



Severi Ruuska

Tiemerkinnät Vantaalla

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Energia- ja ympäristötekniikka

Insinöörityö

23.10.2024

Tiivistelmä

Tekijä:	Severi Ruuska
Otsikko:	Tiemerkinnät Vantaalla
Sivumäärä:	29 sivua
Aika:	23.10.2024
Tutkinto:	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	Energia- ja ympäristötekniikka
Ammatillinen pääaine:	Energia Tuotantomenetelmät
Ohjaajat:	Tarkastuspäällikkö Juha Hämäläinen Lehtori Juha Kotamies

Insinööriyössä selvitettiin Vantaan kaupungin tiemerkintöjen menetelmiä ja käytäntöjä. Tavoitteena oli analysoida nykyisiä prosesseja ja esittää kehitysehdotuksia, joilla Vantaan tiemerkintämenetelmiä voitaisiin parantaa ja tehdä niistä ympäristöystävällisempiä.

Työ toteutettiin tarkastelemalla erilaisia tiemerkintämenetelmiä, toimintamalleja ja niistä aiheutuvia päästöjä. Lisäksi Vantaan käytäntöjä vertailtiin Helsingin ja Espoon menetelmiin.

Tuloksista ilmeni, että biohartsien ja uusien innovaatioiden avulla voidaan merkittävästi vähentää ympäristöpäästöjä sekä sujuvoittaa Vantaan kaupungin tiemerkintätyötä ja vähentää mikromuovipäästöjä.

Avainsanat: tiemerkintä, Vantaa, ympäristövaikutukset, kunnossapito, tiemerkintämassa

Tämän opinnäytetyön alkuperä on tarkastettu Turnitin Originality Check -ohjelmalla.

Abstract

Author: Severi Ruuska
Title: Road Marking in Vantaa
Number of Pages: 29 pages
Date: 23 October 2024

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Energy and Environmental Technology
Professional Major: Energy Production Methods
Supervisors: Juha Hämäläinen, Chief Inspector
Juha Kotamies, Senior Lecturer

The engineering thesis investigated the road marking methods and practices used by the City of Vantaa. The objective was to analyze current processes and propose improvements that could enhance Vantaa's road marking methods and make them more environmentally friendly.

The work involved examining various road marking methods, operational models, and the emissions they generate were examined. Additionally, Vantaa's practices were compared with those of Helsinki and Espoo.

The results showed that the use of bioresins and new innovations could significantly reduce environmental emissions, streamline road marking work, and decrease micro-plastic pollution.

Keywords: road marking, Vantaa, environmental impact, maintenance, road marking mass

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Tiemarkinnöistä yleisesti	2
2.1	Menetelmät	2
2.1.1	Massamenetelmä	2
2.1.2	Maalimenetelmä	4
2.1.3	Muut menetelmät	5
2.2	Materiaalit	6
2.2.1	Tiemarkintämassa	6
2.2.2	Tiemarkintämaali	6
2.3	Ympäristötekijät	6
3	Nykyinen tiemarkintöjen toimintatapa Vantaalla	8
3.1	Puitejärjestely	8
3.2	Tiemarkintöjen teko	10
3.3	Liikennesuunnittelusta tulevat tiemarkintöihin liittyvät uudistukset	12
3.4	Kunnossapito	13
3.5	Uusille kaduille tulevat tiemarkinnät	13
3.6	Ympäristövaikutusten huomiointi	14
4	Tiemarkinnan kestävyteen vaikuttavat tekijät	14
5	Tiemarkinnät muissa kaupungeissa	17
5.1	Helsinki	17
5.2	Helsingin ja Vantaan tiemarkintäkäytäntöjen vertailu	19
5.3	Espoo	20
5.4	Espoon ja Vantaan tiemarkintäkäytäntöjen vertailu	21
6	Kehitysehdotuksia	21
6.1	Mikromuovien ja päästöjen vähentäminen	21
6.2	Liikenteensuunnittelu	23
6.3	Pintamarkintöjen käytön lisääminen	24
6.4	Tiemarkintämaali	25

6.5 Kokeilu	25
7 Yhteenveto	26
Lähteet	27

Lyhenteet

LE: Liikuntaesteisen pysäköintipaikan tiemerkinä.

MATTI: MATTI-tietojärjestelmään, jota Vantaan kaupunki käyttää maankäytön ja liikennesuunnittelun hallintaan.

1 Johdanto

Tiemerkinnät ovat olennainen osa liikenteen turvallisuuden ja sujuvuuden ylläpitämistä. Ne auttavat ohjaamaan liikennettä, parantamaan näkyvyyttä ja varmistamaan, että ajoneuvojen ja jalankulkijoiden reitit ovat selkeästi merkittyjä. Vantaalla tiemerkintöjen kunnossapito ja toteutus ovat tärkeitä osa-alueita kaupungin infrapalveluissa, ja niiden tehokas hoitaminen vaatii sekä ajantasaisia menetelmiä että uusien ympäristöystävällisten innovaatioiden hyödyntämistä.

Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan Vantaan kaupungin tiemerkintöjen nykyisiä käytäntöjä, menetelmiä ja kunnossapitoa. Lisäksi työssä tuodaan esille uusia kehitysehdotuksia, jotka voisivat parantaa niin tiemerkintöjen kestävyyttä kuin niiden ympäristövaikutuksia. Erityisesti huomio kohdistuu massamenetelmän käyttöön, ympäristöystävällisiin innovaatioihin, kuten biohartsien ja mikromuovipäästöjen vähentämiseen, sekä kunnossapidon optimointiin. Työssä käsitellään myös vertailuja muiden kaupunkien kanssa, kuten Helsingin ja Espoon, ja esitetään suosituksia Vantaan käytäntöjen kehittämiseksi.

2 Tiemerkinnoistä yleisesti

Tiemerkinnät ovat tienpintaan maalilla tai massalla tehtyjä merkintöjä, joiden tarkoituksena on parantaa liikenteen sujuvuutta ja turvallisuutta. Ne täydentävät liikennemerkkien antamaa informaatiota, helpottavat tielinjan hahmottamista ja osoittavat ajoradan sekä ajokaistojen sijainnin. (1 s. 127–131; 2; 3.)

Tiemerkinnät voidaan jakaa pituus- ja poikittaissuuntaisiin merkintöihin. Pituussuuntaiset merkinnät, kuten reunaviiva, keskiviiva ja sulkuviiva, jakavat tien eri kaistoihin ja osioihin. Poikittaissuuntaiset merkinnät, kuten suojatie, pyörätien jatke ja pysäytysviiva, vahvistavat liikennemerkkejä tai liikenteenohjauslaitteita. (1 s. 127–131; 2; 3.)

2.1 Menetelmät

2.1.1 Massamenetelmä

Tiemerkintämassa on yleisin menetelmä tiemerkinnojen tekemiseen, ja sitä käytetään laajasti eri tiealueilla, lukuun ottamatta betonipintoja ja betonikiveyksiä. Tiemerkinnoilla voidaan toteuttaa sekä pinta- että uppomerkinnoja. Pinta-merkinnöissä massaa levitetään tienpinnalle noin 2–3 mm:n paksu kerros. Uppomerkinnoissa taas tien pintaan jyrsitään 5–7 mm syvyinen ura, johon levitetään 7–9 mm paksu kerros massaa. (4.)

Massaa levitetään kuumana ja levittäminen tehdään joko käsin tai koneellisesti, ja symbolit tehdään sapluunan avulla. Koneella toteutetaan pituussuuntaisia merkintöjä, kuten keski- ja sulkuviivoja. Haastavampia muotoja ja yksityiskohtia, kuten ajokaistanuolet ja suojatiet sekä nopeusrajoitus (kuva 1), tehdään käsitöinä massakauhalla. Uutena innovaationa käytetään tiemerkinnoprintteriä, jolla voidaan automaattisesti ja tasaisesti levittää erilaisia merkintöjä tien pintaan. Tämä mahdollistaa kaikkien tiemerkinnojen tekemisen koneellisesti, mikä lisää tehokkuutta ja tarkkuutta. (5.)



Kuva 1 Tiemerkinä, joka on tehty tiemerkinämässalla.

Massamerkinöihin voidaan lisätä lasihelmiä parantamaan heijastavuutta, erityisesti pimeällä ja märissä olosuhteissa. On kuitenkin huomioitava, että

lasihelmet tekevät merkinnöistä liukkaammat, mikä voi olla haaste erityisesti kevyen liikenteen väylillä. (6; 7.)

Tiementöiden kestävyden ja laadun varmistamiseksi on tärkeää, että ennen työn aloittamista tienpinta on puhdas ja kuiva, ja ympäristön lämpötilan on oltava yli 5 °C. Lisäksi massan on oltava oikean lämpöistä, jotta se levittyy tasaisesti ja tarttuu hyvin tien pintaan. Tiementöimassalla tehdyt merkinnät ovat kestäviä, koska ne levitetään paksuna kerroksena. Uppomerkinnät ovat vieläkin kestävämpiä, sillä massaa laitetaan vielä paksumpi kerros. Vähäliikenteisillä teillä uppomerkinnät voivat kestää jopa yhtä kauan kuin itse tienpinta. (6; 7.)

2.1.2 Maalimenetelmä

Tiementöimaalia käytetään teillä, kaduilla ja pysäköintialueilla, ja se soveltuu asfaltti- ja öljysorapinnoille sekä betonille ja betonikiveyksille. Maalia levitetään ohut kerros pinnalle joko siveltimellä, telalla tai ruiskuttamalla, ja symbolien teossa apuna käytetään sapluunoita. Hyvän lopputuloksen varmistamiseksi pinnan, jolle maali levitetään, tulee olla kuiva, ja ilman suhteellisen kosteuden tulee olla alle 80 %. Maalin lämpötilan tulee olla vähintään 5 °C, ja maalattava pinta ei saa olla yli 3 °C kylmempi kuin ilman lämpötila. Pinnan on oltava myös mahdollisimman puhdas, jotta maali tarttuu kunnolla. (8.)

Näissä olosuhteissa tiementöimaali kuivuu noin 5–15 minuutissa. Tiementöimaali ei ole erityisen kestävä, koska sitä levitetään vain ohut kerros. Tämän vuoksi sitä käytetään ensisijaisesti vähäliikenteisillä alueilla, kuten pysäköintialueilla ja kevyen liikenteen väylillä, joissa kulutuksen vaikutukset ovat vähäisemmät. Kuvassa 2 tiementöimaalilla tehdyt potkulautojen pysäköintirudut. (8.)



Kuva 2 Tiemarkintämaalilla tehdyt potkulautojen pysäköintiruudut.

2.1.3 Muut menetelmät

Tiemarkintöjä voidaan tehdä myös valmiiksi mitoitettulla termoplastisella massalla, joka on tiemarkintämassasta etukäteen valmistettu merkinnän muotoinen levy. Termoplastisen massan kiinnitys asfalttiin tapahtuu kuumentamalla sitä taasisesti kaasupolttimella. Ennen asennusta asfaltin pinnan on oltava puhdas ja kuiva, jotta kiinnitys onnistuu hyvin. Valmiiksi mitoitettun termoplastisen massan etuna on mahdollisuus tehdä haastavan muotoisia merkintöjä, joita on vaikeampi toteuttaa perinteisillä käsimenetelmillä. Verrattuna tiemarkintämaaliin termoplastinen massa on kulutuskestävämpää, koska se on huomattavasti paksumpaa. (9.)

Termoplastisen massan huono puoli on sen korkea hinta. Se on merkittävästi kalliimpaa kuin sekä tiemarkintämaali että käsityönä tehty massamerkintä.

Tiemerkintäteipit ovat liimalla tienpintaan kiinnittyviä merkintöjä, joita käytetään pääasiassa väliaikaisissa merkinnöissä, esimerkiksi tietöiden aikana. Teipit ovat käteviä tilapäiskäyttöön, mutta niiden kestävyys on heikompi kuin pysyvillä menetelmillä tehtyjen merkintöjen kestävyys. (10.)

2.2 Materiaalit

2.2.1 Tiemerkintämassa

Tiemerkintämassasta on noin 20 % on sideainetta ja loput 80 % on pigmenttiä, silikaattia ja karbonaattia. Sideaine on yleensä hiilivetyhartsipohjainen, mutta biohartsipohjaisia tiemerkintämassoja on alkanut tulla markkinoille. (7.)

2.2.2 Tiemerkintämaali

Tiemerkinmaalit pääkomponentit ovat sideaine ja liuote, jotka määrittävät sen ominaisuudet. Tiemerkintämaaleja on kahdenlaisia liuote- tai vesiohenteisia. Muut tiemerkintämaalin ainesosat ovat täyteaine, pigmentti, paksuntaja ja lisäaineet. (8; 11.)

2.3 Ympäristötekijät

Tiemerkintöjen teosta kertyvät päästöt voidaan jakaa suoriin ja epäsuoriin päästöihin. Suorilla päästöillä tarkoitetaan päästöjä, jotka syntyvät tiemerkinnän teon aikana. Nämä päästöt ovat autojen, koneiden ja laitteiden päästöt. Epäsuorilla päästöillä tarkoitetaan päästöjä, jotka eivät synny tiemerkinnän teon aikana, vaan esimerkiksi tiemerkintämassan valmistuksesta syntyviä päästöjä. (12.)

Mikromuovit ovat nyky-yhteiskunnassa suuri ongelma ja niiden vähentäminen on erityisen tärkeää. Mikromuovia löytyy myös tiemerkinnöistä, jolloin on hyvä miettiä, miten niiden sisältämiä muoveja voisi vähentää. Tiemerkintämassa koostuu maaöljypohjaisesta hartsista ja polymeereistä. Massan kuluessa aiheutuu mikromuovipäästöjä, jotka päätyvät hulevesiverkostoon ja maastoon.

Kuvassa 3 höylä tai alusterä on repinyt tiemerkinästä palasia, jotka kulkeutuvat veden mukana hulevesiverkoston.



Kuva 3 Tiemerkinästä irronneita massan palasia

3 Nykyinen tiemerkintöjen toimintatapa Vantaalla

3.1 Puitejärjestely

Vantaa kaupungilla on käytössä puitejärjestely, jossa tiemerkintöjä tekee ulkopuolinen kilpailutettu urakoitsija. Kilpailutuksen tarkoitus on löytää edullisin tai halvin laatukriteerit täyttävä toimija. Kilpailutuksessa pisteytetään hakijat ja pisteitä voi saada hinnasta sekä laadusta, joista hinnalla on suurempi painoarvo. Urakoitsijan kanssa tehty sopimus on puitesopimus, jossa määritellään yleiset ehdot. Näitä ehtoja voidaan soveltaa moniin eri projekteihin, jolloin jokaiseen projektiin ei tarvitse tehdä erillistä sopimusta. (13.)

Vantaan kaupungin ja urakoitsijan välisessä puitesopimuksessa määritetään tässä kappaleessa esitetyt asiat. Sopimusosapuolet ovat Vantaan kaupunki, joka toimii tilaajana, sekä toisena osapuolena valittu urakoitsija. Osapuolten vastuut ja velvollisuudet määritellään sopimuksessa yksityiskohtaisesti. Tiemerkintäurakka käsittää Vantaan kaupungin teiden ja muiden päällystettyjen alueiden pinnoille tehdyt tiemerkinnät. Lisäksi urakoitsijan vastuulla ovat merkintöihin liittyvät esityöt. Urakka-alueena toimii koko Vantaa kaupunki. (14.)

Puitesopimus on kokonaisuus, joka sisältää useita asiakirjoja, mukaan lukien palvelusopimus, yleiset sopimusehdot, tarjouserittelyt ja muut mahdolliset liitteet. Sopimuksen voimassaoloaika on määritelty sopimuksessa, joka sisältää sopimuksen aloitus- ja päättymisajankohdat sekä mahdolliset optiovuodet. (14.)

Sopimuksessa sovitaan urakan kokonaiskustannuksista ja maksuaikataulusta sekä määritellään laskutuksen käytännöt, mukaan lukien laskutusosoitteet ja välineet, sekä maksuaika ja mahdollinen viivästyskorko. Sopimukseen sisältyy sanktioita, jos urakoitsija ei täytä sopimusehtoja. Ensisijaisesti sovelletaan työn korjaamista tai uusimista, jos työ ei täytä laatuvaatimuksia. Arvonvähennyksiä sovelletaan toissijaisesti viallisiin tai puutteellisiin kohteisiin. Sopimukseen voi sisältyä harkinnanvarainen bonus, jota urakoitsija voi hakea vuosi kohtaisesti, jos bonusehdot täyttyvät. Mahdolliset muutos- ja lisätyöt käsitellään erikseen

sopimuksessa. Näiden osalta määritellään prosessi, jolla muutokset hyväksytään, ja miten ne vaikuttavat sopimushintaan ja -aikatauluun. (14.)

Urakoitsijalta vaaditaan työnaikainen vakuus, joka turvaa tilaajan etuja mahdollisissa ongelmatilanteissa urakan aikana. Urakoitsija sitoutuu antamaan takuun suorittamilleen töille. Takuuaika ja siihen liittyvät vakuudet määritellään sopimuksessa. Urakoitsijalla tulee olla vastuuvakuutus, joka kattaa tienkäyttäjät, tienvarren kiinteistöt ja muut kolmannen osapuolen vahingot. Sopimuksessa käsitellään muitakin määräyksiä, kuten lupien hankintaa ja velvollisuutta pitää työmaapäiväkirjaa. (14.)

Sopimuksessa määritetään projektien aloituskokous ja työn vastaanotto käydään läpi. Välitarkastuksia ja työmaakokouksia pidetään säännöllisin väliajoin. Urakoitsijan tulee toimittaa tiedot projektissa käytettävästä henkilöstöstä ja alioirakoitsijoista, mukaan lukien näiden pätevyudet ja kokemukset, jotka tilaaja tarkistaa säännöllisesti. (14.)

Laatuasiakirjat määrittelevät urakan laatutavoitteet ja mittarit. Palvelulupaukset sitovat urakoitsijan täyttämään tilaajan asettamat laatu- ja palvelutavoitteet. Taulukossa 1 esitetään Vantaan kaupungin määrittämät sallitut mittapoikkeamat tiemerkinnoissa, joita urakoitsijan pitää noudattaa. (14.)

Taulukko 1 Sallitut mittapoikkeamat Vantaa kaupungin tiemerkinnoissä (14).

Merkinnän ominaisuus	Sallittu mittapoikkeama
Linjamerkinneen leveys	-5 mm ja +20 mm
Katkoviivan pituus ja väli	-5 cm ja +15 cm
Moduulin pituus	± 15 cm
Merkinnän poikkeama, poikkeama uusi merkintä - vanhamerkintä	± 5 cm / 50 m ± 2 cm
Nuolen, symbolien ja merkintä ryhmän sijainti	± 10 poikkisuunnassa pituussuunnassa ± 20/± 100 cm
Keskiviivojen väli poikkisuunnassa	± 20 mm
Merkinnän paksuus (2,0; 3,0; 9,0) mm	≥ Tilattu paksuus
Urajyrsinnän syvyys	≥ Tilattu syvyys

Sopimuksessa määritellään ehdot, joiden toteutuessa sopimus voidaan purkaa. Tämä sisältää sopimusrikkomukset ja muut olennaiset syyt. Mahdolliset erimielisyydet pyritään ratkaisemaan ensisijaisesti neuvotteluteitse. Mikäli yhteisymmärrykseen ei päästä, käytetään sopimuksessa määriteltyjä riidanratkaisumenettelyjä. Sopimuksessa on tilaajan ja urakoitsijan allekirjoitukset, mikä vahvistaa osapuolten sitoutumisen sopimuksen ehtoihin. (14.)

3.2 Tiemerkinntöjen teko

Vantaalla tiemerkinntät tehdään pääosin tiemerkinntämässällä. Uudelle asfalttipinnalle merkinntät toteutetaan joko uppo- tai pintamerkinntänä. Pintamerkinntät

tehdään yleensä 3 mm:n paksuisina massamerkintöinä, mutta joissain erityistapauksissa käytetään 8 mm:n paksuista massaa. Uppomerkinnöissä tienpintaan jyrsitään joko 7 mm syvä ura, joka täytetään 9 mm paksulla massalla, tai 5 mm:n syvä ura, joka täytetään 7 mm paksulla massalla. Vanhoille asfalttipinnoille merkinnät tehdään aina 3 mm:n paksuisina pintamerkintöinä. Näissä tapauksissa kyseessä ovat yleensä muutos- tai kunnossapitotyöt, jolloin kuluneet tai virheelliset merkinnät saatetaan joutua jyrsimään pois ennen uuden merkinnän tekemistä. Taulukossa 2 esitetään Vantaan kaupungin tiemerkinntäohjeet eri nopeusrajoitusten mukaan. Ohjeistus noudattaa Liikenneviraston ohjetta 25/2025. (4; 14.)

Taulukko 2 Vantaan kaupungilla tiemerkinntäohjeissa käytettävät viivaleveydet ja viivavälit (14).

	Leveys	Nopeusrajoitus	
		50 km/h viiva/väli	60 km/h viiva/väli
Keskiviiva	10 cm	1 m/3 m	3 m/9 m
Ajokaistaviiva	10 cm	1 m/3 m	3 m/9 m
Varoitusviiva	10 cm	3 m/1 m	9 m/3 m
Reunaviivan jatke	10 cm	1 m/1 m	3 m/3 m
Linja-auto- ja raitiovaunukaistaa osoittava katkoviiva	20 cm	3 m/3 m	
Risteyksestä eri suuntiin johtavien ajokaistaviivojen välinen katkoviiva ryhmittymisalueella	20 cm	1 m/1 m	
Ohjausviiva risteysalueella/ kääntymismerkintä	Leveys ao. viivan mukainen	0,5 m–1,5 m/0,5 m–1,5 m (1:1)	
Pysäytysviiva	30–50 cm		

Vantaalla tiemerkintämaalia käytetään vain erityistapauksissa, kuten sähköpotkulautojen pysäköintiruutujen sekä liikuntaesteisten pysäköintipaikkojen, eli LE-merkintöjen, merkitsemisessä betonikiveyksille. Valmiiksi mitoitettulla termoplastisella massalla on tehty kevyen liikenteen väylille jalankulkija- ja pyöräliikenne-merkintöjä. Näillä kahdella menetelmällä tehdään vain pieni osa Vantaan tiemerkinnöistä, sillä suurin osa merkinnöistä toteutetaan muilla menetelmillä.

(15.)

3.3 Liikennesuunnittelusta tulevat tiemerkintöihin liittyvät uudistukset

Vantaalla tiemerkintöihin tulevat uudistukset käynnistyvät liikennesuunnittelusta, jossa päivitetään liikenneohjaussuunnitelmia lainsäädännön mukaisiksi ja laaditaan uusia suunnitelmia tarpeen mukaan. Päivitetyt suunnitelmat siirretään MATTI-tietojärjestelmään, jota Vantaan kaupunki käyttää maankäytön ja liikennesuunnittelun hallintaan. Tiemerkintöjen kunnossapidon valvoja vastaanottaa suunnitelman tehtäväkseen MATTI-sovelluksen kautta. Hän tarkistaa suunnitelman ja käy tarkistamassa kohdealueen paikan päällä. Tarkistuksen pohjalta tehdään tarvittavat korjaukset ja muistiinpanot liikenneohjaussuunnitelmaan ennen kuin työ siirretään tiemerkintäurakoitsijan tehtäväksi. (15.)

Vantaan kaupungin tiemerkintävalvoja vastaa koko urakan valvonnasta. Hän määrittelee työtehtävät, tekee tarvittavat tilaukset ja valvoo työn suorittamista ja laatua. Lisäksi valvoja toimii yhteyshenkilönä urakoitsijan suuntaan varmistaen, että työt toteutetaan sujuvasti ja sopimusten mukaisesti. (15.)

Liikenneohjaussuunnitelman mukaisesti liikennemerkkimuutokset tehdään aina ensin, minkä jälkeen voidaan toteuttaa tiemerkinnät. Vantaalla uudistukset tehdään pääosin pintamenetelmällä käyttäen tiemerkintämassaa. Jos suunnitelma edellyttää vanhojen merkintöjen poistoa tai muokkausta, vanhat merkinnät jyrstään pois tai uusi merkintä tehdään vanhan päälle. (15.)

3.4 Kunnossapito

Vantaan kaupunki suorittaa vuosittain kunnossapitokierroksen, jonka aikana tarkistetaan ja korjataan tiemerkinntät. Tiemerkinntäurakoitsija toteuttaa kierroksen kaupungin antamien ohjeiden mukaisesti, ja työtä valvoo Vantaan kaupungin tiemerkinntävalvoja. Kierros alkaa ennalta sovitulta alueelta ja etenee järjestelmällisesti kohti määriteltyä päätepistettä. (15.)

Kierroksen aikana korjataan kuluneet ja huonokuntoiset tiemerkinntät. Vantaan kadut on jaettu käyttöasteen perusteella kolmeen kunnossapitoluokkaan. Luokkien määrittelyssä otetaan huomioon liikennemäärät, liikenteen laatu ja erityistarpeet, kuten rekka- ja linja-autoterminaalit sekä vilkkaat jalankulku- ja pyöräilyreitit. Ensimmäiseen kunnossapitoluokkaan kuuluvat vilkkaimmat pääkadut ja joukkoliikennekadut sekä tärkeimmät kävely- ja pyörätiet. Toiseen luokkaan kuuluvat merkittävät kokoojakadut ja muut joukkoliikennekadut. Kolmas luokka koostuu asuin- ja tonttikaduista. (15; 16.)

Korjauskierroksella keskitytään ensisijaisesti ensimmäisen ja toisen luokan teihin, mutta myös kolmannen luokan katujen pahiten kuluneet merkinnät voidaan korjata, jos ne havaitaan kierroksen aikana. Lisäksi Vantaan kaupunki tilaa tarvittavat kunnossapitokorjaukset kolmannen luokan katujen merkinnöille. Vain korjaustarpeessa olevat merkinnät uusitaan, ja korjaukset tehdään massamerkinntä vanhan asfalttipinnan päälle liikenteenohjaussuunnitelmien mukaisesti. (15; 16.)

3.5 Uusille kaduille tulevat tiemerkinntät

Vantaalla uusitaan useita kilometrejä asfalttia vuosittain ja rakennetaan uusia alueita. Näihin kohteisiin tarvitaan myös tiemerkinntät. Uudelle asfaltille tehtäessä tiemerkinntä tehdään uppomerkinntänä Vantaan kaupungin ohjeen mukaisesti. (15.)

3.6 Ympäristövaikutusten huomiointi

Vantaan kaupunki edellyttää, että urakoitsijan käyttämät työkoneet täyttävät vähintään Stage IV -päästöluokituksen vaatimukset, ja kuorma-autojen tulee olla vähintään Euro VI -päästöluokituksen mukaisia tai vielä ympäristöystävällisempiä. Euro-päästöluokitus on Euroopan unionissa käytössä oleva järjestelmä, joka määrittelee ajoneuvojen haitallisten pakokaasupäästöjen rajat. Vuonna 2014 voimaan tullut Euro VI on uusi luokka, joka asettaa rajoituksia muun muassa hiilimonoksidin (CO), hiilivetyjen (HC), typen oksidien (NOx), ja hiukkaspäästöjen (PM) määrälle. (15; 17; 18.)

Stage-luokitus koskee työkoneiden päästöjä ja on samankaltainen järjestelmä kuin ajoneuvojen EURO-luokitus. Toiseksi uusi, Stage IV-päästöluokitus, otettiin käyttöön 2014. Se rajoittaa muun muassa hiilimonoksidin (CO), hiilivetyjen (HC), typen oksidien (NOx) ja hiukkasten (PM) päästöjä. Työkoneissa ja kuorma-autoissa on suositeltavaa käyttää biodieseliä aina kun mahdollista. Lisäksi urakoitsijan on työskenneltävä siten, että ympäristöhaitat minimoidaan ja tarpeettomia vahinkoja vältetään. (17; 18.)

4 Tiemerkinnän kestävyteen vaikuttavat tekijät

Tiemerkintöjen kestävyteen vaikuttavat monet tekijät, kuten sääolosuhteet merkintöjen tekoaikaan, tienpinnan puhtaus, massan ominaisuudet ja laatu sekä tekijän ammattitaito. Myös massan oikean lämpötilan ylläpito ja varovaisuus sen ylikuumentamisen välttämiseksi ovat olennaisia kestävyden kannalta. Lisäksi tien käyttöaste ja liikennemäärät vaikuttavat merkintöjen kestävyteen. (15.)

Kosteus ilmassa ja tien pinnalla heikentävät merkittävästi massan tarttumista asfalttiin, mikä johtaa siihen, että tiemerkinnöistä ei tule yhtä kestäviä. Tällöin merkintä voi irrota nopeammin ja kulua ennenaikaisesti. (15.)

Tien pinnalla olevat epäpuhtaudet heikentävät massan tarttumista asfalttiin, mikä voi johtaa siihen, että tiemerkinä irtoaa asfaltista paloina ja kuluu nopeammin. Kuvassa 4 tiemerkinämässä ei ole tarttunut kunnolla, koska tien pinta on ollut mahdollisesti likainen merkinnän teon aikana. (15.)



Kuva 4 Suojatiemerkinä, jossa on laatupoikkeuma

Tiemerkintämässan liian kylmä lämpötila merkinnän teon aikana heikentää merkinnän pysyvyyttä, koska se ei sulata asfaltin bitumia riittävästi, jolloin massan ja asfaltin välille ei synny kunnollista sidosta. Myös asfaltin pinnan alhainen lämpötila heikentää sidoksen muodostumista. Toisaalta liian kuumen tiemerkinämässan käyttö voi heikentää massan ominaisuuksia, ja jos massaa pidetään liian pitkään valmiuslämpötilassa, sen laatu heikkenee entisestään. (15.)

Tiemerkintämässan levitys on suoritettava oikealla nopeudella, jotta saavutetaan tasainen ja kestävä merkinä. Liian nopea levitys johtaa siihen, että massaa ei levity riittävästi, kun taas liian hidas levitys aiheuttaa massan kerääntymistä liikaa. Oikea massamäärä varmistaa tasaisen lopputuloksen, mikä puolestaan vaikuttaa merkinnän kestävyteen. Tasaisuuden edellytyksenä on myös

tien pinnan tasaisuus, jos pinnassa on kuoppia, sula massa valuu epätasaisesti, mikä heikentää merkinnän laatua. Kuvassa 5 näkyy, miten epätasainen tienpinta vaikuttaa heikentävästi tiemerkin laatuun. (15.)



Kuva 5 Tiemerkinä, jota ei ole voitu tehdä kokonaan huonon tien kunnon vuoksi.

Uuden tiemerkin tekemisessä vanhan merkinnän päälle on tärkeää, että tiemerkinmassan lämpötila on riittävän korkea, jotta vanha massa sulaa kunnolla yhteen uuden massan kanssa. Vanhan merkinnän päälle tehty merkinä ei ole yhtä kestävä kuin suoraan asfaltin pinnalle tehty merkinä, ja se saattaa irrota nopeammin. (15.)

Teiden talvikunnossapito heikentää tiemerkinöjen elinikä, sillä auraus voi raapia merkintää ja aiheuttaa siihen railoja. Tiemerkinän teon aikana tapahtuneet laaturiheet merkintäprosessissa voivat pahentaa auraamisesta johtuvia vaurioita, jolloin aura saattaa repiä irti jopa suuria palasia tiemerkinästä. Kuvassa 6 näkyy höylän tai alusterän vaurioittama tiemerkinä. (15.)



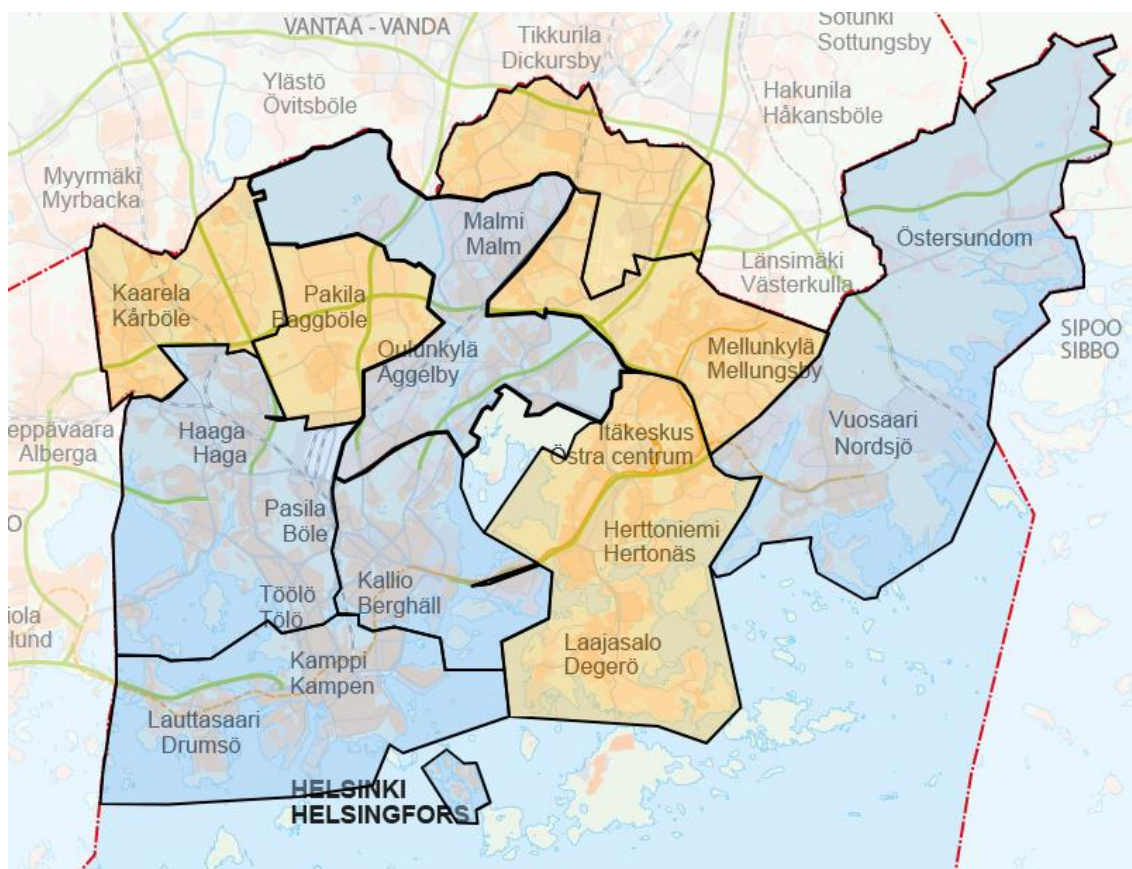
Kuva 6 Höylä tai alusterä raapinut tiemerkintää.

5 Tiemerkinnät muissa kaupungeissa

5.1 Helsinki

Helsingin kaupungin kunnossapitovastuut on jaettu 11 alueeseen, joista vastaavat Stara, Suomenlinnan hoitokunta sekä kilpailutetut urakoitsijat. Kuvassa 7

sinisellä merkityt alueet kuuluvat Staran kunnossapitoon, lukuun ottamatta Suomenlinnaa, jonka hoitaa oma hoitokunta. Stara on Helsingin kaupungin rakentamispalveluliikelaitos, joka tuottaa palveluita kaupungin ja sen asukkaiden tarpeisiin. Stara vastaa omien alueidensa tiemerkintöjen kunnossapidosta, määrittäen tarvittavat merkintätarpeet ja hallinnoiden työmäärien toteutusta. Vaikka Staralla on omaa tiemerkintäkalustoa, suurin osa tiemerkintätöistä toteutetaan aliurakoitsijoiden avulla. Urakoitsijan edellytetään käyttävän biomassaa tiemerkintämateriaalina ja hyödyntävän tiemerkintäprintteriä. Myös Stara käyttää omassa tuotannossaan biomassaa. Osana laadunvalvontaa Stara tarkistaa massan laatua pistokokeilla 2–3 kertaa vuodessa. (19; 20; 21.)



Kuva 7 Helsingin kaupungin kunnossapitoalueet (19).

Kuvassa 7 keltaisella merkityt alueet kuuluvat yksityisen, kilpailutetun urakoitsijan vastuulle. Näillä alueilla tiemerkinntöjen kunnossapito sisältyy urakkasopimukseen. Urakoitsijan työjohto määrittää tarvittavat korjaustoimenpiteet Helsingin kaupungin kuntoluokitusten mukaisesti. Urakoitsija vastaa työn laadusta ja valvonnasta. (19; 20.)

Helsingissä suurin osa tiemerkinntöistä tehdään massamerkinntöinä, joissa käytetään 3 mm paksuja pintamerkinntöjä, joiden päälle lisätään lasihelmiä. Tiemerkinntöihin tehdään myös osakorjauksia, joka tarkoittaa tiemerkinntän osittaista korjausta. Kevyen liikenteen väylillä pyritään suosimaan tiemerkinntämaalia, sillä massamerkinntät ovat liukkaampia pyöräilijöille ja tiemerkinntämaali on edullisempää kuin valmiiksi mitoitettu termoplastinen massa. Asfaltin korjaus- ja uudisrakennustöihin kuuluvat tiemerkinntät sisältyvät kyseisen työn urakkaan. (20.)

Yksi Helsingin kaupungin haasteista on vanhojen tiemerkinntöjen siisti poistaminen. Poistamiseen on kokeiltu erilaisia menetelmiä, kuten jyrsimistä, vesipiikkausta ja kanttiharjaa. Vesipiikkauksella on saavutettu hyviä tuloksia tiemerkinntämassalla tehtyjen pintamerkinntöjen poistamisessa, ja kanttiharja on osoittautunut toimivaksi valmiiksi mitoitettujen termoplastisten merkinntöjen poistamisessa. (20.)

5.2 Helsingin ja Vantaan tiemerkinntäkäytäntöjen vertailu

Helsingin ja Vantaan suurimpia eroja ovat erilainen katuinfra sekä Helsingin huomattavasti suuremmat liikennemäärät. Lisäksi merkittävä ero kaupunkien välillä on urakointijärjestelyissä: Helsingissä tiemerkinntät on jaettu useisiin eri urakka-alueisiin, kun taas Vantaalla kaikki tiemerkinntät kuuluvat yhden urakan piiriin. Helsingissä urakoitsijan vastuusiin sisältyy töiden määrittely, toteutus ja valvonta, kun taas Vantaalla näistä vastaa kaupungin oma valvoja. Lisäksi Helsingillä on omaa tiemerkinntäkalustoa ja osa merkinntöistä tehdään omana tuotantona, toisin kuin Vantaalla, missä kaikki merkinntät teetetään ulkopuolisilla urakoitsijoilla.

Tiemerkintöjen toteutustavassa on myös eroja. Helsingissä käytetään ainoastaan pintamerkintöjä, kun taas Vantaalla käytetään sekä uppo- että pintamerkintöjä. Lisäksi Helsingissä tiemerkinnöissä käytetään lasihelmiä, joita Vantaalla ei hyödynnetä. Helsingin kaupunki käyttää myös enemmän tiemerkintämaalia kuin Vantaa. Helsingissä tehdään myös tiemerkintöihin osakorjauksia, kun taas Vantaalla puutteelliset merkinnät uusitaan kokonaan. Biomassan käyttö on Helsingissä osittain käytössä, kun taas Vantaalla sitä ei ole vielä otettu käyttöön.

5.3 Espoo

Espoon kaupungilla on puitejärjestely, johon kuuluu neljä urakoitsijaa. Joka vuosi urakoitsijat kilpailevat tulevan kauden töistä, ja edullisimman tarjouksen tehnyt urakoitsija saa seuraavan kauden työt. Urakka kattaa sekä tiemerkintöjen kunnossapidon että uudelle pinnalle tehtävät merkinnät, lukuun ottamatta suuria rakennusurakoita, kuten Espoon kaupunkirataurakkaa. Urakka-alueena on koko Espoon kaupunki, ja Espoon kaupungin tiemerkintävalvoja valvoo työtä ja työnlaatua toimien kaupungin ja urakoitsijan välisenä yhteyshenkilönä. (22.)

Espoossa suoritetaan vuosittain kunnossapitokierros, jonka aikana vanhat tiemerkinnät korjataan. Tällä kierroksella käytetään pintamerkintöjä ja tiemerkintämassaa. Korjaukset tehdään kaikille 1. ja 2. luokan teille, ja 3. luokan teillä korjataan kaikki reitin varrelta näkyvät huonokuntoiset merkinnät sekä tiemerkintävalvojan määrittämät kohteet. (22.)

Uudelle päällysteelle tehtävät merkinnät toteutetaan uppomerkintöinä tiemerkintämassaa käyttäen. Tiemerkintöihin tehdään osakorjauksia, jolloin vain korjauksen tarpeessa olevat merkinnät uusitaan. Kevyen liikenteen väylille symbolit tehdään sapluunalla ja tiemerkintämassalla. (22.)

Espoon kaupungilla haasteena on tiemerkintöjen poistaminen siististi. Espoolla ei ole omaa tiemerkintäkalustoa eikä tiemerkinnöissä käytetä lasihelmiä tai biomassaa. Espoo ei myöskään käytä valmiiksi mitoitettuja termoplastisia massoja ja tiemerkintämaalia käytetään vain erikoistapauksissa. (22.)

5.4 Espoon ja Vantaan tiemerkintäkäytäntöjen vertailu

Vantaan ja Espoon tiemerkintäkäytännöt ovat varsin samanlaiset. Molemmissa kaupungeissa urakoitsija vastaa kaikista tiemerkintätöistä koko kaupungin alueella. Espoossa kuitenkin käytetään puitejärjestelyä, jossa useat urakoitsijat kilpailevat vuosittain seuraavan kauden töistä, kun taas Vantaalla urakointi on keskitetty yhdelle urakoitsijalle. Molemmissa kaupungeissa on oma tiemerkintävalvoja, joka vastaa työn laadun ja toteutuksen valvonnasta.

Tiemerkintöjen toteutuksessa ei ole merkittäviä eroja. Sekä Vantaalla että Espoossa uusille pinnoille tehdään uppomerkinnät ja vanhoille pinnoille pintamerkinnet. Tiemerkintämaalin käyttö on vähäistä kummassakin kaupungissa. Merkittävä ero löytyy kevyen liikenteen väylien merkinnöissä: Espoossa symbolit tehdään massalla ja sapluunan avulla, kun taas Vantaalla käytetään valmiiksi mitoitettua termoplastista massaa. Espoo tekee myös osakorjauksia merkinnöille, toisin kuin Vantaa, jossa merkintöjen osakorjauksia ei toteuteta.

6 Kehitysehdotuksia

6.1 Mikromuovien ja päästöjen vähentäminen

Tiemerkintämassan maaöljypohjaisen hartsin osittainen tai täydellinen korvaaminen biohartsilla voi merkittävästi vähentää mikromuovipäästöjä. Esimerkiksi mäntyöljy, joka syntyy metsäteollisuuden sivutuotteena, voisi toimia biohartsina. Biotiemerkintämassan käyttöä voitaisiin lisätä seuraavassa kilpailutuksessa myöntämällä sen käytölle enemmän laatupisteitä. Mikromuovien vähentämisessä myös laadukkaat tiemerkinnät ovat avainasemassa, sillä hyvin tehdyt merkinnät pysyvät paremmin tienpinnassa, mikä vähentää irtoamisen todennäköisyyttä ja uusintatarvetta. (23.)

Vantaalla olisi hyödyllistä harkita tiemerkintöjen osakorjauksen käyttöönottoa. Osakorjausmenetelmä käyttää vähemmän materiaalia, mikä vähentää

mikromuovien ja muiden ympäristöhaittojen syntyä. Tämä menetelmä soveltuu erityisesti yksittäisten merkintöjen, kuten ajokaistanuolien, korjaamiseen.

Lisäksi Vantaalla olisi suositeltavaa ottaa käyttöön Stage V -luokitus tiemerkin-tätöissä käytettävälle kalustolle, ja tämä voitaisiin sisällyttää seuraavaan urak-kasopimukseen. Stage V -luokitus, joka tuli voimaan vaiheittain vuosina 2019–2020, vähentäisi merkittävästi kaluston päästöjä. Urakoitsijoilla on ollut useita vuosia aikaa valmistautua tähän muutokseen, joten siirtyminen vähäpäästöi-sempään kalustoon olisi perusteltua ja kohtuullista. Tällainen siirtymä voisi myös tuoda mukanaan polttoainesäästöjä ja parantaa kaluston kustannustehok-kuutta pitkällä aikavälillä. (18.)

Ruotsissa on otettu käyttöön tiemerkin-täautoja, joihin on asennettu aurinkopa-neelit kuorma-auton katolle. Aurinkoenergiaa hyödynnetään ajoneuvon akkujen lataamiseen, ja akusta saatu sähkö mahdollistaa sulatusuunin, maalinsekoitti-men ja turvajärjestelmän virtalähteen. Tämä mahdollistaa moottorin sammutuk-sen työn aikana, mikä vähentää hiilidioksidipäästöjä. Artikkelin Lastbilar med solceller målar vägmarkeringar mukaan näin hiilidioksidipäästöjä voidaan vä-hentää jopa 12 tonnia vuodessa. (24.)

Tiemerkintäautossa, jossa on asennettuna kymmenen aurinkokennoa (kuva 8), työskentely tapahtuu pääasiassa aurinkoisella säällä kesäaikaan, eikä sitä voida suorittaa sateisissa olosuhteissa. Aurinkoenergia sopii erinomaisesti tie-merkintäauton energianlähteeksi edellä mainituista syistä. (24.)



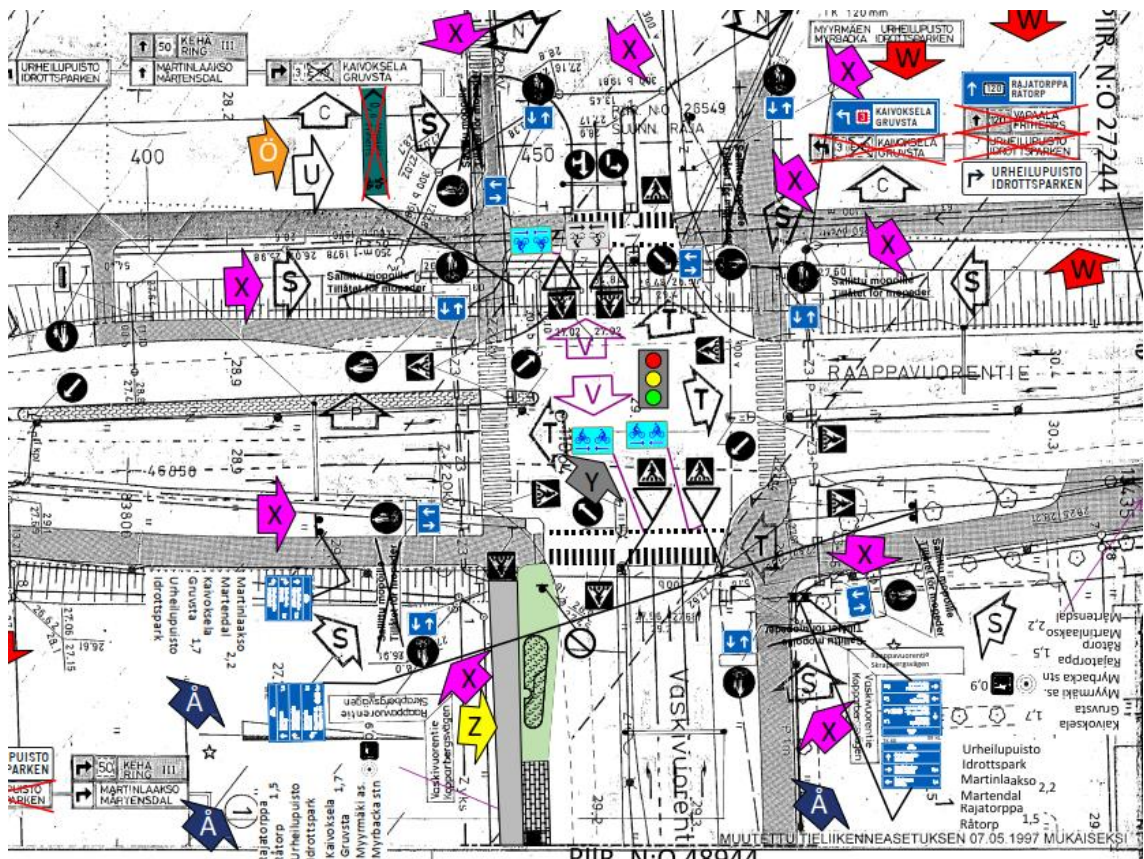
Kuva 8 Tiemerkintäauto, jossa käytetään aurinkoenergiaa tiemerkintöjen te-
koon (24).

Tiemerkintöjen päästöjä voidaan vähentää myös vaatimalla urakoitsijaa uusi-
maan koneita ja laitteita, joilla ei ole päästöluokituksia. Uudet koneet ovat
yleensä energiatehokkaampia ja ympäristöystävällisempiä. Seuraavaan kilpailu-
tukseen voitaisiin sisällyttää laatupisteitä aurinkoenergian käytöstä tiemerkintä-
autoissa. (24.)

6.2 Liikenteensuunnittelu

Liikenteenohjaussuunnitelmissa havaitaan toisinaan virheitä tiemerkinnöissä
sekä ristiriitoja liikennemerkkeihin verrattuna. On tärkeää, että liikennesuunnitte-
lijat varmistavat kaikkien tiemerkintöjen oikeellisuuden suunnitteluvaiheessa en-
nen niiden hyväksymistä eteenpäin. Mikäli tievalvoja ei huomaa virheellisiä mer-
kintöjä, ne siirtyvät urakoitsijalle toteutettavaksi. Virheellisesti toteutetut tiemer-
kinnät tulee korjata, ja niiden poistaminen sekä uusien merkintöjen tekeminen
aiheuttavat ylimääräisiä kustannuksia. (15.)

Liikenteenohjaussuunnitelmissa on usein liikaa vanhoja muutoksia, mikä tekee suunnitelmasta epäselvän ja vaikeasti tulkittavan. On tärkeää joko poistaa osa vanhoista muutoksista tai laatia kokonaan uusi suunnitelma, jotta se olisi selkeää ja luettava. Esimerkiksi kuvassa 9 oleva liikenteenohjaussuunnitelma, jossa on tehty 31 erilaista muokkausta, on erityisen vaikea tulkita johtuen liian monista muutoksista. (15; 25.)



Kuva 9 Kuvankaappaus liikenteenohjaussuunnitelmasta, jossa on paljon muutoksia (25).

6.3 Pintamerkkintöjen käytön lisääminen

Vantaa kaupunki voisi vaihtaa nykyistä toimintamalliaan, jossa tiemerkinnot tehdään pintamerkkintöinä vanhalle asfaltille ja uppomerkkintöinä uudelle asfaltille. Uudessa toimintamallissa kaikki merkinnät tehtäisiin pintamerkkintöinä. Etuna nykyiseen toimintamalliin olisi tiemerkkintävalvojan ja urakoitsijan työn helpottaminen. Tiemerkkintävalvojan työ yksinkertaistuu, kun tehdään vain yhdellä

tavalla, jolloin laskutus ja työn valvominen helpottuu. Pintamerkintää tehdessä tarvitaan vähemmän kalustoa kuin uppomerkintää, koska tienpintaa ei tarvitse jyrsiä. Näin vähennettäisiin urakoitsijan töihin tarvittua suunnittelua ja organisoitua. Työvaiheiden vähentyminen tarkoittaa myös sitä, että pintamerkinnän teko on nopeampaa, jolloin kunnossapitokierros valmistuisi nopeammin. Kun merkinnät valmistuvat nopeammin ja työt kestävät vähemmän, turvallisuus lisääntyy sekä liikenne liikkuu jouhevammin. Pintamerkintöjä on helpompi korjata tai muokata, jos liikenteenohjaussuunnitelmiin tulee uudistuksia tai urakan aika huomataan, ettei tiemerkinntöjen laatu ei vastaa sovittuja laatuvaatimuksia.

Pintamerkinnän kulutuskestävyys on huonompi kuin uppomerkinnässä, jolloin merkintöjä joudutaan uusimaan useammin. Suurella käyttöasteella olevien risteysalueiden tiemerkinntät voidaan joutua tekemään kaksi kertaa vuodessa. Haastattelussa Vantaan kaupungin tiemerkinntäurakoitsija ilmaisi mielipiteensä siitä, että nykyinen toimintamalli on toimiva. Urakoitsija ehdotti, että uusilla 3. luokan teillä käytettäisiin nopeampia, mutta vähemmän kestäviä pintamerkinntöjä, koska niillä on vähän liikennettä ja tiemerkinntät voivat kestää yhtä pitkään kuin tienpinta. (26.)

6.4 Tiemerkinntämaali

Tiemerkinntämaalin käytön lisääminen tiemerkinntöjen toteuttamisessa voisi merkittävästi vähentää kustannuksia ja mikromuovipäästöjä. Tiemerkinntämaali on erityisen hyvin soveltuva kevyeen liikenteeseen tarkoitetuille väylille sekä pysäköintialueille.

6.5 Kokeilu

Vantaan kaupungin kanssa on aloitettu elokuussa 2024 koe, jossa tutkitaan eri menetelmällä tehtyjen tiemerkinntöjen kulutuskestävyyttä 3. kunnossapitoluokan tiellä. Kokeessa tiemerkinntä on tehty puoliksi pintamerkinntänä ja toinen puoli uppomerkinntänä. Kokeessa pyritään selvittämään, kuinka kauan eri menetelmällä tehdyt tiemerkinntät pysyvät käyttökunnossa. Tiemerkinntöjen kuntoa

tarkastellaan keväisin ja syksyisin, jolloin huomataan kesän ja talven aikana tapahtuneet kulumiset. Konkreettisia tuloksia selviää noin 2–4 vuoden kuluttua. Tulosten perusteella voidaan miettiä, kannattaako 3. kunnossapitoluokan teillä tehdä uudelle asfalttipinnalle tiemerkinnot uppo- vai pintamerkintänä.

7 Yhteenveto

Tässä opinnäytetyössä on käsitelty Vantaan kaupungin tiemerkinnot toteutusta, kunnossapitoa ja kehitysehdotuksia. Työ tarjoaa kattavan näkemyksen tiemerkinnotprosessien nykytilasta ja niiden merkityksestä liikenteen sujuvuuden kannalta. Erityisesti on kiinnitetty huomiota massamenetelmän käytön tehokkuuteen ja kestävyys sekä kuinka biohartsin käyttöönotolla, voidaan vähentää mikromuovipäästöjä ja parantaa merkintöjen ekologisuutta.

Työssä esitetyt kehitysehdotukset, kuten Stage V -päästöluokituksen käyttöönotto ja osakorjausten hyödyntäminen, voivat merkittävästi vähentää päästöjä sekä parantaa Vantaan kaupungin tiemerkinnot kestävyttä ja kustannustehokkuutta. Näiden lisäksi yhteistyö urakoitsijoiden ja kaupungin välillä mahdollistaa tehokkaan tiedonkulun ja joustavan reagoinnin uusiin liikennesuunnittelun vaatimukseen. Opinnäytetyö tarjoaa tärkeää tietoa ja ehdotuksia tiemerkinnot kehittämiseksi Vantaalla, ja sen tulokset voivat toimia pohjana tuleville kehityshankkeille.

Lähteet

- 1 InfraRYL 2006 Infranrakentaminen ja yleiset laatuvaatimukset. Osa 2: järjestelmät ja täydentävät osat, s127-131. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- 2 Tiemerkinntät opastavat tiekäyttäjää. Verkkoaineisto. Väylävirasto. <<https://vayla.fi/kunnossapito/tieverkon-kunnossapito/paallysteiden-kunto>>. Päivitetty 13.9.2024. Luettu 20.9.2024.
- 3 Tiemerkinntöjen suunnittelu. Verkkoaineisto. Väylävirasto. <https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo_2020-30_tiemerkin-tojen_suunnittelu_web.pdf>. 01.4.2021. Luettu 15.3.2024.
- 4 Tiemerkinntäohje. 2023. Yrityksen sisäinen aineisto. Vantaa kaupunki.
- 5 Tiemerkinntä-Tiemerkinntät ammattitaidolla. Verkkoaineisto. KT-tiemerkinntä Oy. <<https://www.kt-tiemerkinntat.fi/tiemerkinnta/>>. Luettu 18.9.2024.
- 6 Technical Specification. 2020. Yrityksen sisäinen aineisto. Vantaa kaupunki.
- 7 Työtekninen selostus. 2023. Yrityksen sisäinen aineisto. Vantaa kaupunki.
- 8 Tie- ja katumaali. Tuoteseloste. Verkkoaineisto. Tikkurila Oyj. <https://tikkurila.fi/sites/default/files/pim/documents/Tie- ja_katumaali_FI_PDS_Tikkurila.pdf_0.pdf>. 26.6.2024. Luettu 28.6.2024.
- 9 Premark-tiemerkinntä. Tuoteseloste. Elpac Oy. <https://elpac.fi/fi/wp-content/uploads/tuotekortti_premark_tiemerkinnta.pdf>. Luettu 19.04.2024.
- 10 Tiemerkinntäteippi. Tuoteseloste. Elpac Oy. <<https://elpac.fi/fi/tuote/tiemerkinntateippi/>>. Luettu 19.4.2024.
- 11 Vesiohenteinen vs. liuotinohenteinen maali teollisissa maalaissovelluksissa. Tikkurila Oyj. <<https://tikkurila.fi/teollisuus/ideat/vesiohenteinen-vs-liuotinohenteinen-maali-teollisissa-maalaissovelluksissa>>. Luettu 19.4.2024.
- 12 Heinilä, Ville. Yrityksen Hiilijalanjälki – Ympäristötyön oiva apuri. Verkkoaineisto. Ekokompassi. <<https://ekokompassi.fi/yrityksen-hiilijalanjalki/>>. Luettu 03.7.2024.

- 13 Puitesopimus. Verkkoaineisto. MyFondia. <<https://insights.fondia.com/fi/fi/articles/sopimukset/yleiset-sopimustyytit/puitesopimus>>. Luettu 16.06.2024.
- 14 Palvelusopimus. 2021. Yrityksen sisäinen aineisto. Vantaan kaupunki.
- 15 Vaaranto, Tapio. 2024. Katuvalvoja, Vantaan kaupunki. Vantaa. Haastattelu. 10.4.2024.
- 16 Katujen kunnossapito. Yrityksen sisäinen aineisto. Vantaa kaupunki.
- 17 Pakokaasupäästöjä koskevat normit EU:ssa. Verkkoaineisto. Autotuoajat ja -teollisuus ry <https://www.autotuoajat.fi/uutishuone/autoalan_termistoa/euro-paastoluokat>. Luettu 10.9.2024.
- 18 Työkoneiden pakokaasupäästöjen määrä Stage-luokitus. Verkkoaineisto. Koneyrittäjät ry ja Infra ry. <<https://www.koneluokitus.fi/stage-paastoluokitus>>. Luettu 10.9.2024.
- 19 Karttapalvelu. Verkkoaineisto. Helsingin kaupunki. <<https://kartta.hel.fi/#>>. Luettu 21.8.2024.
- 20 Rautala, Simo. 2024. Projektijohtaja, Helsingin kaupunki. Lindberg, Noora 2024. Projektijohtaja, Helsingin kaupunki. Haastattelu. 20.8.2024.
- 21 Stara. Verkkoaineisto Helsingin kaupunki. <<https://stara.hel.fi/>>. Luettu 21.8.2024.
- 22 Joensuu, Timo. 2024. Työjohtaja, Espoon kaupunki. Saljola, Simo. 2024 Korjauspäällikkö, Espoon kaupunki, Espoo. Haastattelu. 1.10.2024.
- 23 Stara sai tiemeraintöjen mikromuovipäästöt vähenemään- urakoitsijoille pisteitä aiempaa vähäpäästöisempien raaka-aineiden käytöstä. Verkkoaineisto. Helsinki Stara. <<https://www.sttinfo.fi/tiedote/69978931/stara-sai-tiemeraintöjen-mikromuovipaastot-vahenemaan-urakoitsijoille-pisteita-aiempaa-vahapaastoisempien-raaka-aineiden-kaytosta?publisherrid=17448252>>. 16.5.2023. Luettu 24.4.2024.
- 24 Lastbilar med solceller målar vägmarkeringar. Verkkoaineisto. Byggkoll. <<https://byggkoll.bygggtjanst.se/artiklar/2024/juli/lastbilar-med-solceller-malar-vagmarkeringar/?type=webarticle>>. 18.7.2024. Luettu 23.8.2024.
- 25 Liikenteenohjaussuunnitelma. 1991. Yrityksen sisäinen aineisto. Vantaa kaupunki.

- 26 Pulliainen, Jukka. 2024. Työpäällikkö, Tiemerkinä A & E. Vantaa. Haastattelu. 16.4.2024.

