasutuse kohta kõikide paigaldatud akustiliste andurite poolt. Vajadusel on võimalik kriitilistesse punktidesse paigaldada lisa-andureid.

Detailid: TV P4.1 (seiresüsteem), intervjuu: Jürjo-Sören Preden (TTÜ/Thinect)

Täpsema info saamiseks on vajalik eelpool loetletud teemadel anduritelt kogutava info analüüs ja võrdlus, kasutades matemaatilise statistika ja suurandmete töötlemise meetodeid.

1.7. ROOPASÜGAVUSE ARENGU ANALÜÜS.

Projekti raames kavandati ka roopasügavuse mõõtmise katsetöö, eesmärgiga tänava (tee) katendi mõõdetud (Englo-Gapman) ristprofiili analüüsi teel eristada sõiduautode (naastrehvide) põhjustatud kulumisroopad raskeliikluse põhjustatud vajumist mis esineb eriti staatilise koormusega aladel. Eesmärk on selgelt eristada raskeliikluse ja naastrehvi roopad (erinev roopa vahekaugus – naastrehvide kulumisel ca 1,5 m; raskesõidukite deformatsioonil ca 1,8-2,1 m) ning arendada meetodika, millega saaks täpsustada vajaliku katendi tugevdamise ulatuse staatilise koormuse aladel, ühelt poolt, ja teiselt, täpsustada naastrehvidest põhjustatud kulumise kiirust (tegemist on pikema tööga, mis eeldab mõõtmisi vähemalt kaks korda aastas ja eeldatavalt mitmel hooajal). Mõõtmisi on TTÜ laserskaneerimisega teostanud alates 2015, kuid aegrida on veel liiga lühike põhjapanevateks järelusteks (valitud on suhteliselt tugevad ja uued katendid).

Soome andmetel (Helsingi, Mannerheimintie) on olemas optimaalne kiirus ca 40 km/h, mille ületamisel kulumiskiirus kasvab (kiirusest tulenev energia), kuid see kasvab ka madalamate kiirustega mis võib olla seotud naastude poolt kiviosakeste väljakangutamise asfaldikihist (hüpotees Soome uuringust mida hiljem teadaolevalt uuritud ei ole).

Hinnangud kulumiskiirusele on tehtud vastavalt lähteülesandele lähtuvalt Maanteeameti tellitud uuringutest (P1.8.3), lühikese perioodiga ei ole võimalik adekvaatset vahetult Tallinna tingimusi kajastavat tulemust saavutada – see eeldaks vähemalt paariaastast tööd analoogse seadmepargiga.

Soomes on hiljuti teostatud analüüs roopa moodustumise kiiruse kohta (Tien urautuminen kesällä ja talvella 2017-2019 - vahearuanne⁹). Uuringus leiti, et talvine roopa areng uuritud teelõikudel oli 0,5-1,3 mm sõltuvalt liikluskagedusest ja suvine 0-0,3 mm. Tegelik talvine roopa areng oli koormusklassis 3000-6000 AKÖL suurem kui mudeli järgi kogu aasta roopa kasv oleks ette nähtud. Deformatsiooni osa roopa arengus oli keskmiselt 0,3 mm mis vastas 25% kogu aasta roopa sügavusest. Selle uuringu järgi on algrööpa areng asfaldikihtide järeltihenemisest 2-3 mm (vähemalt 1,5 mm, keskmiselt valimis 2,6 ning reeglina 1,5-5,0 (üle 5 mm filtreeriti välja ja oletati põhjuseks ka vana kattekihi deformatsioone). Eesti uuring väidab kordades suuremat algroopa suurust mis võib olla

⁹ https://julkaisut.vayla.fi/pdf12/vt_2019-23_tien_urauminen_web.pdf

tõene ka seetõttu, et Maanteeamet on kehtestanud karmid nõuded bituumenisisalduse üle (mitte alla piirmäära), mis toob kaasa riski madala deformatsioonikindlusega asfaldi kasutamiseks.

Roopasügavuse tekkepõhjuste kohta usaldusväärse info saamiseks on vajalik roopasügavuse ja selle arengu seire spetsiaalse seadmega vähemalt kahe aasta vältel. Lühikese perioodi jooksul saadavad tulemused ei ole piisava usaldusväärsusega ekstrapoleeritavad. Pikema perioodi tulemusi saaks võrrelda ka Maanteeameti tellitud maanteede roopamõõdistuste tulemusena. Saadava info abil on võimalik realistlikumalt hinnata naastrehvide kasutuse osakaalu kahandamise majanduslikku mõju (kulumiskihi asendamise perioodilisus; mõju liiklusohutusele – milline osa aastast on kattel jää vs kõik ülejäänud tingimused kus eelised on lamellil; mõju tervisele peenosiste kaudu). Ideaalis võiks taoline tegevus toimuda regulaarselt.

1.8. NAASTUKASUTUSE MÕJU

1.8.1. NAASTUKASUTUSE MÕJU TERVISELE

Kasutasime kirjanduse analüüsil Põhjamaades viimastel aastatel läbi viidud uuringute tulemusi.

Chalmers University of Technology – Live and Let Die? Life Cycle Human Health Impacts from the Use of Tire Studs. Furberg, A., Arvidsson, R., Molander, S. (2018) - International Journal of Environmental Research and Public Health, 15(8)
<http://dx.doi.org/10.3390/ijerph15081774>

Töös on hinnatud naastrehvide tervisemõju viies erinevas aspektis:

- Tervisesäästud naastrehvide kasutamisest
- Tahkete peenosiste teke naastrehvide kasutamisest
- Naastude tootmise saaste
- Tööõnnetused tootmises
- Koobaltikaevandamisest tulenevad konfliktid ja tagajärjed

Tulemused näitavad, et tervise võidud naastrehvide kasutamisest on väiksemad, kui elutsükli käigus tekitatud negatiivsed mõjud. Suurim komponent negatiivsetes mõjudes on naastukasutuse peenosiste mõju tervisele (67-77%) ja koobalti kaevandamise tööõnnetused (8-18%). Umbes 23-33% negatiivsetest mõjudest toimivad väljaspool Skandinaaviat. Töös soovitatakse keskenduda naastrehvide alternatiividele mis võimaldaks kokkuvõttes positiivset tervisemõju.

Naastrehv tõstab mürataset 8-9 dB võrreldes lamellrehviga [2]

1.8.2. NAASTUKASUTUS, SAAST JA LIIKLUSOHUTUS

Norras on maksustamisega saavutatud naastukasutuse tase 34%, Rootsis (üksikutel tänavatel naastukeeld) 63% ja Soomes 88% (seni piirangud puuduvad).

Rootsi statistika järgi (mõõtmised Umea ja Göteborgi linnades) et naastrehvidega sõiduk tekitab 20...50 mg/km PM10 peenosiseid ning 35% sõitudest langeb talveajale (naastrehvide kasutusajale).

Kui käsitleti naastrehvide võimalikke alternatiive, mis täidaks sama funktsiooni, siis elektrooniline stabiilsuskontroll (ESC) on üks sellistest. Rune Elvik on leidnud, et ka juhul kui kõik Norra autod oleksid ESCga varustatud, võiks naastrehvikasutus oluliselt kahaneda, kuid naastu ei saa elimineerida kui tuleb välistada õnnetuste sageduse tõus. On pakutud ka kulumiskindlamate asfaldisegude kasutamist et kahandada teekahjustusi.

Autode ohutusvarustusele viitab ka Soome uuring, kus uuriti 2011-2017 toimunud 20 surmaga lõppenud talvise õnnetuse sõidukeid, kus juhitavuse kaoga võib olla seotud rehvide probleem. Kaheksal juhul oli tegemist jäise teega, ülejäänud juhtudel lumi või lõrts, kus naastrehvil pole eeliseid. Ühine tegur oli valitud vale sõidukiirus. 20 juhtumi keskmine sõiduki vanus oli 13 aastat, vaid ühel sõidukil oli stabiilsuskontroll, ABS pidurid leidsid vaid viiest sõidukist. Soome „vanasõna“ – Soome liikluses hukub juulikuus rohkem naastrehvidega autos liikujaid, kui veebruaris lamellrehvidega.

Talverehvide seisundit hinnati rehvihotellis hooajaliselt ladustatud rehvide hindamisega¹⁰ (välja jäeti uued ja väga vähe sõitnud rehvid), selgus, et 60-70% rehvikomplektidest mille mustrisügavus oli 4-7 mm (uuel rehvil ca 9 mm), ei vastanud nõuetele kuna naastude arv komplekti erinevatel rehvidel erines rohkem kui 25%.

Ohtlik on esi- ja tagarehvide erinev seisund, Ari Tuononen Aalto Ülikoolist (ka roadcloud.fi) seletab, et esiveolisel sõidukil kiirendus- ja pidurdusprotsessides ulatuvad naastud rehvist rohkem välja, toimivad paremini (millest tulenevalt on haakumine esi- ja tagateljel erinev sest tagatelje naast jääb oma pesasse) kuid ka kuluvad või tulevad rehvist välja kiiremini. Seetõttu soovib teadlane rehvid esi- ja tagatelje vahel asendada ca 3000 km läbisõidu järel rehvitootja Nokia soovitus on 8000 km).

Studded and Unstudded Winter Tires in Fatal Road Accidents in Finland (Malmivuo, Luoma, Porthin) 2017 uuring kattis 958 sõidu- või pakiautoga 1997-2012 toimunud õnnetust ning leiti, et naastrehvi kasutus kahandab hukkunuga õnnetuste riski ehk osakaalu, oluline mõju õnnetuste arvule on ainult jääl sõitmisel (seega, on tõenäoline, et mõju liiklusohutusele on olemas, kuid mitte niivõrd Tallinnas kuivõrd mujal Eestis, eriti kohalikel teedel). Juhid, kes kasutavad lamellrehve, on kogenumad ja nende elukutse on sagedamini sõitmisega seotud, samuti on lamellikasutajatel uuem auto. Samas õnnetusega seonduvad auto taastamise kulud ei sõltu niivõrd valitud rehvitüübist. Malmivuo hinnangul [2] tõstaks linnaliikluses lamellrehvi osakaalu kahekordistamine tasemelt 24% tasemele 48% vigastustega õnnetuste arvu üleriigiliselt 10 võrra (igaaastaselt tasemelt 2200) mis on marginaalne.

Optimal proportion of studded tyres in traffic flow to prevent polishing of an icy road – Ari Tuononen, Panu Sainio 2013 jõudsid järeldusele, et 25...50% naastrehvi osakaal on piisav et takistada libeduse moodustumist (naastrehvi suurem osakaal ei karesta katet rohkem). Töö tugineb kontrollitud keskkonnas reaalsete sõidukitega läbiviidud katsetel. Samuti on

¹⁰ <https://yle.fi/uutiset/3-9898664>

siin tulnud järeldusele, et naastrehv tekitab liigse turvalisuse tunde, kuid lamell sunnib ettevaatusele.

Kirjandusest võib leida ka viiteid, mille kohaselt piisaks 20% naastrehvide kasutusest, Rune Elvik on uurinud (2015) naastrehvi võimalikku asendajat liiklusohutuse aspektist ja on oma analüüsis (refereeritud [2]) leidnud, et ESC (Electronic Stability Control) aitab funktsionaalselt juhti samaväärselt libedal teel naastrehviga. 2009 läbisõidust üle poole oli sõidetud ESC funktsionaalsusega sõidukitel ja ESC laiema leviku korral piisaks 15% naastrehvi osakaalust et asfaltkatet karestada. Seetõttu soovitatakse ka, et naastrehve tohiks kasutada vaid vanematel autodel millel puudub ESC süsteem. Alternatiivina võiks naastrehve lubada vaid operatiivsõidukitel.

1.8.3. NAASTUKASUTUSE MAJANDUSLIK MÕJU

Tallinna teede olem (03.02.2020 andmed linna kodulehelt) – kohalikud teed 989 km:

- Kvartaliseteed 1 703 223 m²
- Linna parklad 477 336 m²
- Asfaltteed (tänavad) 6 831 914 m² – 812 km
- Muu kattega 552 933 m² – 39 km
 - o Sõiduteed 199 088 m² – 39 km
 - Sillutis 93 789 m² – 13 km
 - Tsementbetoon 66666m² –5 km
 - Killustik/kruus 44 775 m² – 11 km
 - Katteta 5 264 m² – 1,5 km
 - Mustkate 48 811 m² – 13 km
 - o Teepeenrad 353 845 m²
- Registriväliselt eratänavatel 310 159 m² – 59 km
- Kõnniteed – kokku 2 753 446 m² – 995 km

Et sõidukid liiklevad (kilomeetrid moodustuvad kokku) erinevatel aladel, siis on mõistlik arvestada kokku nii asfaltteed, muu kattega teed ja eratänavad – 812+39+59=910 km. Kogupindalaks 6,83+0,44+0,31= 7,665 miljonit ruutmeetrit. Sõiduraja laius on reeglina 3,5 meetrit kuid sõidutee on veidi laiem kuna lisaks äärekivide alale on tegemist ka ristmike ja mitmesuguste laiendustega mis vajavad uuendamist juba tehnoloogilises mõttes, järelikult tuleb pindala (7,7 miljonit ruutmeetrit) jagada sõiduraja laiusele (3,5 m), et saada arvestuslikku teepikkust – 2190 kilomeetrit (ühe suuna pikkus) mis vastab 1095 kilomeetrile kahe rajalisele tee. Tegelik kate laius võib olla suurem, kuid kuna ülakihi asendusel kate freesitakse, on võimalik asendada kulumiskiht ka ainult sõidurajal, mitte äärel (kui täislaiuses asenduseks puudub otsene vajadus). Kuigi riigi põhimaanteedel on sõidurada valdavalt 3,75 m, sõidavad sõidukid kitsamal rajal pigem jälg-jäljes, seega ka 3,5 meetrise sõiduraja korral on tõenäoliselt kulumiskiirus suurem.

Asfaltkatte kulumiskiirus: 2014 Tehnokeskuse töö¹¹ järgi 7-8 mm algrööbas esimesel suvel (töö lk 15 - paari kuu jooksul – tõsi, Pärnu maantee andmetel) ja edasine rööpa areng 1 mm 10,000 AKÖL kohta aastas. Tegemist oli SMA kulumiskihiga, tõenäoline suurema algrööpa üks põhjus võib olla MNT objektidel rangelt jälgitava bituumeniprotsendi ja minimaalselt vajaliku tihendusteguri teema, mille tulemuseks on mittetoimiv skelett ja voolav asfaldisegu. Seega, algandmed on alljärgnevad:

¹¹ https://www.mnt.ee/sites/default/files/survey/140515_deformatsioonikindlus.pdf

- 2016 Tehnokeskuse uuringu järgi algrööpa moodustumise järel
 - o LS 1500 – 2999 autot/ööp, keskmine roopa sügavuse juurdekasv 1,3 mm/a
 - o LS 3000 – 5999 autot/ööp, keskmine roopa sügavuse juurdekasv 1,8 mm/a
 - o LS 6000 - 9999 autot/ööp, keskmine roopa sügavuse juurdekasv 2,0 mm/a
 - o LS 10000 ja enam autot/ööp, keskmine roopa sügavuse juurdekasv 2,5 mm/a
- Ühikhinnad 2020:
 - o AC surf – 5 cm kiht 11,27/m²; SMA – 4 cm kiht 13,41/m²; freesimine 0,42/m² (keskmiselt kokku 12,76 €/m²)

2019 uuringu järgi hinnati läbisõiduks Tallinnas 3106 miljonit kilomeetrit ja Eesti üldisest läbisõidust 91,8% moodustasid sõiduautod (Tallinna kohta eraldi arvestus puudub). Naastrehvide kasutamine on lubatud 15. oktoobrist 31.märtsini, kuid tavaliselt seda aega pikendatakse. Seega 5,5 kuud aastast arvestame sõiduautode võimaliku naastukasutusega. Et sõiduautode mõju rööpa arengule ilmneb vaid naastrehvide kulumisena, siis naastrehvide kasutusaja võimaliku lühendamise mõju saame samuti lihtsalt arvutada. Kogu liiklusest sõiduautode hulga ehk mahu hindamiseks summeerime liikluse Tallinnast väljuvate maanteed linnapiiri lähedastel lõikudel liigiti (sõiduautod/kokku).

- Narva – 29582/32375
- Tartu – 24952/26695
- Pärnu – 32296/33794
- Paldiski – 18864/19946
- Rapla – 12998/13750
- Viimsi – 18512/18991
- Saku – 8635/9165
- Rannamõisa – 16920/17273

Sõiduautode (ja N1 grupi veoautode) liiklus linnapiiril moodustas 2019 94,6% kogu liiklusest (raskeliiklus kokku seega 5,4%). Eeldame, et linna sisese liikluse jaotus sõidukiliikide vahel on lähedane linnapiiri ületava liiklusega (SA-94,6%) mitte Eesti keskmisega (SA-91,8%).

Tallinna teedevõrk taandatuna kahe- ja kolme- ja nelirajaliseks (ilma kvartalisiseste teede ja platsideta) moodustab kokku 1095 km, seega sõiduautod läbivad aastas kokku 3106 miljonit * 0,946 kilomeetrit / 1095 km /365,25 saame keskmise ööpäevase läbisõidu. Sõiduautodena on see 7347, kogu AKÖL keskmiselt taandatud Tallinna tänavakilomeetrile on 7766. Osa nendest kilomeetritest on enam kui kahe- ja kolme- ja nelirajalised. Saadud tulemus on keskmine, kuid et realselt madala liikluskõrgusega kõrvaltänavatel kulumiskihti eraldi ei asendata (kulumise asemel on piiravaks teguriks sideaine vananemine), on otstarbekas eristada erinevad teekategooriad liikluskõrguse alusel ja edasise uuringu raames täpsemalt uurida vaid neid tänavagruppe, millised üldse tee tööea jooksul võivad vajada kulumiskihi asendust.

Analüüside järgi algrööpa sügavust liiklusega ei seostata kuigi tõenäoliselt väikese liiklusega teedel-tänavatel võib algrööbas olla mõõtevea piiril, maanteed statistika järgi moodustab edasisest roopast 50% naastrehvidest tulenev kulumine ja 50% raskeliikluse koormusest tulenev vajum. Milline on vahekord linnaliikluses, vajab täpsustamist uuringute käigus – paremate andmete puudumisel kasutame Maanteeameti poolt tellitud tööde tulemusi. Siit tulenevalt, kui algrööbas moodustab 7-8 mm ja maksimaalne lubatud

rööpasügavus on MKM määruse 92 (seisundinõuded) järgi 20 või 30 mm (arvestame 25 mm), siis sisuliselt on kulutada võimalik 18 mm. Edasistes uuringutes võiks kasutada erinevate koormusgruppide lõikes diferentseeritud arvestust, mis võimaldab samas eristada ka seisundinõuded. AKÖL 7766 korral arvestades roopa formeerumise kiiruseks 2,15 mm/a (kui 2 mm/a kehtib vahemikule 6000-9999 ehk selle keskväärtusele 8000, 3000-6000 vahemiku keskväärtusele 4500 kehtib 1,8 mm, siis 7766 juures on see ümardatult siiski 2,0 mm/a), saame et keskmine tee (intensiivse liiklusega lõik näiteks kolme aastaga, väikese liiklusega kõrvaltänav vananeb, mitte ei kulu, ja seega ei vaja ülekatet vaid asendust 35 aastaga) vajaks katte ülakihi asendamist 9 aastaga (8,37 ümardatud ülespoole). Oletame asendatava sõiduosa laiuseks 2*3,50 ehk 7 meetrit, saame vajaliku mahu 1095 km 8,37 aastaga ehk 130 km aastas. Selle töö maht oleks ca 7*130.000 ruutmeetrit ja maksumus 9,1 miljonit eurot aastas (ainult freesimine ja uus asfalt sõidurajal ilma lisatöödeta nagu kattermarkeeringu eemaldamine ja taastamine – arvestamata asjaolu, et linnas on asfalditööd kallimad kuna teedel on palju kaevupäiseid ning mitmesugused kitsendused-laiendused vajavad rohkem käsitsitööd kui maanteelõigud). Edasistes uuringutes tuleb püüda täpsustada nii pindala kui ühikmaksumuste numbreid (kasutada Tallinnas reaalseid tasemeid, mis võtavad arvesse mitmesugused lisatööd mida maanteedel reeglina ei esine) mis võivad tulemust üsna suurel määral mõjutada.

Kui lähteülesandes sooviti naastrehvikasutuse muutuse mõju 80% tasemelt 20% tasemele, siis eeldame esmalt, et eeltoodud kulumise kalkulatsioon vastab 80% tasemele (üleriigiline eeldatav tase, ümardus varasematest uuringutest).

Eeldades, et linna katendid on sama tugevad kui maanteekatendid, kujuneks võimalik võit naastrehvide kasutuse kahanedes 80% tasemelt 20% tasemele asfalditöodes iga-aastaselt 3,29 miljonit eurot ehk 37,5% taastusremondi asfalteerimise kuludest. Pool roopa arengust on raskeliiklusest, teine pool naastrehvidest. Kui vajalik summa 9,1 miljonit põhineb 80% naastrehvikasutusel (Eesti keskmine ajal, kui Tehnokeskuse uuring tehti), siis sellest pool (4,55) tuleneb raskeliiklusest ning 20% tase on neli korda madalam arvestuslikust 80%-st, mistõttu naastrehvidest tuleneks 1,14 miljonit – seega, **20% naastrehvikasutusel on eeldatav asfaltkatete taastamise maksumus 5,69 miljonit**. Täpsustades algtaseme vastavaks tänasele naastukasutusele 62%, $62/80=77,5\%$ ehk naastudest tulenev asfaldivajadus on 3,53 miljonit ja asfaldi taastustööde **korrigeeritud summa 62% naastukasutuse juures on 8,08 miljonit eurot aastas**.

Kui arvestada, et linna tüüpkatendid on tugevamad maanteekatenditest (alates 2017 on aluseks tüüpkatendid, mille kihipaksused lähenevad pigem Soome normidele, mitte meie maanteenormidele ning Soome normide järgseid katendeid on võrreldud Eesti maanteekatenditega mitmes Maanteeametile tehtud uurimistöös 2008, 2011 ja 2015), kahaneb seejuures raskeliiklusest tulenevate roobaste maht seetõttu, et paksema konstruktsiooni võimalikud vajumid koormusest on väiksemad. Raskeliikluse roll Tallinna tänavavõrgus on väga erinev, sõltudes nii transiidikoridoridest ja tootmisettevõtete paiknemisest kui ühistranspordist.

Arvutades samadelt eeldustelt (vastavalt lähteülesandele, tuginedes Maanteeameti uuringule), kaua keskmine katend rohkem kestaks, saame koefitsiendi 0,5 (50%

raskeliiklusest) $+0,5$ (50% naastudest)/ $0,8$ (eelduslik naastukasutus 80%) * $0,2$ (soovitatav naastukasutus) = $0,625$ ehk roopa arengu kiiruseks kujuneks 1.25 mm/a ja 18 mm täituks $14,4$ aastaga. Seega „keskmise tänavakatte“ kulumiskihi taastamistsükli tuleks korrata $14,4$ aasta järel. Tegelik võit võib olla veelgi suurem seetõttu, et võrreldes maanteekatendiga (arvutuslik eluiga 20 aastat) on Soome normidele tuginedes konstrueeritud tüüpkatendi arvutuslik eluiga kuni 35 aastat mistõttu roobaste moodustumises raskeliikluse mõjul asfaltkatte läbivajumise tõenäosus ja võimalus on veelgi väiksem (reaalselt kahaneb oluliselt vertikaalne vajum ja säilib nihkepingetest tulenev asfaldi teisaldus „kõrvale ja üles“ mida näeme lainete kujul eelkõige ristmikualadel). Samas ei saa otseselt võrrelda „linna keskmist“ näitajat magistraaltänavaga, liiklussagedused on selleks liiga erinevad.

Naastu kasutusaja vähendamine $5,5$ kuult 4 kuule tähendaks arvutuslikult tegurit $0,5$ (raskeliikluse mõju) $+0,5$ (naastu mõju) * $4/5,5$ (naastu kasutusaja lühenemine) = $0,86$ ehk rööpa moodustumiskiirust $1,73$ mm/a mis annab 18 mm saavutamiseks $10,4$ aastat senise 9 aasta asemel. Seega ka rahaline mõju $1,2$ miljonit eurot aastas. Kasutusaja vähendamise idee rakendamise võimalus sõltub tegelikkuses rohkem reaalistest kliimamuutustest.

Täpsemate hinnangute saamiseks tuleks uurida, kuivõrd Tallinna tüüpkatendite rakendamisest tulenevalt uute teekatendite deformatsioonid raskeliikluse all on kahanenud – rööpasügavuse areng võrdlused vanemate ja viimase nelja aasta jooksul ehitatud katendite vahel (naastude kulumist see ei mõjuta, seega muutub eeldatav $50/50$ suhe kulumise ja deformatsiooni vahel). Ilmselt on otstarbekas püüda eristada peateede võrgustik (tüüpkatendite¹² järgi A1...C3, valides samasse jaotusse ka lubatud rööpasügavuse määra) nii pikkuses/mahus kui läbisõidus, sest kõrvaltänavate katend ei vaja kulumiskihi asendamist kogu tööea jooksul (võib olla vajalik pindamine).

1.9. NAASTUKASUTUSE MAKSUSTAMINE

Naastrehvikasutuse maksustamiseks on mitmeid võimalusi, kõige tülisemad neist on seotud administratiivjaotuse (linn, linnaosa, kvartal vms) põhise piiranguga. Tõsisemalt tasuks kaaluda üleriiklikke skeeme. Põhimõtte järgi võiks jaotada lahendused **indulgentsi** tüüpi (ostetud õigus naastrehvi kasutada – analoogselt liikluskindlustusega, mis on ajapõhine) ja tegeliku kasutusega seonduvateks (**naastuaktsiis** mis lisatakse rehvi ostuhinnale, või läbisõidupõhine koos teekasutustasu laiendamisega kõigile autodele). Nii indulgentsi kui **teekasutustasu** puhul esineb sõidukite füüsilise kontrolli aspekt, naastuaktsiis peaks olema suunatud just naastrehvide maaletoojatele või ka rehvimüüjatele.

- 1) **Naastuindulgentsi** (ajapõhine naastukasutustasu) plussid ja miinused:
 - i. Tehniliselt lihtne
 - ii. analoog liikluskindlustusega või m-parkimisega, võimalikud nii registripõhine lähenemine (võrgu kaudu ostetav õigus) kui ka

¹² <https://www.riigiteataja.ee/aktiivisa/4240/9201/9038/1110141708.attachment.pdf#>

- parkimiskella tüüpi kleebised (tanklast ostetav). Kui sõiduk on varustatud naastudega ja paikneb keelualal, on selge, et sinna saamiseks on reegleid rikutud (trahvimiseks piisab alal viibimiseks, ei pea liikuma).
- ii. Registripõhine lähenemine (ARK/MNT – Autoregistrikeskus/Maanteeamet, konkreetse sõiduki indulgentsi tasumine koos vastava märke kandmisega registrisse) võimaldab nii automaatset kui käsitsi kontrolli (mupo inspektor), kleebise variandil on võltsimisvõimalused ja kontroll võimalik vaid parkivate sõidukitel (vt näiteks inva-parkimisõigused). Ka Rootsi/Norra kontroll on tegelikult parkivate sõidukite põhine.
 - ii. Objektiivsus ja õiglane lahend - ei tehta vahet, kas naastukasutus on perioodi jooksul 1 km või 1000 km – seega saastaja küll maksab kuid mitte proportsionaalselt
 - iii. Administratiivala - kuni sellist skeemi soovitakse rakendada vaid ühes haldusalas (nt Tallinna linn), skeem ilmselt toimiks, kuid kui analoogsed soovid esitatakse ka teiste omavalitsuste poolt, saame tulemuseks anarhia. Norras on küll naastutasu laiendatud nii, et ühe linna tasu maksmine annab õiguse ka teistes piiranguga linnades liikumiseks, kuid ilmselt eeldab see osapoolte vahelisi kokkuleppeid tasu jagamisel. Üleriiklikuna võimalik.

Teostamine – kleebiste trükk ja müügi korraldus tanklakettidega (kui valitakse traditsiooniline lahend) ja võrgurakenduse tellimine/täiendamine (parkimislahenduse analoog). Täiendav töökuulu mupo ja politsei poolt ei ole rahaliselt hinnatav (munitsipaalmaksu puhul on politsei välistatud). Saadav maksutulu sõltub kasutatavast tariifist ja soodustuste skeemist (pikemaajaline indulgents on ajaühiku kohta odavam).

2) Naastuaktsiisi plussid ja miinused:

- i. Naastuaktsiis on sisuliselt läbisõidupõhine, vastab põhimõttele „saastaja maksab“ ning on proportsionaalne tegelikule põhjustatud kahjule.
- ii. Teekasutaja (sõidukiomaniku) vaatevinklist lihtsaim lahendus, mis ei vaja mingeid täiendavaid rakendusi, naastuaktsiis sisaldaks rehvi ostuhinnas
- iii. Puudub võimalus kogutava tasu jagamiseks tegelikult kasutatud teede omanike vahel, tegemist on üleriikliku maksuga mis kogutaks ilmselt riigieelarvesse.
- iv. Naastuaktsiis kui riigimaks oleks EMTA (Maksu- ja Tolliamet) korraldada, täiendav halduskoormus rehvide maaletoojal ei ole suur (käsitledes aktsiisi fikseeritud summana sõltumatult rehvi hinnast, suurusest ja naastude arvust). Rehviit ei näe endal teemas rakendavat rolli.
- v. Eestisse tuuakse maale nii valmis naastudega talverehve kui ka eraldi naastudeta naastrehvi tüüpi talverehve, mis enne müüki varustatakse naastudega, kasutades nn naasturobotit. Kui maksu tasuja on maaletooja, peaks maksustama nii valmis talverehvid kui ka eraldi imporditud naastud (teadupärast naaste veel Eestis ei toodeta).
- vi. Naastrehve tuuakse maale nii ettevõtlusena kui individuaalkorras (ostud netikaubanduse kaudu; kasutatud rehvide maaletoomine; mujalt koos paigaldatud naastrehvidega ostetud sõidukid). Tõenäoliselt on individuaalkorras maaletoodud rehvide osakaal tervikus marginaalne, kuid olulise hinnavahe korral võib see tõusta. Analoog alkoholiaktsiisi mõjuga („maksud sõidavad“).

- vii. Kontroll teel või parklas, kas konkreetsete rehvide maksud on makstud, ei ole lihtne. Iga rehvi küljele vastava markeeringu lisamine on küll mõeldav, kuid see peab ka võltsimiskindel olema.

Naastuaktsiis ei ole rakendatav munitsipaaltasemel.

3) Teekasutustasu plussid ja miinused:

- i. Tegemist on üle-Euroopalise trendiga mida suunab Komisjon, eesmärgiks on teekasutustasu laiendada lisaks raskesõidukitele ka kõigile sõiduautodele. Sellega luuakse lahendusvõimalused ka piiriülestele juhtumitele
- ii. Võimaldab süsteemi lisada väga mitmesuguseid erinevaid funktsionaalsusi
 - i) Naastrehvi kasutustasu läbisõidupõhisena
 - ii) Teekasutustasu jaotus erinevate teevaldajate vahel (riik, KOV aga ka erateed)
 - iii) Teekasutustasu diferentseerimine sõltuvalt tipptunnist (tipptunnil on liikumine kallim - ummikumaks) ja teelõikudest (saab teekasutajaid tariifierisustega suunata alternatiivseid marsruute kasutama)
- i. Tegemist on väga puhtakujulise „saastaja maksab“ põhimõttega ning tasu summad on võimalik viia maksimaalselt proportsionaalseks tegeliku kasutuse ehk saastamisega.
- ii. Tehnilised lahendused on täna olemas nii teekasutustasu administreerimisel raskesõidukite jaoks (fleet management) kui ka tasuliste teede läbimisel tavalisõidukitele (sõiduautodele).
- iii. Tavaliselt esitatakse sellise skeemi rakendamise suhtes vastuargumendiks hirmu „suure venna“ ees, et võimudele ja maksuametile saavad otseselt avatuks kõik sõidukite liikumised. Sisuliselt on paljude KOV piiridele paigaldatud kaamerad koos numbrituvastustehnikaga, kuid selles osas ei ole vastuseisu olnud. Antud juhul on vahendajaks „fleet management“ firma, kes andmeid töötleb ja esitab nii vastava maksu tasujale kui saajale (teeomanik) vaid igakuulise koondinfo ilma detailideta (sõiduki nr, teeomanik, tariif, kilometraaž, tasutav summa). Ei saa välistada, et „jõuvõtete“ kasutamisel saab seadusandja ette näha andmete kasutamise viisil, mida täna on võimalik hinnata negatiivsena (privaatsuse rikkumine, mida on soovitud rakendada ka sõnumsidele).

Teekasutustasu rakendatakse üleriigilisena Euroopas ühtsete põhimõtete alusel. Naastutasu kujuneks vaid üheks lisafunktsiooniks mis ei vaja olulisi täiendusi süsteemile (naastukasutuse deklareerimine tarkvaraliselt).

Teekasutustasu ja elektroonilise haldamisega seotud aspekte on detailsemalt käsitletud Maanteeameti tellimusel tehtud uuringus (ERC 2019). Naastumaksu integreerimine teekasutustasus lisab süsteemi väljatöötamisele marginaalse osa, arvestades et üle-Euroopaline rakendamine on veel piisavalt kaugel, tuleks antud funktsionaalsus lisada spetsifikatsiooni piiriüleseks rakendamiseks (riikides, kus naastukasutus on lubatud).

| | Korraldaja | Rakendusala | rakendus | Kontroll | Risk |
|------------|--|------------------------------------|--|--|--------------------------|
| Indulgents | ARK (MNT) või linn (parkimis-korralduse analoog) | Riik või üks KOV (kuid mitte mitu) | register/ e-parkimise analoog pangaliidesega | PPA – liikuv sõiduk, MuPo ja era-parklad - seisev sõiduk | Mitu KOV – pole hallatav |

| | | | | | |
|--------------------------------|------------------|---|--|--|--|
| Naastuaktsiis | EMTA | Riik (ühtne) | puudub (ainult kohalikele sõidukitele) | EMTA vaid maaletooja tasemel | Maksud sõidavad |
| Elektrooniline teekasutus-tasu | Fleet management | Riik (kogu eristus MNT KOV era) 2030-2035 | GPS (kõigil must kast) | Fleet management Pol/EMTA | Ajaline rakendus 2030+ |
| Naastukeeld | KOV, riik | Pilootala, KOV, riik | puudub | PPA (liikuva sõiduki tavakontroll), MuPo (parkivad sõidukid) | Puudulik tee-hooldus ja õnnetuste ning ohvrite arvu tõus |

Soome uuemad analüüsid¹³ näitavad, et riigil on raskused keskkonnanäesmärkide täitmisel aastaks 2050 (CO₂ saast 50% 2005 tasemest) ning selleks nähakse olulisena kilomeetrimaksu (teekasutustasu kõigile sõidukitele) rakendamist alates 2030-2035 sest tänane kütuse maksustamise baas muutub nii biokütuste kui elektrisõidukite kasutuse laienemisega, kuid selle maksu eeldus on kütuseaktsiisi langetamine mis eeldab EL minimaalsest aktsiisitasemest loobumist. Riigi vaatevinklist on teekasutustasu rahanduslikult maksuneutraalne (asendab aktsiisi). Kütuse maksustamine ja ummikumaksud ei ole efektiivsed saastevähendamise meetmena sest teeliiklus on vältimatu ja ei ole piisavalt hinnatundlik. Ummikumaksude eesmärgiks on loetud teedevõrgu investeringuteks vajalike vahendite kogumist, piirkondlike ummikumaksude keskkonnamõju on suhteliselt väike.

Indulgentsi rakendamise vajalikud tegevused (eeldusel, et tegemist on AINULT Tallinna linnas rakendamisega):

- Uue e-teenuse ülesehitamine analoogselt m-parkimisega, klient valib makseperioodi ja maksmine toimub analoogselt m-parkimisega telefoniarvega – analoogiliselt parkimisega toimib lahendus ka mujal registreeritud sõidukitele. Ilmselt on vajalik andmebaasirakendus, kuid salvestada tuleks ainult autonumber ja tasutud periood (üsna täpne analoog parkimisega). Kindlasti peaks olema võrgupõhine e-poe laadne rakendus mis võimaldaks naastumaksu tasuda pangalingiga arvatist. Maksumus – analoog linnamaal parkimise korraldamisega.
- PR – kasutajate teavitamine meedias ja välireklaamina kolmes kohalikus keeles
- Naastumaksu tasumise kontroll saaks algfaasis olla vaid manuaalne parkimiskontrolli poolt. Kulude aspekti osas on linnal ilmselt piisav info parkimiskontrolli poolelt.

13

<https://yle.fi/uutiset/3-11370704;>
http://www.aut.fi/files/2196/Liikenteen_tiekartta_Tiivistelmaraportti_2020.pdf

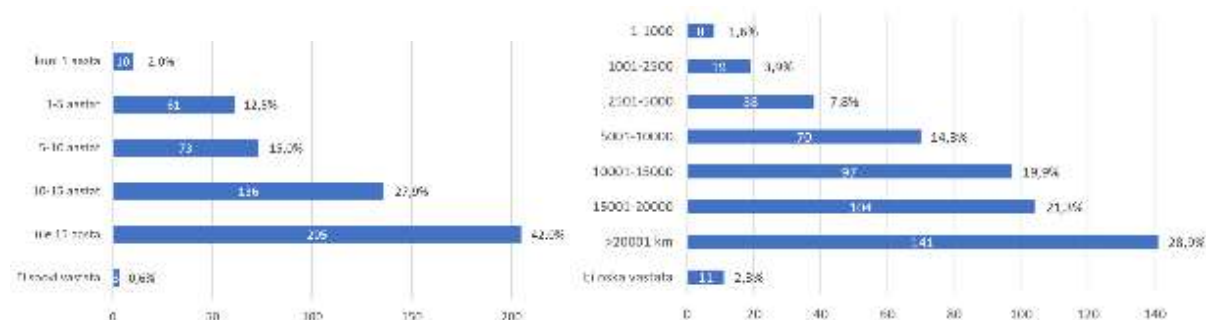
Naastukasutuse maksustamise otsustamise eeltööna on vajalik teha põhjalikum tehnilis-majanduslik analüüs (kaasates majanduseksperte).

1.10. KÜSITLUS NAAST VÕI LAMELL

Küsitlus viidi läbi sotsiaalmeedia põhiselt, valdavalt linnaosade suhtlusgruppide kaudu. See võib kaasa tuua väikese andmenihke - liiklejad, kellele linn on töö-, mitte elukoht, võivad olla vähem esindatud. Küsitlusele vastas 488 inimest.

Vastanute jaotus:

- Vanus – keskmiselt 36,2 aastat
- 52,5% mehed (47,5% naised)



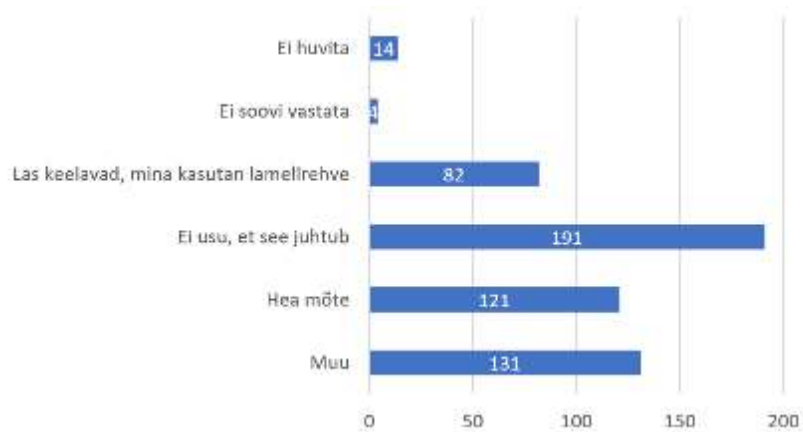
Joonis 1. Juhistaaž ja aastane läbisõit

Talvel sõidab ainult naastrehvidega 292 vastanut, lamellidega 183 ning 13 kasutavad mõlemat liiki (mitu erinevat autot). Rehvitüübi jaotus haakub väga hästi loendustulemustega, naastukasutus on suurem nendel juhtidel kes igapäevaselt ka väljaspool Tallinna liiklevad. Tõsi, antud juhul võib esineda väike nihe sest küsitluse kutset levitati valdavalt linnaosade suhtlusgruppide kaudu mis võib jätta vähem esindatuks liiklejad, kellele linn on töö-, mitte elukoht.

Aktsepteeritav maksutase on ca 35€/a, mille ületamisel ollakse valmis üle minema lamellidele.

Põhjamaade kliimasse sobiliku rehvi märgistust tuntakse halvasti (vastanutest 162 ehk 33,2% teadsid seda), seega on enne järgmist hooaega mõistlik panustada teavituskampaaniasse.

Üldiselt ollakse otsese naastukeelu vastu (121 vastajat pooldab keeldu), põhjusel, et kõrvalteede ja -tänavate hooldustase ei ole piisav.



Joonis 2. Kuidas suhtutakse naastrehvide keelu kehtestamisega

Detailid: TV P3 (küsitlus)

Täielikuma info saamiseks soovime küsitlustega jätkata, kasutades andmete töötlemisel lisaks matemaatilise statistika meetodeid (eeskätt korrelatsioonanalüüs ja jaotuse uurimine), leidmaks võimalikke erinevate toimimisviiside ja sisendite vahelisi põhjuslikke seoseid.

2. SOOVITUSI EDASISEKS

2.1. TEADLIKKUS – VAJALIKUD UURINGUD

PR peab tuginema faktidel, seega on vajalikud uuringud, mis annavad PR jaoks tarviliku aluse. Rootsi kogemusel keeluala tekitamine mõjutab rehvituubi valikut oluliselt laiemalt kui ainult piiranguga tänav või linnaosa.

- **liikluskäitumise uuring** - naastukasutaja riskeeriva käitumise erisus
 - o politsei fikseeriks talvehooajal kiiruseületajate puhul ka rehvituubi ning tulemust saaks statistiliselt analüüsida – eeldab koostööd politseiga, tõenäoliselt vajalik Vabariigi Liikluskomisjoni otsus või soovitus
 - o täiendada küsitlusuuringut kuigi vastamine on subjektiivne
- **liiklusõnnetuse teatise täiendamine** – võimaldab õnnetusjuhtumite analüüsis eristada naastukasutuse
 - o ajaline nihe ettepaneku rakendumisel (aasta)
 - praegu fikseerib politsei õnnetusel vaid selle, kas rehvid vastasid nõuetele, eristamata lamelli ja naastu
 - kindlustusteatise vormis puudub otsene nõue rehvituubi ja seisundi märkimiseks
 - o koostöö kindlustuse ja politseiga, et juhtumi andmestik sisaldaks täiendava info, alustuseks Vabariigi Liikluskomisjon
- **teetolmu analüüs** (käesolevas töös koostatud lähteülesande alusel, peab sisaldama vähemalt kevadise ja sügise mõõtmise) - peab andma veendumuse, kui suurt osa probleemist (peenosised) saame lahendada naastrehvide kasutuse kahandamisega, kavandada võrdlev analüüs Skandinaavia riikidega. Teema väljub käesoleva töö meeskonna kompetentsivaldkonnast.
- **täpsem kulu-tulu analüüs** – kohandada senist metoodikat rohkem linnaerisustega, eesmärgiga täpsemalt hinnata naastrehvikasutuse muutuse majanduslikku mõju
 - o fookus ainult nendel tänavatel, kus liiklussageduse tõttu on üldse vajalik taastusremont roobaste tõttu – kõrvaltänavad vananevad enne, kui kuluvad
 - o püüda leida teistest allikatest linnaliiklusele sobivam rööpa moodustumise seos (raskeliiklus vs naast – tõenäoliselt tuleb arvestada konkreetse tänava raskeliikluse osakaalu) ja seda rakendada
 - o kasutada Tallinnas tegelikult toimivaid ühikhindu (Maanteeameti suurte objektide hinnatasemed ei pruugi olla adekvaatsed Tallinna võrdluses, kuna

äärekividega ristlõiked ja mitmesugused kaevud ja kaaned tähendavad lisatööd, mis peaks kajastuma põhitöö ühikhinnas.

- **roopa tekke ja arengu seire** - senised uuringud (MNT) on maanteetingimustes, linnas on eripärad – tuleb jätkata senist seireprogrammi (laserskaneerimine) laiendades analüüsitava ristlõigete arvu, kasutades mõõtmisteks ka odavamaid tehnoloogiaid (sh ka käesolevas uuringus katmata jäänud osa)
- **naastrehvi kasutuse seire** - jätkata kaubanduskeskuste parklate põhiseis loendust, vastavalt automaatseire tehnilistele arengutele tuues sisse ka liikuvate sõidukite rehvituubi tunnistamise

2.2. KASUTUSE SUUNAMISE PEHMED MEETODID

Juhul, kui eesmärk ei ole keeld, vaid olukord, kus mõõdukas naastrehvikasutus (ca 20% sõiduautodest) karestab talveperioodil asfaltkatted ja tagab linnas ka ristmikealadel vajaliku haardeteguri, võib kaaluda pehmete meetmete rakendamist. Keelud on psühholoogiliselt raskemini mõistetavad ja kindlasti poliitiliselt tundlikumad.

- **odavam parkimine** – otseselt mõeldav vaid linnamaal, tasuliste eraparklate osas vajalik koostöö parklavaldajatega.
- **naastuandurid parkimismajades** - Soomes on kasutusel. Saab seostada infotabloodega, näiteks parkimismajast väljudes hoiatada, et naaste tohib kasutada veel x päeva või on see aeg juba läbi; samuti rehvimustri sügavuse automaatse mõõtmise näiteks parkimismajja sisenemisel tõkkepuu ees peatuskohas – koos vastava teabega tabloole. Linn või riik toetaksid vastavate lisaseadmete hanget ja paigaldust parkimismajadele.
- **linna sõidukid lamellidel** (v.a. operatiivsõidukid) alustades linnavalitsuse liikmetest, mis annaks eeskujuga, ka teised linna ametisõidukid
- **erasõidukikasutuse kompensatsioon** (maksupoliitiline otsus – Rahandusministeerium) seostada kasutatud rehvitüübiga (eeldab sõiduki naastukasutuse registreerimist ARK registris)
- **maksustamisega kallutada harjumusi** - pikaajaline protsess, naastuindulgents kui algaas, nähes ette ülemineku üleriikliku teekasutustasu raames naastrehvi arvestamisele.

2.3. KASUTUSE SUUNAMINE LÄBI KEELDUDE

Piirkondlikud ja ajalised keelud - pigem väga piiratud aladel, kus täheldatakse lokaalseid probleeme. Kui – siis kust alustada?

- vanalinn, mis üldiselt on autovaba, välja arvatud Toompea. Rootsi puhul on kohalikud elanikud, taksod ja operatiivsõidukid piirangust vabad – seega tõenäoliselt puudutaks selline piirang väheseid, ka Toompea piirkonna puhul on valdavalt tegemist sillutiskivikattega, mida ei ole võimalik naastude saastega seostada;
- Liivalaia-ringi sisene ala, kuigi tegelikult seirejaam Liivalaias näitab, et probleem ongi selles trassis. Siiski on see tehniliselt võimalik ja parkimiskontrolli tasemel teostatav.
 - o Kui kontroll piirdub valdavalt peatuvate-parkivate sõidukitega, siis Liivalaia trassin ei ole sobilik polügoon (vähemalt kesklinna suhtes transiitliikluse osas).
 - o Vajalik on hinnang, kui suur osa Liivalaia liiklusest on täna seotud südalinnaga, kui suur osa transiit.
 - o Kui õnnestub töökindlaks arendada automaatseire kaamera, tuleks kontrollil eelistada trasse, kus iga sõidurada on hõlpsamalt eristatav. Tänane katserakendus – mikrofon meetri kõrgusel – on rakendatav 2+2 ristlõikel vaid eraldusribaga magistraalidel.

Keelualal naastrehvidega liiklemise puhul tehtav trahv võiks olla sama, mida kasutatakse naastrehvide kasutamisel suveperioodil. Samas, arvestades, et tegemist saaks olema linna poolt rakendatava mõjutusvahendiga ja 35 € taset peeti küsitluses sobivaks nivooks seaduskuuleka käitumise puhul, võiks trahvi tase olla ca 350 €. Arvestades erandite tegemisega (takso, operatiivsõidukid, kohalikud elanikud) on ülejäänud sihtgrupid Vanalinna, sh Toompea kontekstis kahtlemata maksujõulised.

Piirang, mida adekvaatselt kontrollida ei suudeta, ei oma sisulist mõju. Samas, geograafiliselt piiritletud ala režiimimuutusel on mõju kaugelt väljapoole keelutsooni.

Võimalik naastukeeld kogu Tallinna territooriumil – sisaldab mitmeid eeldusi ja probleeme:

- Kehtestada liiklusmärk „Naastrehvide kasutuse keeld“ Skandinaavia riikide eeskujul (MKM/Riigikogu)
- Kuni naastukeeldu ei rakendata kogu riigi territooriumil, tuleks kõigil linna sisenevatel suundadel pakkuda naastukasutajatele alternatiiv – Park&Ride ja väga hea ühistranspordiühendus sõlmpunktidega
- Keeld peaks olema absoluutne, ilma eranditeta
- Reaalne linnapoolne kontrollivõimalus on vaid parkivate sõidukite osas
- Tõhustada talihoolduse kvaliteedi kontrolli – rakendades haardeteguri mõõteseadmed, mis toimivad talvetingimustes ja väikesel kiirusel (näiteks, optilisel põhimõttel)



töötavad seadmed¹⁴ mida on võimalik paigaldada bussidele ja andmed edastada vahetult pilverakendusse¹⁵; kattemarkeeringu haardeteguri mõõtmiseks sobivad käsiseadmed¹⁶)

¹⁴ https://www.teconer.fi/wp-content/uploads/7_Its_2013-52_comparison_study_web.pdf

¹⁵ <https://www.icebreaker.vc/companies/roadcloud>

¹⁶ https://www.researchgate.net/publication/308706714_A_portable_wheel_tester_for_tyre-road_friction_and_rolling_resistance_determination/download

KASUTATUD KIRJANDUS

1. Ville Liiv, Aapo Hakala, Pauli Kolisoja (2020). Nastarengasluokitin. Väyläviraston julkaisu 19/2020. https://julkaisut.vayla.fi/pdf12/vj_2020-19_nastarengasluokitin_web.pdf
2. Hannu Mustonen, Determining the Road Wear Limits in the Type Approval of Studded Tires. Aalto-yliopisto, Master thesis 2019. https://aaltodoc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/38961/master_Mustonen_Hannu_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y
3. Khan RK, Strand MA. Road dust and its effect on human health: a literature review. Epidemiol Health. 2018;40:e2018013. Published 2018 Apr 10. doi:10.4178/epih.e2018013

LISAD

LISA 1 – TAURI VÄLI MAGISTRITÖÖ (JUH. AIN KENDRA)



Naastrehvide
kasutamine Tallinna

LISA 2 – MARKEN MURDLA BAKALAUREUSETÖÖ (JUH. SVEN SILLAMÄE)



2020_Marken_Murd
la_loputoo 1.pdf

LISA 3 – AUDIOSIGNAALI ANALÜÜSI TEADUSTÖÖ (JUH. JAANUS KAUGERAND)



identification_of_wi
nter_tyres_by_sounc

LISA 4 – TOLMUKOGUMISE JA ANALÜÜSI LÄHTEÜLESANNE

Hindamaks linnaõhus leviva tolmu keemilist koostist ja tuvastada tolmuosakeste võimalikku päritolu tuleks korraldada kahel erineval aastaajal mõõtmiste kampaania. Mõõtmiste käigus saab hinnata liiklusest pärineva „toruotsa“ ja „mitte-toruotsa“ heitgaaside osakaalu. „Mitte-toruotsa“ hulka kuulub õhusaaste, mis pärineb teekatete ja sõidukite kulumaterjalide (rehvid, pidurikettad) kulumisest ja tänavatel kasutatavast puistematerjalist. Selleks viiakse läbi peenosakeste (PM10, PM2,5) pidevmõõtmised vähemalt kahe mõõtekampaaniana (veebruari-märts ja august-september), mille iga minimaalne kestus oleks vähemalt 1 kuu.

Igas mõõtepunktis analüüsitakse peentolmu proovidest raskmetallide, element ja orgaanilise süsiniku sisaldust ja mineraalset koostist 24 h vältel kogutud proovidest. Saadud analüüsitulemuste ja mõõdetud meteoandmete põhjal hinnatakse õhusaaste võimalikku päritolu ja ülaltoodud saasteallikate osakaalu õhusaaste põhjustajana.

Kaugkannet saab arvestada Lahemaa foonijaama sama mõõteperioodi andmeid võrreldes.

Mõõdetavate parameetrite aegridasid analüüsides saab tuvastada kindlaid mustreid, mis vastavad liiklusele ja vastava perioodi proovide analüüs võimaldab hinnata toruotsa ja mittetoruotsa heite jagunemist.

Mõõdetavad parameetrid

| | |
|--|---|
| Pidevmõõtmine | |
| Lämmastiku oksiidid (NO ₂ + NO) | Liiklussaaste markerühend |
| Süsinikoksiid (CO) | Kohtkütte ja liiklussaaste markerühend |
| Vääveldioksiid (SO ₂) | Võimaldab hinnata merelt tuleneva saaste osakaalu |
| PM ₁₀ | |
| PM _{2.5} | |
| Tahm (BC – black carbon) | Iseloomustab põlemisprotsessist pärinevate osakeste osakaalu (eriti kohtkütte ja diisela autod) |
| Meteoparameetrid | |
| Pistelised proovid | |
| PM ₁₀ proov | |
| PM ₁₀ fraktsioonis raskmetallid (As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, V) | |
| PM _{2.5} fraktsiooni EC/OC sisaldus | |
| PM ₁₀ fraktsiooni ioonkoostis (Ca ²⁺ , Na ⁺ , Mg ²⁺ , K ⁺) | Ioonkoostises kaltsium iseloomustab teekatte kulumisest pärinevaid osakesi, kaalium on puidu põletamise marker. |
| PM ₁₀ fraktsioonist PAH koostis | Kindlad PAH esindajad on bensiini ja diisli markeriteks, lisaks saab hinnata võimalikku mõju tervisele. |

Otseselt teekatte kulumisest õhku sattuva heite analüüsimiseks on võimalik teha mõõtmised spetsiaalse teekatte emissiooni mõõtesüsteemiga. See võimaldab mõõta auto taha haagitud süsteemiga mõlema tagaratta alt õhku lenduvaid osakesi (võimalus, et üks tagarehv on naastudega ja teine ilma) ja neid keemiliselt analüüsida (leida Tallinna teekatte kulumisele iseloomulikke markereid).

LISA 5 KÄESOLEVA UURINGU LÄHTEÜLESANNE

Uuringu eesmärgiks on hinnata naastrehvide kasutamise mõju teekatenditele ning võimalusi selle vähendamiseks. Aruande kavand esitatakse Tellijale hiljemalt 15. maiks, lõpparuanne 15. juuniks 2020.

- 1) **Naastukasutus.** Esmaseks ülesandeks on hinnata naastrehvide kasutuse osakaalu ja selleks tuleb 2020 veebruarikuus läbi viia loendus. Loenduse käigus fikseeritakse iga N1 ja M1 klassi sõiduki tegelik rehvikasutus mõlemal teljel. Loendus viiakse läbi erinevate kaubanduskeskuste parklates, tööpäeval ja puhkepäeval. Analüüsis võrreldakse tulemusi erinevate suundade ja tööpäeva/puhkepäeva osas, kas esinevad selged erisused ning millega seda võiks seletada. Kuna suuremate kaubanduskeskuste parklad on ca 1000 või enama parkimiskohaga, peaks iga vaatluskoht sisaldama vähemalt 500 sõiduki andmed. Fikseeritakse, kas on tegemist naastrehviga või mitte. Märkusena esitatakse juhtumid, kus tegemist võib tõenäoliselt olla suverehviga. Vahearuandena esitatakse järeldused naastrehvide kasutuse osas märtsi lõpuks.

Kaubanduskeskuste parklad ja käsiloendus ning analüüs.

- 2) **Erinevate rehvitüüpide võrdlustestid** ja nende analüüs. Võrreldakse põhjamaades tehtud teste viimase 10 aasta jooksul ja koostatakse ülevaade talverehvidega seonduvatest uurimistöödest, sealhulgas Põhjamaade kõrgkoolides tehtust ja baseerudes tehnikaajakirjade tulemustele.
- 3) **Automaatne tuvastamine.** Täpsustatakse tehnoloogiat, mida kasutatakse riikides/linnades, kus kasutatakse naastrehvide keeldu (Norra, Rootsi) ja fikseeritakse reeglite rikkumine elektrooniliselt. Viiakse läbi võrdluskatsed samatüübilise sõiduauto erineva rehvitüübiga tekitatava müra spektri analüüsiks. Järgnevalt uuritakse määramistäpsust - kulunud naastrehvi spektri võrdlus suhteliselt uue naastrehviga (kas kulunud naastrehvi suudetakse selgelt eristada lamellrehvist). Analüüsitakse erineva rehvitüüpidega salvestatud müra spektrit, hindamaks, kas spektri erinevus on küllalt suur, et selle erinevuse alusel oleks võimalik rehvide tüüpe eristada.

Kui leitakse, et spektrite erinevused on küllalt suured, rakendatakse erinevaid masinõppe meetodeid, hindamaks kas automaatne rehvitüüpide eristamine on võimalik kasutades autonoomseid mikrokontrolleril põhinevaid mõõteseadmeid. Kui rehvitüüpide eristamine on võimalik automaatsete meetoditega, realiseeritakse järgmise sammuna algoritmid autonoomsetele

sensoritele, mis on võimelised rehvitüüpe eristama. Sellised sensorid saab paigutada püsivalt teede äärde huvipakkuvatesse punktidesse. Samuti hinnatakse võimalust rakendada loodud algoritme juba Tallinnasse paigaldatud rohkem kui 400 mürasensoris.

Teostatakse välikatsed testsõidukitega.

4) **Pehmed meetodid.** Võimalik lamellrehvi soodustamine riigi ja linna tasemel. Omavalitsuste meetmete ülevaade nii Eestis kui välismaal.

5) **Tolmuanalüüs** Uuritakse Eesti Keskkonnauuringute Keskuse tehnilisi võimalusi eralduvate peente tahkete osakeste PM₁₀ ja PM₂₅ kogumiseks ja analüüsiks. Selgitatakse EKK täisautomaatse õhuanalüsaatoritega varustatud liikuva õhulabori MOB AIR kasutatavust ning täiendavate seadmete kaasamise vajadust. Naastrehvi ja lamellrehvi poolt tekitatava tolmu võrdlusanalüüs eeldab laboratoorseid katseid ja ei peegelda tegelikku olukorda. Kruusatee puhul on tehtud katseid mille tulemus peegeldab mitte rehvi omadusi vaid teekattelt eralduva tolmu kogust ja omadusi. Kui linnas eristuvad selgelt suunad, kus naastrehvikasutuse protsent oluliselt erineb, on võimalik võrrelda tolmu omadusi nendel erinevatel suundadel

Desktop study ja kirjanduse analüüsi käigus uuritakse teistes riikides kasutatavaid meetodikaid ja nende rakendatavust Eesti oludes

6) **Automaatseire.** Kirjeldatakse linnas paigaldatud seiresüsteemi poolt fikseeritavaid näitajaid ja analüüsitakse võimalusi nende näitajate kasutamiseks käesoleva töö kontekstis.

7) **Roopasügavuse üldistus.** Analüüsitakse andmeid roopasügavuse mõõtmistest (peale ülekatet/taastamist mõõdetud väärtused), eesmärgiga võrrelda linnas fikseeritud näitajaid Maanteeameti tellitud uurimistöo (2016-4) raames soovitatud tasemega. Oluline on eristada naastrehvide tekitatud rööpaid rasketranspordi ja teekatendi vajumisest tingitud rööbastest. Kontrollmõõtmised Englo Gapman seadmega valitud ristlõigetes. Gapman-seade võimaldab eristada rattajälgede vahekauguse järgi mõjuri liigi (sõiduauto naastrehv ca 1,5 m; raskeveoki paarisratas ca 1,7-1,8 m; raskeveoki üksikratas – juhttelg või super-single rehvidega haagiseteljed ca 2,0 m). Reaalselt jäljed osalt kattuvad ning sõidutrajektorid hajub, seega tuleb leida tüüpilukorrad, kus jäljed on selgelt eristuvad.

- 8) **Majandus.** Tallinna teedevõrgu jagunemine ja eeldatav kulumiskihi ressurss (asenduse intervall), hinnang „kui naastrehvide osakaal kahaneb 80/20 suhtest 20/80 suhtele“ milliseks kujuneb uus asenduse intervall. Maanteeameti uuringu 2016-4 valguses kulumiskiirus ja sellele vastav remondi maksumus.
- 9) **Naastu maksustamine.** Erinevad variandid naastrehvikasutuse maksustamiseks, hinnangud süsteemi struktuurile ja kuludele ning otstarbekusele. Üldülevaade alternatiividest, hiljem poliitilise valiku detailsem tehniline läbitöötamine
- 10) **Küsitlus naast või lamell.** Kas kasutate naast- või lamellrehvi, miks, millised stiimulid soodustavad üleminekut lamellrehvidele. Teadlikkuse tõstmine ja PR. Küsitlust korratakse peale kampaania teostamist.