



TEKNILLINEN TIEDEKUNTA

PÄÄVÄYLIEN PÄÄLLYSTYSTÖIDEN VALVONTA SUOMESSA

Ella Palosaari

YMPÄRISTÖTEKNIikka

Kandidaatintyö

Maaliskuu 2022

TIIVISTELMÄ

Pääväylien päällystystöiden valvonta Suomessa

Ella Palosaari

Oulun yliopisto, Prosessi- ja ympäristötekniikan tutkinto-ohjelma

Kandidaatin työ 2022, 36 s. + 1 liite

Työn ohjaaja(t) yliopistolla: Valtteri Ahonen ja Veikko Pekkala

Tässä kandidaatintyössä tutustutaan laadunvarmennukseen ja sen valvontaan Suomen päällystetyillä teillä, joiden tienpitäjänä toimii valtio. Tärkeimpiä tarkasteltavia laatutekijöitä ovat itse urakoissa noudatettava vakiintunut laadunvarmennusprosessi sekä päällysteiden mitattavat tekniset ominaisuudet, jotka vaikuttavat kulutuskerroksen loppulaatuun.

Tavoitteena on selvittää päällystysurakan eri vaiheet, joissa laatua tulee valvoa. Lisäksi selvitetään urakan tilaajan ja palveluntuottajan eri vastuita, ja kartoitetaan sopimusehtoja, joita sovelletaan ELY-keskusten vetämissä hankkeissa. Onnistuneessa päällystyshankkeessa toimiva lopputulos lähtee aina päällystysohjelman suunnittelusta ja käytettävien päällysteiden valinnasta. Päällystesuunnittelu on moniulotteista, ja se pitää sisällään muun muassa kustannustenhallintaa sekä priorisointia eri tieosuuksien kunnostamisen välillä.

Tärkein tekijä onnistuneen lopputuloksen takaamiseksi on asfalttituotantolaitoksilla ja päällystystyömaalla tehtävät mittaukset, joilla voidaan seurata valmistetun tuotteen sopivuutta levitettäväksi tiestölle. Työssä perehdytään eri asfalttityyppeihin sekä niiden käyttökohteisiin, ja niiden vaikutukseen valmiiseen lopputulokseen.

Asiasanat: laadunvalvonta, päällystys, laatutekijät, mittaus

ABSTRACT

Supervision of main road asphalt paving in Finland

Ella Palosaari

University of Oulu, Degree Programme of Process and Environmental Engineering

Bachelor's thesis 2021, 36 p. + 1 Appendix

Supervisor(s) at the university: Valteri Ahonen ja Veikko Pekkala

In this bachelor's thesis, one gets acquainted with quality assurance and its supervision on paved roads in Finland, which are maintained by the state. The most important quality factors to be considered are the well-established quality assurance process to be followed in the contracts themselves and the measurable technical properties of the coatings, which affect the final quality of the wear layer.

The aim is to find out the different stages and perspectives of the paving contract where quality must be managed and controlled. In addition, the different responsibilities of the contracting authority and the service provider are clarified, and the contract terms that apply to projects run by ELY centers are mapped out. The successful outcome of an elaborate paving project always depends on the choice of paving program and asphalt concretes being used. Pavement design is multidimensional and includes, among other things, cost control and prioritization between the rehabilitation of different road sections.

The most important factor in ensuring successful end results are measurements taken at the asphalt production plants and paving sites to monitor the suitability of the finished product for application to the road. This thesis presents different types of asphalt concrete and their applications, as well as their effect on the finished result.

Keywords: quality control, asphalt paving, quality factor, measurements

SISÄLLYSLUETTELO

1 JOHDANTO	7
2 ASFALTTIPÄÄLLYSTEET	9
2.1 Päällystysuunnittelu Suomessa	10
2.2 Asfalttipäällysteet ja käytön valinta	12
2.3 Levityksen vaatimukset.....	15
3 LAADUNVALVONTA.....	17
3.1 Laadunvarmistusprosessi väylähankkeilla	17
3.2 Valtakunnalliset ohjeistukset	19
3.3 Materiaalien laatuvaatimukset	21
3.4 Päällysteen laatuun vaikuttavat mitattavat tekijät	24
3.5 Työmaavalvonnan merkitys	27
4 YHTEENVETO	30
LÄHDELUETTELO	31
LIITTEET:	
Liite 1. POT-ilmoituslomake	

MERKINNÄT JA LYHENTEET

AA	Avoim asfaltti
AB	Asfalttibetoni
IRI	International roughness index
PAB	Pehmeä asfalttibetoni
POT	Päällystysohjelman toteuma
SMA	Kivimastiksiasfaltti
VA	Valuasfaltti

1 JOHDANTO

Päällystystöiden laadukkaalla toteutuksella on moniulotteiset vaikutukset yhteiskuntaamme. Suomen tiestön kuntoa valvotaan vuosittain palvelutasomittauksilla sekä inventoinneilla, joilla kartoitetaan päällysteiden tasaisuutta ja urautumista. Kartoitusten avulla saadaan pidettyä mahdollisimman laajasti päällysteet liikennöitävässä kunnossa (Väylävirasto 2022c). Päällysteiden ylläpidolle asetetut toimilinjat koskevat kaikkia teitä, joiden tienpitäjänä toimii Väylävirasto. Toimilinjoja noudattamalla voidaan taata toimiva ja turvallinen päätieverkko sekä muut päällystetyt tiet kansalaisten käyttöön. Päällysteiden kunnossapidolla vaikutetaan laajasti koko maan alueelliseen saavutettavuuteen sekä sosiaaliseen kestävyYTEEN. Toimivat ja tasalaatuiset päällysteet mahdollistavat sujuvan liikkumisen tienkäyttäjälle, kun taas huonosti pidetyt tai kuluneet päällysteet tuottavat haasteita niin ajomukavuuteen kuin tienkäytön turvallisuuteen. (Väylävirasto 2021g)

Laadunvalvonnan merkitys rakennus- ja infra-alalla on kasvanut ja korostunut lähi-vuosien aikana erityisen paljon. Nykyaikaiseen ja vastuulliseen rakentamiseen kuuluu asianmukainen dokumentointi toteutetuista töistä sekä mahdollisista muutoksista alkuperäisiin suunnitelmiin. Moniulotteisella valvonnalla voidaan saavuttaa aikaa kestävä lopputulos, kun mahdollisiin virhetekijöihin voidaan puuttua ennenaikaisesti. Erityisesti laadunhallintaa ja -valvontaa tulee toteuttaa väylähankkeilla, jolloin voidaan taata urakka-asiakirjojen mukainen lopputulos tilaajalle ja suoriutua rakennustehtävistä turvallisesti. Laadua on suurilla hankkeilla toteutetun työn lisäksi toimiva viestintä sekä yhteistyö eri sidosryhmien välillä. Yhteistyön ja viestinnän sujuvuuden merkitys kasvaa erityisesti ongelmatilanteissa, jolloin työnaikaisiin virheisiin voidaan vielä puuttua tehokkaasti ja välttää suuremmilta lisäkustannuksilta. (Korhonen ym. 1995)

Päällystysurakan toteutukseen liittyy paljon materiaaleihin, työmenetelmiin ja kalustoon kohdistuvia laatu- ja turvallisuusvaatimuksia. Laadukas urakka on myös turvallinen niin työntekijöilleen kuin ympäristölleen. Kaikkeen tähän voidaan vaikuttaa riskienarvioimisella etukäteen, hyvällä suunnittelulla sekä avoimella viestinnällä tilaajan ja palveluntuottajan välillä. (Väylävirasto 2020b)

Laadunhallinnalla ja -raportoinnilla on ensiarvoisen tärkeä merkitys aikaa kestäväen lopputuloksen saavuttamisessa. Päällystysurakan aikana kerätty tieto kohteilta toimii pohjana seuraavina vuosina tehtäviin ylläpitotöihin. Lisäksi asianmukaisen

laatutekijöiden dokumentoinnin etuna on mahdollisten työvirheiden ja ennenaikaisen kulumisen juurisyiden selvittäminen, jotta toimitapoja voidaan kehittää tulevaisuudessa eteenpäin. Tällöin suunniteltaessa tulevia ylläpitotöitä, voidaan aiemmat haasteet ottaa tehokkaammin huomioon ja reagoida niihin jo urakan suunnitteluvaiheessa. Lisäksi asianmukainen laatuaineisto toimii takeena suoritetuista töistä urakan kaikkien osapuolien osalta. (Väylävirasto 2020a)

Suomessa painotetaan päällysteinvestointien suunnittelussa entistä enemmän kustannus-, ja ekotehokkuutta. Myös uusiomateriaalien ja -menetelmien käyttöä asfalttityömailla suositaan yhä useammin (Väylävirasto 2020c). Parhaimmillaan tien kunnan ylläpidolla voidaan vaikuttaa suuresti myös liikenteestä aiheutuviin päästöihin sekä polttoaineen kulutukseen. Epätasainen tienpinta ja suuremmat paikkaamattomat vauriot tasaisuudessa aiheuttavat ajoneuvoille suurempaa vierintävastusta, ja lisäävät tarpeettomien hidastusten ja kiihdytysten määrää. Tämä lisää ajamisesta aiheutuvia hiilidioksidipäästöjä erityisesti lisääntyneen polttoainekulutuksen kautta. (Hammarström ym. 2012)

Tässä kandidaatintyössä käsitellään Suomen tiestön päällystysten aikaista laadunvarmistusprosessia sekä -valvontaa teillä, joiden tienpitäjänä toimii valtio, ja joita ylläpitävät ja ohjaavat paikalliset ELY-keskukset. Tärkeimpinä tarkasteltavina tekijöinä ovat työmaalta sekä asfalttituotannosta todennettavat mitattavat tekijät, jotka toimivat pohjana laadunvarmistuksen toteutumiseksi. Päällystysten valvonta on moniulotteista, ja se koskettaa päällystysprojektin kaikkia osapuolia. Projektin mitattavat tekijät on dokumentoitava asianmukaisesti, ja pystyttävä esittämään kootusti. Näiden perusteella voidaan arvioida laadun toteutumista hankkeella ja käyttää tietoja pohjana myös tulevien vuosien päällystysinvestointeja suunnitellessa.

2 ASFALTTIPÄÄLLYSTEET

Suomen koko tieverkosto kattaa noin 454 000 kilometriä teitä, josta Väyläviraston vastuulle kuuluu 78 000 kilometriä tiestöä. Tästä noin 65 % eli 50 700 kilometriä on päällystetty. Suurin osuus tieverkostosta on siis yksityis- ja metsäautoteitä sekä kuntien katuverkkoja, jotka eivät kuulu valtion väylänpitoon. Maanteistä pääväyliksi on määritelty ne tiet, joilla vuorokausittainen liikennemäärä henkilöautoja ylittää 6000 käyttäjää ja raskaan liikenteen osalta 600 ajoneuvoa. Pääväylien tarkoituksena on yhdistää suurimmat maakuntakeskukset ja edesauttaa erityisesti työmatkaliikennettä, sekä elinkeinoelämän kannalta tärkeitä kuljetuksia. Maanteiden lisäksi kevyenliikenteen väyläverkkoon kuuluu noin 6000 kilometriä tietä, jota ylläpidetään ja kunnostetaan vuosittain. (Väylävirasto 2021a; Väylävirasto 2021b)

Liikenne- ja viestintäministeriö on määrännyt 2019 antamassa asetuksessaan tiestöllä ylläpidettävän palvelutason. Asetus määrittelee mitkä tiet kuuluvat pääväyliksi, ja määrää tienpitäjän vastaamaan riittävästä palvelutasosta huomioiden tien liikenteellisen merkityksen alueellisesti. Väyläviraston vastuulla olevat tiet eli pääosin runkoverkko, kuuluvat tämän asetuksen alle. (Liikenne- ja viestintäministeriö 2019; Väylävirasto 2021g)

Tiestön kunnossapito kuuluu tienpitäjän vastuulle. Tienpitäjänä Suomessa toimii joko valtio tai kunta. Tienpito käsittää päällysteiden ylläpidon lisäksi muun muassa vedenhallinnan tiealueella, riskielementtien kartoittamisen liikenteelle ja niihin puuttumisen sekä lumi- ja jääesteiden poistamisen (Laki yleisistä teistä 243/1954).

Liikenneväylien suunnittelun päätavoitteena on luoda tielle aluskerroksista lähtien stabiili rakenneprofiili, joka takaa tasaisen tien pinnan. Suunnittelun toinen tavoite on luoda kestävä kulutuskerros, jonka avulla saadaan minimoitua myös tien alempien kerroksien vaurioita. Hyvällä pohjamaan suunnittelulla voidaan ennaltaehkäistä erityisesti kulutuskerroksen halkeamavaurioita, jotka ovat haitaksi koko tierakenteelle. (Ehrola 1996) Jos tien vauriot ulottuvat syvemmälle kuin päällystekerrokseen, on päällystysurakoiden yhteydessä toteutettava rakenteenparannustoimia, jotta tien turvallinen käyttö voidaan taata. Tällöin tarvitaan myös tarkempaa tietoa paikallisesta maaperästä, jotta voidaan luoda kestävä tiekokonaisuus. (Väylävirasto 2021c)

Tien rakenne koostuu karkeasti jaettuna kolmesta kerroksesta; alusrakenne, sitomattomat kerrokset ja päällysrakenne. Tien lopullinen rakenne ja tarvittavat kantavuustoimet määräytyvät liikennemäärien ja maan geoteknisten ominaisuuksien kautta. Alusrakenteeseen kuuluu luonnontilainen pohjamaa sekä pengertäytteet. Alusrakenteen päälle rakennetaan sitomattomiin kerrokseen routaeristykset, jakava kerros sekä kantava kerros, jotka varmistavat päällysrakenteen ja päällysteiden tasaisuutta ja kestävyyttä. Päällystekerrokseen kuuluu sidotut kerrokset, jotka koostuvat eri raekokoisista kiviaineksista sekä sideaineista. (Väylävirasto 2018)

Alusrakenne koostuu usein hienoista maalajeista, jotka eivät itsessään ole tarpeeksi kantavia tien pohjarakenteeksi. Päällystysurakoiden yhteydessä voidaankin joutua tekemään rakenteenparannustoimia heikosti kantaville rakenteille esimerkiksi massanvaihdon tai stabiloinnin avulla. (Ehrola 1996)

Sitomattomien kerrosten paksuudet ja käytetyt materiaalit valitaan alusrakenteen routivuusominaisuudet huomioiden. Kulutuskerroksella tarkoitetaan tien näkyvintä osaa eli itse päällysteitä. Päällysteiden kestävyydelle on omat kantavuusvaatimuksensa samalla tavalla kuin alemmille rakennekerroksille. Niiden tärkeimpiä tarkasteltavia kestävyysominaisuuksia ovat nastakulutuskestävyys, vedenpitävyys ja deformaatiokestävyys. (Väylävirasto 2018)

2.1 Päällystyssuunnittelu Suomessa

ELY-keskukset suunnittelevat paikallisesti kesän aikana toteutettavat työt noudattaen ohjeistusta ylläpitoluokan hallinnasta, ja huomioiden tiestön liikennemäärät. ELY valmistelee talven aikana tulevana kesänä toteutettavan päällystysohjelman, joka kattaa vähintään vaaditun kuntoluokan alittavat tieosoitteet. Päällystysohjelman on oltava mahdollisimman kustannustehokas, ja sen on otettava huomioon muun muassa pullonkauloja, liikenneturvallisuudelle kriittisiä kohteita sekä yleisesti tiestön korjausvelan vähentämistä. Käytännössä suurin osa uudelleen päällystettävistä teistä on osa päätieverkkoa. (Väylävirasto 2021c; Väylävirasto 2021d)

Yleisiä periaatteita päällysteohjelman suunnitteluun kustannustehokkuuden lisäksi ovat kokonaisvaltainen ajattelu tieosuuden kunnosta, jossa huomioidaan muun muassa toimiva kuivatus, talvikunnossapidon vaikutus, alempien tierakenteiden kunto ja näiden

mahdolliset talviolosuhteiden aiheuttamat muutokset. Lisäksi Väylävirasto ohjeistaa ottamaan hankinnoissa huomioon ekotehokkuuden. (Väylävirasto 2021g)

Tärkeimmät tarkasteltavat kuntomuuttujat tiestöllä korjaustarvetta arvioitaessa ovat urasyvyys, tasaisuus, vauriot ja kantavuus (ELY-keskus 2021). Tiestöllä toteutetaan päällysteille palvelutasomittauksia, joissa inventoidaan näitä korjaustarpeita. Kuntomuuttujien raja-arvot on luokiteltu viiteen ryhmään, jonka perusteella voidaan myös siirtää tieosien korjauksia tuleville vuosille. (Väylävirasto 2021g)

Joissain tapauksissa yksittäisten paikkausten tekeminen tieosuuksille voi auttaa pitämään vaaditun palvelutason yllä vielä seuraavaan vuoteen asti. Kuitenkin päällysteen ollessa kauttaaltaan kulunut tai muuten ominaisuuksiltaan epäyhtenäinen ja epäturvallinen, on alettava suunnittelemaan päällysteen kokonaan uusimista. Paikallisten paikkausten kulut ja vanhan päällysteen parsiminen voivat nostattaa nopeasti ylläpidon kustannuksia suurestikin. Suurimpana ongelmana halkeilevassa päällysteessä voidaan pitää veden pääsyä kulutuskerrokseen ja edelleen alempiin tierakenteisiin, jolloin korjauskustannukset nousevat helposti korkeammiksi. (Tiehallinto 2009)

Päätieverkon asfalttipäällysteiden uusimisen rahoitusta ohjataan vuosittaisilla tulostavoitteilla, jotka Väylävirasto asettaa ELY-keskusten liikenne- ja infrastruktuurivastuualueille. Väyläviraston jakamat alueellisesti käytettävät määrärahat sekä tulostavoitteet perustuvat Liikenne- ja viestintäministeriön määrittämiin asetuksiin. Määrärahat väylänpidolle on määritetty valtion vuosittaisessa talousarviossa. Vuodelle 2022 on budjetoitu perusväylän pitoon 1,37 miljardia euroa, joka kattaa tieverkon lisäksi rautateiden ja vesiväylien kunnossapidon. Pääväyliä on suunniteltu päällystettävän reilut 2500 kilometriä vuonna 2022. (Väylävirasto 2021e; Väylävirasto 2021g)

Tänä päivänä urakkamallina maateiden hoidossa käytetään maanteiden hoitourakkaa, MHU:ta. Tämän urakkamallin tavoitteena on päästä valtion tavoitteeseen pitää tienkäyttäjää keskiössä tehtäessä päätöksiä päällystettävistä töistä sekä mahdollistaa tiiviimpi ja toimivampi yhteistyö projektin tilaajan ja urakoitsijan välillä. Urakkamallissa palveluntuottajan laskema tarjoussumma on tavoite tulevista urakkakustannuksista, mutta hankintakustannukset maksetaan toteutuneen työn mukaan. (Väylävirasto 2019)

Päällystysurakkaan liittyvät hankinnat on tehtävä kilpailutuksen kautta kaikissa valtion ja kuntien viranomaisten hankintayksiköissä (Laki julkisista hankinnoista ja

käyttöoikeussopimuksista 1397/2016 §1). Vähitellen on siirrytty käyttämään julkisten hankintojen kilpailutukseen dynaamista hankintajärjestelmää, DHJ:tä, joka on kaikille toimittajille avoin sähköinen hankintamenettely. Hankintayksikön eli ELY-keskuksen on perustettava tämä sähköinen hankintajärjestelmä, jonne on hyväksyttävä mukaan jokainen kiinnostunut toimittaja, jos he täyttävät tarjoukselle asetetut vaatimukset. (Laki julkisista hankinnoista ja käyttöoikeussopimuksista 1397/2016 §50; §51)

Dynaamisen hankintajärjestelmän sisällä voi olla useita hankintoja, joihin toimittajat voivat jättää tarjouksiaan. Järjestelmän kautta julkaistaan urakkasopimukseen liittyvä aineisto, jonka pohjalta toimittajat voivat tehdä tarjouksia laadittuun urakkaan. Urakalle valitaan toteuttaja tulleiden tarjousten keskuudesta (Laki julkisista hankinnoista ja käyttöoikeussopimuksista 1397/2016 §52). Toimittajan valinta tehdään lain nojalla kokonaistaloudellisesti edullisimman tarjouksen mukaan eli hankintayksikön on hyväksyttävä kokonaistaloudellisesti edullisin annettu tarjous tai hinta-laatusuhteeltaan tehokkain tarjous. Lisäperusteena valinnalle voidaan käyttää elinkaarikustannusten arvioimista, josta on ilmoitettava hankintamenettelyyn hyväksytyille osapuolille etukäteen (Laki julkisista hankinnoista ja käyttöoikeussopimuksista 1397/2016 §93-95).

2.2 Asfalttipäällysteet ja käytön valinta

Väylillä käytetyt asfalttipäällysteet voidaan jakaa koostumuksensa ja käyttökohteiden mukaan viiteen eri päätyyppiin; asfalttibetoniin (AB), pehmeään asfalttibetoniin (PAB), kivimastiksiasfalttiin (SMA), valuasfalttiin (VA) ja avoimeen asfalttiin (AA). Lisäksi pintausten menetelmiä paikattaville kohteille on kahta päätyyppiä: sirotepintausta (SIP) sekä soratien pintausta (SOP). Näiden lisäksi päällysteiden levityksellä on merkitystä käyttökohteen lopputulokseen (käsitellään luvussa 2.3). Pääasiallinen koostumus asfalttimassalle on kiviainesten ja sideaineen eli bitumin sekoitus sekä mahdolliset lisäaineet, joilla voidaan vaikuttaa päällysteen kulutuskestävyyteen. Massaan jää aina jonkin verran tyhjätillaa, jonka määrä myös vaikuttaa massatyypin käyttökohteisiin. (PANK ry 2017)

Päällystealan neuvottelukunnan, PANK ry:n (2017) julkaisema Asfalttinormit esittää ohjearvot ja rakeisuuskäyrät eri massatyyppien raekoolle sekä tietyn kiviaineskoon vaaditut ja sallitut sideainepitoisuudet. Noudattamalla Asfalttinormien ohjearvoja, voidaan taata eurooppalaisten tuotestandardien SFS-EN 13108-1:9 ja 13108-20:21

vaatimat menetelmät ja materiaalit. Rakennustieto Oy:n julkaisema Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset, InfraRYL (2021) asettaa vaatimukseksi massan kiviainekselle, sideaineille, lisäaineille sekä valmiille massalle, että ne noudattavat Asfalttinormien antamia ohjearvoja ja vaatimuksia. Käytettäville materiaaleille asetetaan laboratoriotestausvaatimuksiksi kiviainekselle kuulamylyarvo ja litteysluku sekä sideaineille bitumityyppi, joka on valittava kohteen keskimääräisen kuormituksen mukaan. Levitettäväksi tehdystä massasta tulee ilmoittaa vesi-, kulumis-, ja deformatiivisuuskäytännön ja näiden lisäksi tilavuussuhteet tyhjätilan, kiviaineksen ja sideaineiden välillä. (InfraRYL 2021)

Päällysteen seassa käytettävät sideaineet ovat yleisimmin tiebitumeita tai bitumiseoksia. Polymeerimodifioidut bitumit ovat yleisimmin käytettyjä Suomessa, niiden kumimaisten ominaisuuksien vuoksi, ja ne soveltuvat yleisesti hyvin AB- ja SMA-massatyyppien sideaineiksi usealle eri kiviaineksen raekoolle. Toisen tyyppisiä sideaineita ovat tiebitumit, jotka luokitellaan viskoosien tai tunkeumaominaisuuksien perusteella käytettäväksi eri kohteissa. Pehmeä tiebitumi soveltuu pehmeään asfalttiin. Tiebitumit ovat vaihtoehto polymeerimodifioituille bitumeille AB- ja SMA-päällysteille. (PANK ry 2017)

Bitumien laadunvarmistuksen täytyy toteutua eurooppalaisen tuotestandardin SFS-EN 13108-1 mukaisesti (PANK ry 2017). Materiaaleista valvottavia tekijöitä ovat pehmenemispiste ja tunkeuma sekä viskositeetti, jotka kaikki vaikuttavat olennaisesti myös valmiin päällysteen laatuun. Bitumien toiminnallisten ominaisuuksien kuten murtumis- tai tarttuvuusominaisuuksien laadunvalvonnan pettäminen voi vaikuttaa kulutuskestävyyteen ja aiheuttaa korjaustarpeita päällysteisiin ennen aikaisesti. (Tie- ja vesirakennushallitus 1985)

Asfalttibetoni on yleisesti käytetty päällystetyyppi, jota voidaan käyttää kulutus- ja kantavassa kerroksessa sekä sidekerroksessa. Se on monipuolinen käyttökohteiltaan, ja levitysmenetelmiä voidaan soveltaa siihen hyvin. Kulutuskerrokseen soveltuu parhaiten raekooltaan 5-22 millimetrin kiviaines, joista pienempi raekokoista massaa voidaan käyttää muun muassa pyöräilyväylien päällystämiseen. AB-massatyyppistä saadaan sovellettua eri rakennekerroksiin sopivia muunnoksia muuttamalla massan tilavuussuhteita sekä kiviaineksen kokoa. Sidekerroksen asfalttibetoniin (ABS) sekä kantavan kerroksen asfalttibetoniin (ABK) raekoon halkaisijat vaihtelevat 16

millimetristä 31 millimetriin. Tiiviin asfalttibetonin (ABT) raekoko vaihtelee 8-22 millimetrin välillä ja sen vedentiiveysominaisuuksia ohjataan tyhjätilan mitoittamisen avulla. Tiivis asfalttibetoni ei kuitenkaan sovellu käyttökohteeltaan väylille, vaan sitä käytetään erilaisiin ympäristönsuojaustoimiin. (PANK ry 2017)

Pehmeässä asfalttibetonissa käytetään bitumin ja kiviaineksen lisäksi tartuketta. Riippuen käytettävästä bitumista, saadaan pehmeästä asfalttibetonista PAB-V- ja PAB-B-massaa. Käytettäessä pehmeää tiebitumia, saadaan päällyste, joka soveltuu kulutuskerrokseen (PAB-B), ja käytettäessä viskositeettiluokiteltua bitumia (PAB-V) saadaan hyvin myös varastointiin soveltuva massa, jota voidaan käyttää paikkaustarkoituksiin saman tuotantokauden aikana. (PANK ry 2017)

Kivimastikiasfaltti on erityisen kulutuskestävä massatyyppi, jonka tilavuudesta reilusti yli puolet on kiviainesta. Sideaineena käytetään tiebitumeita tai polymeerimodifioituja bitumeita, joiden sekaan lisätään selluloosakuitua. Sen kiviaineksen raekoko vaihtelee käyttökohteen mukaan 5-22 mm välillä. (PANK ry 2017) Vilkasliikenteisille teille SMA-asfalttityyppi soveltuu loistavasti, sillä kuidun avulla sen nastarengaskulutuskestävyydestä saadaan hyvä. Sitä käytetäänkin usein viimeistelevänä kerroksena AB-massaa ohuempana laattana vilkkailla väylillä. (Väylävirasto 2018)

Valuasfaltti on massatyyppi, jossa suurin osa massan tyhjätilasta täyttyy bitumilla. Valuasfaltin käyttökohteina ovat pääsääntöisesti paikkaukset ja se soveltuu myös käsin levitettäväksi. Sideaineena käytetään polymeerimodifioitua bitumia. Sideainepitoisuus on jopa puolet suurempi kuin muilla asfalttimassatyypeillä. Tyhjätilan täyttämiseksi massaan lisätään myös täytejauhetta, joka on aina kalkkikivijauhetta. Levityksessä massaan voidaan lisätä myös kiviainesta parantamaan paikkauskohdan kitkaa. (PANK ry 2017)

Avoimen asfaltin tarkoituksena on nimensä mukaisesti olla avointa ja vettäläpäisevää. Sen käyttökohteita ovat esimerkiksi kadut ja tiealueet, joissa vedenhallinta ja tulvimisen estäminen on tärkeää. Avoin asfaltti on raekokojakaumaltaan hyvin tasakokoista ja hienoinesta siinä esiintyy vain vähän, jotta vesi ei pidäty hienojakoisiin rakenteisiin. Bitumina käytetään joko normaaleja tiebitumeita sekä polymeerimodifioituja bitumeita. (PANK ry 2017)

Pääsääntöisesti vilkasliikenteisille teille tulisi käyttää asfalttimassaa, joka ei ole helposti muovautuvaa ja joka on tiivistä. Tiiveydellä voidaan suojata tien alempia rakennekerroksia ja estää routanousua väylillä. Vilkkaille väylille yleisimmin käytettyjä massoja ovat AB16-, SMA16- ja alemmassa päällystyskerroksessa ABK22-massat. Lyhenteen perässä olevat numerot kertovat kyseisen massan kiviaineksen raekoon. Vähäliikenteisille teille sopii taas paremmin pehmeä asfalttimassa, joka voi olla vettäläpäisevämpää ja kestää muodonmuutosta sääolosuhteiden mukana hyvin. Tämä lisää vähäliikennöityjen tieosien kunnostusväliä, sillä kuormituksen aiheuttamasta halkeilusta ei ole välitöntä haittaa tien aluskerroksille. Muovautuva pehmeä asfaltti voi myös korjaantua itsestään. Näitä massoja ovat PAB-B sekä PAB-V. (Väylävirasto 2018)

2.3 Levityksen vaatimukset

Ennen päällysteen levittämistä, on tien alusrakenteen sekä kantavan kerroksen oltava kunnossa (InfraRYL 2021). Päällystoissä uusi massa levitetään joko sitomattomalle karhealle alustalle tai sidotulle alustalle eli vanhan päällysteen päälle. Ennen vanhan päällysteen päälle tehtävää levitystä vanha pinta on saatava tasaiseksi. Sidotun pinnan taseusmenetelminä voidaan käyttää massatasausta, kuumatasausta tai vaikeammin urautuneilla kohteilla eri jyrjäntämenetelmiä. Tämän lisäksi alusta liimataan, jotta uusi päällyste tarttuu varmasti pohjaansa kiinni. (Tiehallinto 2002)

Tieltä välittömästi irtoavaa vanhaa päällystettä voidaan hyödyntää kuumajyrjäntä ja remix-menetelmien käytössä. Kuumajyrjäntässä (MPKJ) vanha päällyste kuumennetaan ja jyrjäntään irti, ja jyrjäntä avulla saadaan korjattua heittoa muun muassa tien sivukaltevuuksissa, mikäli se ei johdu tien alemmista kerroksista. Remix-menetelmissä jyrjäntetty asfaltti levitetään välittömästi takaisin uuden massan seassa tien pinnalle, ja sekaan lisätään tarvittaessa elvytintä. (Tiehallinto 2002)

Levitysmenetelmä määräytyy massatyypin, käyttökohteen ja liikennemäärien perusteella (PANK ry 2017). Uusiomateriaalien käyttöä, ja siten levitysmenetelmien soveltamista, voidaan paikallisesti jollain alueella rajoittaa ympäristölupien nojalla, tai jos päällysteen kestävyysominaisuudet voivat kärsiä siitä (Väylävirasto 2020c).

Vakiopaksuisena laattana levitetyn uuden päällysteen massavaatimus on määritelty suunnitelma-asiakirjoissa (InfraRYL 2021). Asfalttiin käytetty massamäärä määräytyy

työmenetelmän ja työmaakohteen mukaan, ja se ilmoitetaan joko massavaatimuksena (kg/m^2) tai päällystelaatan paksuuden vaatimuksena (mm). Asfalttinormeissa on määritelty jokaiselle massatyypille kiviaineskoon perusteella suositeltu päällystelaatan paksuus. Yleisesti kuitenkin uutta massaa laattana levitettäessä massavaatimus on noin $100\text{-}125\text{kg/m}^2$ AB- ja SMA-päällysteille. Pienempi massamäärä riittää remix-uusiomenetelmien käytössä ja sekä MPKJ-töissä, joissa minimivaatimus on 0,75-kertainen määrä vakiopaksuisesta laatasta. Remix-menetelmillä vaatimus on 0,55-kertainen määrä vakiolaatasta. Levitetyn massan paksuuden todentamiseen voidaan käyttää muun muassa porapalanäytteitä, joita porataan koko työmaan alueelta tutkittavaksi laboratorioon. Tärkein tekijä levityksessä on, ettei vuorokausikohtainen levitetty asfaltin määrä alita tilattua määrää. (PANK ry 2017)

3 LAADUNVALVONTA

Töiden ennakkosuunnittelu on ensiarvoisen tärkeää väyläprojektin laadunohjauksessa. Päällystystöitä toteuttavalla organisaatiolla on oltava käytössään toimiva laatujärjestelmä, jotta sopimusasiakirjojen mukainen työn tulos voidaan osoittaa ja luovuttaa tilaajalle. Tilaaja valtakunnallisissa päällystystöissä on alueellinen ELY-keskus. Laatujärjestelmän tarkoituksena on antaa edellytykset tekijöille tuottaa tasaista laatua, kun laadittuja ohjeita ja menettelytapoja noudatetaan. Tehokkaan laatujärjestelmän käyttö vähentää työnaikaisia virheitä, kun poikkeamiin voidaan reagoida nopeasti. Toimintaa pystytään myös kehittämään poikkeamien hallinnan ja laatusuunnitelman toteutumisen perusteella parempaan suuntaan. Selkeiden sisäisten laatu- ja toimintaohjeiden myötä myös työntekijän motivaatio tuottaa laadukasta ja asianmukaista työtä kasvaa. (Korhonen ym. 1995)

3.1 Laadunvarmistusprosessi väylähankkeilla

Väylävirasto on laatinut ohjeet liittyen urakoitsijalta vaadittuun laaturaportointiin tiehankkeilla. Laadunvalvonta väylähankkeessa perustuu voimassa oleviin laatuvastuurakentamisen periaatteisiin ja ohjeistuksen tarkoituksena on tehdä laaturaportoinnin vaatimuksista samat jokaiselle urakalle riippumatta palveluntuottajasta. Laadunvalvonta aloitetaan palveluntuottajan osalta jo ennen varsinaisten töiden aloitusta. Tilaajan tulee hyväksyä laaditut suunnitelmat hankkeen ajaksi liittyen työn toteuttamiseen, mitattaviin laadullisiin tekijöihin sekä turvallisuuden ja ympäristön riskien kartoittamiseen. Laadunvalvonnan kartoitus etukäteen minimoi riskiä palveluntuottajan ja tilaajan välisiin epäselvyyksiin tilatun työn vaaditusta lopputuloksista ja työn välivaiheista. (Väylävirasto 2020a)

Tärkeimpiä teknisiä laatusuunnitelmia hankkeilla ovat toiminta- ja laatusuunnitelma sekä työvaihekohtaiset toteutussuunnitelmat. Toiminta- ja laatusuunnitelmassa on kuvattava ja kartoitettava urakkaan liittyvät menettelyt töiden toteutuksen, turvallisuuden ja ympäristön kannalta. Asiakirjoissa kootaan yhteen urakkaan liittyvät tekijät, ja niiden laatumittaus- ja todennuskeinot. Asiakirja hyväksytään yhteisymmärryksessä tilaajan ja palveluntuottajan välillä. Mikäli pääasiallinen palveluntuottaja käyttää töiden toteuttamiseen aliurakoitsijaa, on osaksi toiminta- ja laatusuunnitelmaa liitettävä kaikkien

teetettyjen aliurakointitöiden osalta samat asiakirjat kuin pääurakoitsijan toteuttamana. (Väylävirasto 2020a)

Ennen töiden aloitusta on palveluntuottajalla oltava laadittuna tekniset työsuunnitelmat jokaisesta rakentamisen vaiheesta, johon on sisällytetty muun muassa työmenetelmien käyttö, käytettävä kalusto, aikataulu suhteessa muihin työvaiheisiin, ympäristö- ja turvallisuusriskit kartoitettuna sekä vaaditut laadulliset ohjeavot InfraRYL:n vaatimusten mukaisesti esitettynä. Mikäli työvaiheissa ilmenee ympäristöä tai työturvallisuutta riskeeraavia tai vaarantavia osia, tulee niistä laatia vielä erillinen kartoitus ennen työvaiheen aloittamista. Tällaisia riskialttiita töitä päällystysurakan aikana voivat olla esimerkiksi syvät kaivantotyöt vesienhallinnan kaivutöissä, joihin liittyy sortumis- ja maavyöryvaara. Kaikki edellä mainitut asiakirjat hyväksytetään myös tilaajalla ennen töiden aloitusta. (Väylävirasto 2020b)

Toiminta- ja laatusuunnitelmat sekä työvaihekohtaiset ja tekniset suunnitelmat kulkevat käsi kädessä urakan sopimusasiakirjojen kanssa. Kumpikaan ei siis voi kumota toista vaan laaditut toimintasuunnitelmat täydentävät ja jäsentävät urakka-asiakirjoissa määritellyjä menettelyitä. (Väylävirasto 2020a)

Palveluntuottajan vastuulla on töiden aikana toteuttaa asiakirjoihin kirjatut mittaukset laadunosoitukseksi sekä dokumentoida ne. Työnaikaiset mittaukset ja tulokset tulee olla tilaajan nähtävillä, mukaan lukien päivittäinen ja viikoittainen raportointi työn tilanteesta. Laaduntoteutumista valvotaan säännöllisesti työmaakokouksissa, joissa käsitellään kokousvälillä työmaata koskevat asiat laadun, turvallisuuden, kustannusten ja aikataulujen osalta. (Väylävirasto 2020a) Esitystavalle ei ole määritelty tarkempia ohjeita, mutta yleisiä käytänteitä ovat erinäiset dokumentinhallintaportaalit, joihin kaikilla urakan osapuolilla on pääsy.

Ennen projektin loppua ja lopullista työn vastaanottamista palveluntuottajalla on velvollisuus tehdä itselleluovutus rakennusprojektin aikana eri osista keräämistä laatudokumenteista. Tarkoituksena on selventää miten ja minne projektin aikaiset laatutoteumat on dokumentoitu, ja kuka eri työosien laatutekijöistä on vastuussa. Palveluntuottaja toteaa itselleluovutuksessa tehdyksi suorittamansa työt sekä hyväksyy ne luovutettavaksi edelleen tilaajalle, ja eteenpäin käyttöönotettavaksi. Dokumentointiin kerätään kaikki mahdolliset valokuvat eri työvaiheiden osista, käytetyt materiaalit sekä

niiden CE-todistukset ja sertifikaatit sekä mitatut toteumat eri työnosilla. (Väylävirasto 2020a)

Luovutusaineiston kerääminen on jatkuvatoiminen prosessi, joka alkaa jo ennen varsinaisten töiden aloittamista. Luovutusaineistoon on liitettävä osaksi myös mahdolliset poikkeamaraportit. Poikkeamaraportointikäytäntöön kuuluu ilmoittaminen kaikista projektin eri osa-alueita koskevista muutoksista. Poikkeamaraportit luovutetaan tilaajalle heti virheen tai muutoksen ilmetessä, ja raportista tulee ilmetä muun muassa työvaihe, johon laatu poikkeama on kohdistunut, sekä esittää mahdolliset korjaavat toimenpiteet. Poikkeamaraportit käydään läpi säännöllisesti työmaakokouksissa, ja ne tulee liittää osaksi luovutusaineistoa urakan lopuksi. (Väylävirasto 2020a)

Osa päällystystöiden raportointiprosessia on tehdä päällystysohjelman toteuman (POT) kirjaukset kohteiden valmistuttua (Tielaitos 1992). Päällystystöiden päätyttyä jokaisesta päällystetystä kohteesta merkitään ylös tarkat tierekisteriosoitteet missä päällystettä on uusittu, sekä päällystystyyppi ja siihen liittyvät tarkemmat tiedot muun muassa tyhjätiloista ja käytetyistä massamääristä. POT-kirjauksiin huomioidaan lisäksi alustan tiedot. Alustalle tehtyihin toimenpiteisiin kuuluu kirjata pohjan käsittelymenetelmät sekä luetella käytetyt vahvistuselementit ja -verkot. (POT-ilmoituslomake, liite 1) POT-ilmoitusten avulla saadaan myöhemmille vuosille tietoon tehdyt toimenpiteet, joihin voidaan palata suunniteltaessa saman alueen korjaustarpeita tulevana vuosina (Tielaitos 1992).

3.2 Valtakunnalliset ohjeistukset

Päällystesuunnittelussa ja sen laadunvarmistuksessa nojataan erinäisiin valtakunnallisiin asetuksiin ja ohjeistuksiin. Hankintaa ja rakentamista ohjaa pohjimmiltaan laki sekä ministeriöiden asetukset. Näiden asetusten pohjalta on kirjattu tarkempia ohjeita sekä koostettu laatukortistoja, jotta päällystysurakan kaikilla osapuolilla on urakan aikana helpompi viitata säädöksiin ja tarkistaa laatuvaatimusten määräytyksiä. (Rakennustieto 2022)

ELY-keskusten päällystesuunnittelussa pohjataan Rakennustiedon julkaisemiin yleisiin laatuvaatimuksiin, InfraRYLiin sekä PANK ry:n laatimaan julkaisuun Asfalttinormit.

Nämä ohjeet määrittelevät pitkälle käytettävien asfalttipäällysteiden laadun ja ohjearovot massan valmistukseen sekä käytettäviin menetelmiin. (Väylävirasto 2018).

Mihin tahansa rakennusalan osa-alueeseen kuuluvaa projektia ollaankaan aloittamassa, on urakan asiakirjat ja vaatimukset sekä kulku toimittava rakennusurakan yleisien sopimusehtojen (YSE) mukaan. Yleisissä sopimusehdoissa määritetään muun muassa palveluntuottajan vastuu tuottaa urakkasopimuksen mukaista työtä sekä noudatettava sovittua laadunvarmistustapaa. Ohjeistuksissa määrätään myös urakka-ajan noudattamisesta ja sen laiminlyönnin seurauksena tilaajalla on oikeus periä korvauksia. (Rakennustieto Oy 1998)

InfraRYL eli rakennusalan yleisesti hyväksytyt laatuvaatimukset ovat Rakennustieto ry:n ajama hanke, jonka tarkoituksena on ollut yhtenäistää infra-alan toimintoja ja luoda selkeät linjat, jotta projektien lopputuotteiden laatua voitaisiin yleisesti parantaa. InfraRYL:n ohjeita käytetään pohjana kaikenlaisten hankkeiden laatuvaatimusten määrittelyssä yhdessä urakka-asiakirjojen ja yleisten sopimusehtojen kanssa. (Rakennustieto Oy 2006)

Asfalttinormit on PANK ry:n julkaisema teos, joka kokoaa yhteen yleisimmät päällysteiden valmistukseen ja kulutukseen liittyvät laatutekijät. Päällystealan neuvottelukunta (PANK ry) on yleishyödyllinen yhdistys, johon kuuluu asiantuntijoita eri infrarakentamisen tahoilta muun muassa urakointi- ja suunnitteluyrityksistä, valtion ja kunnan tahoilta sekä laite- ja konetoimittajilta. Asfalttinormeihin on koottu tiedot aina vaatimusten asettelusta valmiin asfaltin laatuvaatimuksiin sekä ohjearovot, joihin tuotteiden tulee sopia. Esitetyt menetelmät ja ohjearovot perustuvat eurooppalaisiin standardisoiuihin mittausmenetelmiin. (PANK ry 2017)

PANK ry on julkaissut myös teknisen ohjeluettelon päällystystöiden eri työvaiheiden mittausmenetelmistä, joka kokoaa yhteen tuotestandardeissa vaaditut käytettävät menetelmät. Ohjeita noudattamalla voidaan todentaa tuotetun massan ja päällysteen laadun olevan yleisten vaatimusten mukaista. (PANK ry 2022)

Väylävirastolta löytyy ohjeluetteloita sekä tutkimuksia ja selvityksiä liittyen kaikkiin väylänpidon osa-alueisiin (Väylävirasto 2021f). Ohjeistuksia löytyy erikseen tieohjeiden lisäksi myös rautateille ja vesiväylille. Ohjeita päivitetään jatkuvasti väyläviraston ja ulkopuolisten asiantuntijoiden toimesta. Osa myös Väylän ohjeistuksista löytyvistä

määrittelyistä ovat jo vakiintuneet osaksi yleisiä laatuvaatimuksia ja löytyvät myös InfraRYL:stä. (Väylävirasto 2021g)

Viimeisimpänä urakan vaatimuksia säättävät urakka-asiakirjoissa määritetyt ehdot. Urakkakohtaisesti määritetään muun muassa poikkeamista, turvallisuuden vaarantamisesta tai työvaiheen myöhästymisistä, sanktioiden määrät ja hyvitykset tai korvaukset laadun ylityksistä ja alituksista tilaajalle. (Väylävirasto 2020a) Urakan sisällä voidaan myös tehdä lisätyönä korjaustoimia päällysteille, joiden kunto on selvästi heikentynyt ja arvioidaan, etteivät kuntoluokkavaatimukset täyty enää seuraavana keväänä (PANK ry 2017).

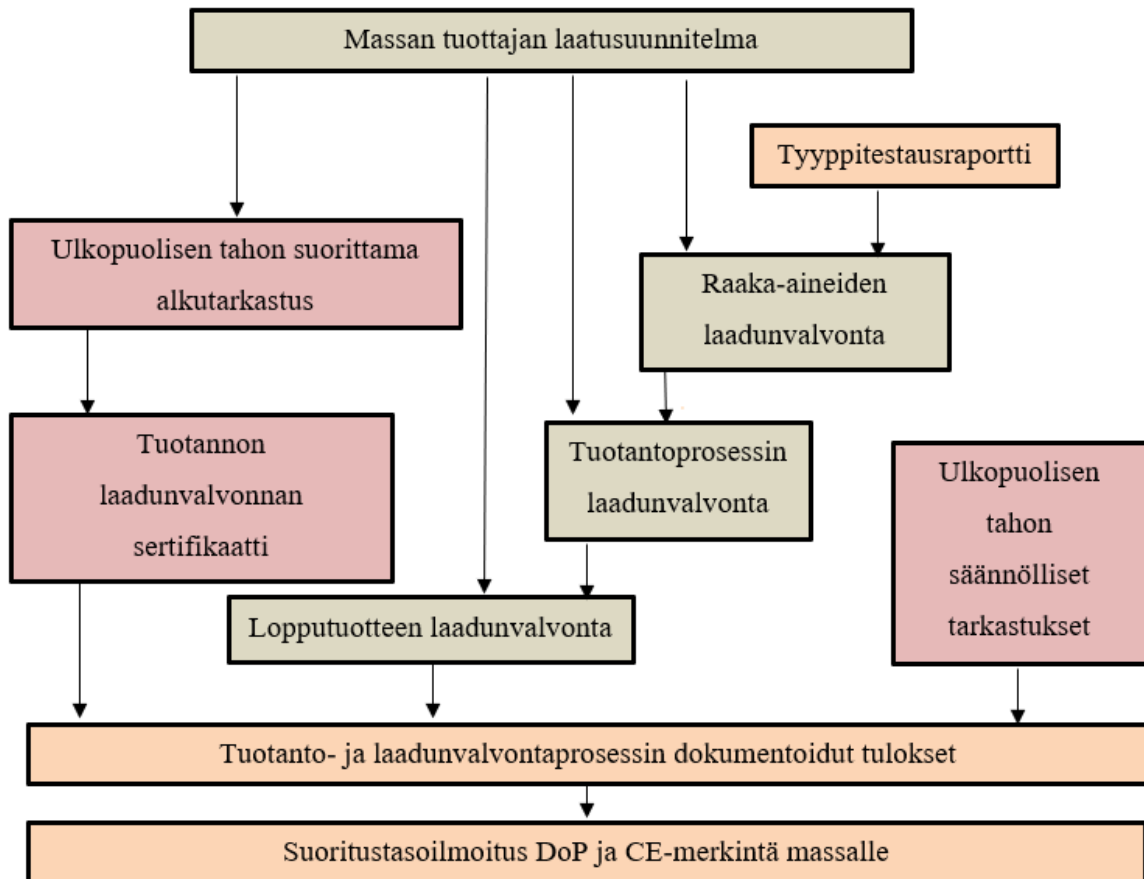
3.3 Materiaalien laatuvaatimukset

Vuonna 2013 on otettu käyttöön täysimääräisesti EU:n rakennustuoteasetus, joka velvoittaa palveluntuottajaa CE-merkitsemään liikenneväylillä käytettävät rakennustuotteet, ennen kuin ne otetaan käyttöön (Ympäristöministeriö 2013). Eri käyttötarkoitusten asfalttimassat ovat CE-merkittäviä rakennustuotteita, joilla on lisäksi määriteltynä AVCP-luokka, mihin kiviaineksen täytyy kuulua. AVCP-luokan avulla voidaan arvioida ja varmentaa materiaalien suoritustason pysyvyyttä. Asfalttimassat kuuluvat AVCP-luokkaan 2+. CE-merkinnän vaatiminen ja tarkastaminen palveluntuottajan tarjoamista tuotteista on rakennuttajalla eli työn tilaajalla. Luokan 2+ rakennustuotteiden laadunvalvontaan kuuluu tuotesertifiointilaitoksen suorittamat alkutarkastukset testauslaboratorion vaatimustenmukaisuudesta sekä tuotannon jatkuva valvonta. (Väylävirasto 2021h)

CE-merkinnän lisäksi valmistajan on annettava tiedot valmistetun tuotteen ominaisuuksista eli laatia suoritustasoilmoitus DoP (Declaration of Performance). Dokumentoinnilla valmistaja vastaa tuotteensa tietojen paikkansapitävyydestä. (Väylävirasto 2020c)

Urakan sopimusasiakirjat määrittävät käytetyn massan ominaisuudet sen mukaan, millaiseen kohteeseen kyseinen massa on tarkoitettu valmistaa. Asfalttimassan suunnittelu väylähankkeille perustuu tuotestandardeihin, ja massaa valmistavat laboratoriot ovat velvollisia noudattamaan standardisoituja laadunosoitusmenetelmiä. Tämä tarkoittaa

mittausten suorittamista standardisoidulla tavalla sekä niiden asianmukaisen esittämisen ja raportoinnin. (PANK ry 2017)



Kuva 1. Asfalttimassan tuotannaikainen laadunvalvonta. (mukaillen PANK ry, Asfalttinormit 2017 s. 31)

Kuvassa 1 on kuvattu prosessi asfalttimassan tuotannosta laadunvalvonnan näkökulmasta. Asfalttia tuottavalla yrityksellä on oltava käytössä kolmannen osapuolen sertifioitu laadunvarmistus sisäisten toimenpiteiden lisäksi. Edellytyksenä massan CE-merkinnälle on tämän lisäksi myös tyypitestaus, jonka valmistaja suorittaa sekä sideaineiden ja kiviainesten osalta. Tyypitestaus tarkoittaa valmiin asfalttimassan ominaisuuksien testausta ja varmistusta, jotta koostumus ja muut oleelliset käyttöön ja kulutukseen liittyvät ominaisuudet on tarkistettu. (PANK ry 2017)

Eri massatyypeille tyyppitestauksessa on eritasoiset vaatimukset, mutta kaikista massatyypeistä on pakollista testata sideainepitoisuus sekä rakeisuus. Yleisimmin käytetyistä AB- ja SMA-päällysteistä tärkeimpiä valinnaisesti määritettäviä ominaisuuksia ovat sideainepitoisuus, rakeisuus, tyhjätila, nastarengaskulumiskestävyys ja deformaatiokestävyys. Tyyppitestausraportissa esitetään valmistajan tiedot, kiviaineslajit, sideaineet, täytekiviaineet, massan koostumus ja saadut testitulokset. (PANK ry 2017)

Valmiin massan lisäksi laatutekijöitä tulee tutkia myös erikseen kiviaineksista. Kiviaineksen alkuperä ja kivilaji vaikuttavat paljon sen lujuusominaisuuksiin, hiovan kulutuksen kestoon sekä iskunkestävyyteen, joten on tärkeää tutkia kyseiset ominaisuudet ennen kiviaineksen käyttöä ja asfalttimassan käyttöönottoa (Kurki ym. 1992). Tärkein testi kiviainekselle on kuulamylytesti, jonka avulla saadaan määritettyä sen kuulamylyarvo A_N . Kuulamylyarvon avulla voidaan arvioida päällysteen nastarengaskulutuskestävyyttä. Kuulamylytesti suoritetaan eurooppalaisten tuotestandardin SFS-EN 1097-9 mukaan pyörittämällä kiviainesnäytettä mylyssä yhdessä teräskuulien ja veden kanssa. Kuulamylyarvo on prosentuaalinen painohävikki lähtöaineksen määrästä. (PANK ry 2017)

Hietalan ym. (2019) suorittamissa tutkimuksissa huomattiin, että kiviainesten kuulamylyarvoon ja edelleen päällysteen kestävyteen vaikuttaa myös kiviainesten litteysluku. Litteysarvoilla ja sen hallinnalla voidaan vaikuttaa kestävyden lisäksi myös päällysteen meluominaisuuksiin.

Asfalttinormeissa on kuvattu jokaiselle kiviaines- ja massatyypille vaaditut rakeisuuskäyrät, joihin myös testattujen massojen täytyy sopia. Kun pyritään kulutuskestävään päällysteeseen esimerkiksi vilkasliikenteiselle väylälle, kannattaa suosia karkeampaa materiaalia eli massan testiarvojen tulisi osua rakeisuuskäyrän alempaan osaa. Muita tärkeitä huomioitavia asioita asfalttimassan koostumuksen laadunhallinnassa on tilavuussuhteiden täytyminen tyhjätilan ja sideaineen suhteen. Asfalttinormeissa on esitetty eri massatyypeille täyttöraajat tilavuusprosentteina. Tämän avulla massa on työmaalle tuotaessa levitettävää ja valmiin päällysteen laatuominaisuudet osuvat niille sallittuihin rajoihin. (PANK ry 2017)

3.4 Päällysteen laatuun vaikuttavat mitattavat tekijät

Päällysteen valmistuessa tärkeimmät mitattavat ja todennettavat laatutekijät ovat tyhjätila, tasaisuus ja poikki- ja pituussuuntaiset sivukaltevuudet. Yleisin mittaussuunnitelma laadun ja koostumuksen todentamiseksi on poranäytteidenotto, jolloin valmiista päällysteestä porataan koepaloja tutkittavaksi laboratorioon. Näytesarjoja porataan yleisesti ainakin ajoradoilta sekä päällysteen saumakohtaisista valituilla AB- ja SMA-kohteilla. Näytteenoton jälkeen on tärkeää peittää otetut näytteriät, jottei niistä aiheudu haittaa liikenteelle. PANK ry on julkaissut menetelmäkuvaukset käytettäville mittaussuunnitelmille, jotka mukailevat tuotestandardien vaatimia työtapoja ja määriä, ja joita sovelletaan väylähankkeiden laadunosoitusmittauksiin. (Väylävirasto 2022a)

Valmiin päällysteen tyhjätilojen laadunosoitusmittaukset suoritetaan päällystetutkamenetelmällä kaikille yleisimmille AB- ja SMA-päällysteille, joiden pituus ylittää yhden kilometrin. Tätä lyhyemmille tieosuuksille tyhjätila varmistetaan poranäytteenoton avulla. Mittaukset suoritetaan PANK-4122 menetelmän mukaisesti mittaamalla päällysteen dielektrisyttä, jonka avulla saadaan tietoon tilavuussuhteet tiivistetyssä asfaltissa. Tyhjätilan avulla voidaan arvioida levityksen yhteydessä tehdyn tiivistyksen onnistumista. Tyhjätilamittaukset on tärkeä tehdä pian kohteen valmistumisesta ennen sateita, jolloin huokosten sadevesi ei heikennä tulosten luotettavuutta tutkimuksissa. (Väylävirasto 2022a)

Asfalttipäällysteen tiiveyden kelpoisuus tulee osoittaa ottamalla valmiista päällysteestä näytteitä, joista voidaan analysoida esimerkiksi levitettyä massamäärää tasatulla alustalla ja tutkia tiiveysominaisuudet. Tiiveysnäytteet otetaan AB-, SMA- ja AA-päällysteiltä heti työn alussa, jotta mahdollisiin poikkeamiin voidaan puuttua lopputyömaan pituudelta. (PANK ry 2017)

Valmiista päällysteestä on tärkeää mitata ja todentaa sen vedenkestävyysominaisuudet erityisesti vähäliikenteisillä tieosotteilla. Vaatimukset vedenkestävyydelle ovat korkeammat vähäliikennöidyille teille, koska ensisijainen päällystettä kuluttava tekijä ei ole liikenteen nastarengaskulutus, vaan ympäristön vaikutukset. Vedenkestävyyden todentaminen varmistaa bitumin lujan kiinnittymisen kiviainekseen. Mikäli bitumin tai kiviaineksen laadussa on puutteita, sillä on vaikutusta päällysteen ennenaikaiseen rapautumiseen, jolloin syntyy helpommin purkaumakohtia veden päästessä liuottamaan

bitumin tarttumapintaa. Vedenläpäisevyydellä on vaikutusta myös päällysteen jäykkyyteen, ja edelleen sen toimivuusominaisuuksiin. (Laaksonen ym. 2008)

Valmiin päällysteen pituussuuntaiseen laadun tarkasteluun käytetään IRI-mittauksia (International Roughness Index), jotka ovat kansainvälisesti käytettyjä tasalaatuisuuden mittausmenetelmiä. Näyteautolla ajettaessa mitataan oikeanpuoleisesta ajourasta mittalaitteiston tuottamaan pystysuuntaista poikkeamaa. Tunnusluvun avulla voidaan arvioida yleisesti uuden päällysteen tasaisuutta sekä ajomukavuuden näkökulmaa. Tunnusluvun käyttö ei ole kuitenkaan ongelmaton, sillä sen tarkkuudesta ja soveltuvuudessa on huomattu poikkeavuutta eri ajoneuvojen ja tulosten verrattavuuden välillä. Tunnusluku yksinään ei myöskään kerro suoraviivaisesti ajomukavuuden toteutumisesta uudella kohteella. Käytössä on Euroopassa myös muita epätasaisuusindeksilukuja, mutta perinteisten IRI-mittausten lisäksi on vakiintunut käytäntö 4 metrin oikolaudalla tehtävistä tarkastusmittauksista valmistuneilla kohteilla. (Haapanen ym. 2016) Erityisen haastavaksi IRI:n käyttö osoittautuu kapeilla ja mutkaisilla teillä, joissa tien geometriassa on paljon vaikutusta mittaustuloksiin (Väylävirasto 2022a).

Tasaisuuden valvonnalla on suuri merkitys kestoiän lisäksi myös tienkäyttäjän turvallisuuteen (Väylävirasto 2022b). Uuden päällysteen on tärkeää osua vaadittuun pituussuuntaiseen sivukaltevuuteen sekä korkeusasemaan, jotta vedenhallinta kulutuskerroksessa toteutuu. Jatkuvalle mittaamisella huolehditaan, ettei sadevesi pääse lätköitymään päällysteen päälle. Suositeltu sivukaltevuus ajoradoille on 3,0 prosenttia. (PANK ry 2017)

Tärkeä levityksen aikana havainnoitava tekijä tuotantolaitoksella sekä työmaalla on lämpötila, jota urakoitsijan tulee seurata tasaisin väliajoin työn aikana (Tiehallinto 2002). Massan valmistukseen on määrätty tietyt sekoituslämpötilat, joita täytyy noudattaa. Sekoituslämpötilat lajitellaan käytetyn bitumin mukaan, ja on erityisen tärkeää välttää liian korkeita lämpötiloja, etteivät sideaineiden komponentit pääse tuhoutumaan, ja näin vaikuttamaan päällysteen tarttuvuuteen ja kestävyys (PANK ry 2017). Erityistä tarkkuutta lämpötilojen valvontaan tulee kiinnittää kuumajyrityillä alustoilla sekä remix-menetelmällä tehdyillä päällysteillä, joille lämpötilavaatimukset myös levityksen suhteen ovat korkeammat (InfraRYL 2021).

Jokaiselta kohteelta tulee dokumentoida pituussuuntaiset lämpötilat välittömästi levitetyn massan osalta. Työmaalla käytettävälle mittalaitteistolle on asetettu vaatimukseksi muun muassa erottelukyky ja mittaustarkkuus. Tulokset tallennetaan 100 metrin osissa ja luovutetaan tilaajalle muun luovutusaineiston mukana viimeistään projektin lopuksi. (Väylävirasto 2022a)

Jotta asetettuihin laatuvaatimuksiin voidaan yltää, ei asfalttitöitä saa tehdä alle 5 °C lämpötilassa, eikä sateisella kelillä. Kylmä ilma sekä vesi heikentävät valmiin levitettävän massan tyhjätuloominaisuuksia, ja päällysteen pinta jää avoimeksi. Tämä johtaa kestävyysongelmiin, sillä päällysteen tarttuvuus alustaan heikkenee huomattavasti. Ongelmaa ilmenee niin liimatulla alustalla, kuin suoraan sitomattomalle alustalle levitettäessä. Vesisateen muokkaama sitomaton alusta ei ole hyväksi päällysteen tasaisuudelle eikä tiiveysvaatimuksia välttämättä saavuteta. (PANK ry 2017)

Päällysteissä voi ilmetä työvirheinä lajittumia, jotka voivat johtua rakeisuudesta, lämmöstä tai massan käsittelystä. Lajittumat voivat olla levityksen työvirheiden tuloksia, jolloin levittäjän reunoilla tai päällä oleva massa kerkeää jäähtyä ennen kuin se päätyy tienpinnalle. Kylmemmät kohdat eivät sekoitu itsestään kuumaan massaan ja jäävät siis pinnalle aiheuttamaan epätasaisuutta. Valmistusvaiheessa virheitä voi syntyä liian suuresta kiviainekset raakoosta, jolloin suurempien kivien välinen massa jäähtyy nopeampaa, koska avointa tilaa on enemmän. (Stroup-Gardiner & Brown 2000)

Päällysteeseen voi syntyä myös kohtia, joissa bitumia on noussut tien pintaan. Tällaiset kohdat eivät täytä tyhjätalaltaan laatuvaatimuksia, eikä tienpinta ole riittävän karkea. Tästä aiheutuu välitöntä vaaraa liikenneturvallisuudelle, erityisesti tienpinnan ollessa vesisateesta liukas, kun kitkaa ei ole tarpeeksi renkaan ja tien pinnan välissä. Lajittumien mittaamiseen on alettu kehittää uusia mittausten menetelmiä, sillä nykyisillä menetelmillä tilaajan on hyvin hankala valvoa purkaumia työkohteilla. Helpoin tapa seurata lajittumien syntymistä on visuaalinen tarkastelu, ja erityisesti pintaan noussut bitumi on melko helppo havaita paljaalla silmällä. Päinvastaisia rakeisuudesta johtuvia lajittumia voidaan havainnoida muun muassa lämpökameran avulla sekä lasertekniikkaa hyödyntäen. Rakeisuuslajittuma voi myös johtaa usein purkaumiin uusilla päällysteillä, jolloin pinta on karheampi ja aiheuttaa näin enemmän meluhaittoja (Virtala P. ym. 2017). Lajittumien ja lämpötilaongelmien on todettu olevan suuri aiheuttaja ennen aikaiseen lohkeiluun ja urautumiseen asfalttipäällysteisillä teillä (Willoughby ym. 2001).

Väylähankkeen uuden päällysteen poikkisuuntaista tasalaatuisuutta voidaan mitata PTM-autolla tehtävillä mittauksilla, joissa voidaan todentaa lajittumien sijainteja mittaamalla makrokarheuden arvoja (PANK ry 2019). Väylävirasto on luokitellut tasalaatuisuuden arvioinnin kahteen luokkaan niiden korjattavuuden ja arvonvähennysten perusteella. Korjattavat virheet ovat välitöntä vaaraa aiheuttavia tekijöitä, muun muassa kaistojen saumakohtien epätasaisuudet, joista voi olla vaaraa ohitustilanteissa tai selvästi havaittavat halkeamat ja sideaineen pintaan nousut. Arvonvähennyksiä voidaan periä, mikäli havaitut virheet ovat vähäisiä, eivätkä turvallisuutta haittaavia, mutta eivät täytä annettuja virherajoja. (Väylävirasto 2022a)

3.5 Työmaavalvonnin merkitys

Työmaalla toteutettavalla valvonnalla on tarkoitus taata laatutekijöiden toteutuminen käytännössä ja pyrkiä ennakoivaan toimintaan työmaan toimintatavoissa. Työmaavalvonnin avulla voidaan varmistaa, ettei työskentelystä aiheudu vaaraa ympäristölle tai työntekijöille, työvaiheet ja -suoritteet toteutuvat sovitun aikataulun puitteissa, tekniset vaatimukset päällysteiden toimivuudelle ja kestävyydelle täyttyvät sekä kustannukset pysyvät urakka-asiakirjojen vaatimissa rajoissa. (Rakennustieto Oy 2013)

Tilaaajan valvonta kohdistuu pitkälti suoritettuihin työvaiheisiin sekä sisäisen sekä urakoitsijan laatujärjestelmän toteutumisen seurantaan. Yleistä on käyttää tilaaajan edustajana ulkopuolista valvojaa, joka vastaa saman tasoisesti tilaaajan kanssa suorittamastaan valvonnasta. Valvojat tulee olla nimettynä urakkasopimuksessa, ja tilaaajan ja valvojakonsultin välillä on oltava sopimus ennalta sovitusta vastuista työmaalla. Tilaaajan ja konsultin suorittaman valvonnin tarkoituksena on varmistaa, että työmaalla toimitaan lakien ja asetusten antamissa puitteissa, ja tilaaajan sekä urakoitsijan molempien etu tulee huomioitua. (Merenkululaitos 2009)

YSE:n mukaan urakoitsijalla on vastuu tuottamansa työn laadusta ja mahdollisten puutteiden korjaamisesta ennen kuin työ luovutetaan tilaajalle. Vakavista työvirheistä ja puutteista on myös ilmoitettava tilaajalle etukäteen, jotta voidaan sopia korjaavista toimenpiteistä. Tilaaajalla, samoin kuin urakoitsijalla, on oikeus vaatia puolueetonta testiä rakennuskohteen laadusta, mikäli on syytä epäillä laadunallisuutta. Tilaaajan edustajalla on vapaa kulku työmaille, ja mahdollisuus milloin vain päällystysurakan aikana tehdä

laatutekijöihin kohdentuvia pistokokeita, ja puutteita huomattaessa ilmoittaa niistä viipymättä asianomaisille. (Rakennustieto Oy 1998)

Urakoitsijalla puolestaan täytyy olla työmaalla paikalla vastaava työnjohtaja, joka huolehtii urakoitsijan puolen laatu- ja turvallisuustekijöiden toteutumisesta käytännössä. Lisäksi urakoitsijalta vaaditaan riittävä ammattitaito ja tarpeelliset resurssit suoriutua urakkasopimuksessa kirjatusta velvoitteista. (Rakennustieto Oy 1998)

Työmaalla tapahtuvaa toimintaa on erityisen tärkeää valvoa tienkäyttäjän turvallisuuden vuoksi. Ulkopuolisten valvontakonsulttien vastuulle kuuluu valvoa muun muassa liikenteenjärjestelyjä työmaan perustamisesta sen etenemiseen. Lisäksi on tärkeää tehdä ilmoitukset Fintrafficille työmaan laadusta, ja haitoista liikenteelle, jotta katkoksiin ja hidasteisiin voidaan varautua esimerkiksi pelastustoimien osalta. (Väylävirasto 2020d)

Urakoitsijan ja valvojan on tärkeää tehdä laatutekijöistä jatkuvia mittauksia, jotta voidaan todentaa ja raportoida laatuvaatimusten täyttyminen tilaajalle. Ilman varmennettuja mittatuloksia ei voida osoittaa tehdyn työn osuvan urakka-asiakirjoissa ja yleisissä rakentamisen laatuvaatimuksissa vaadittuihin ohjearvoihin. Laadun osoittamiseksi voidaan teettää myös tilaajan tai urakoitsijan puolesta ylimääräisiä näytesarjoja, joiden kustannukset ovat väärässä olleen osapuolen vastuulla, mikäli erimielisyyksiä tuotetusta laadusta ilmenee. (PANK ry 2017; PANK ry 2018)

Tilaajalla on oikeus periä sanktioita kaikista laatupuutteista, jotka liittyvät mittaustarkkuuteen tai muuhun toleranssien ylityksiin tai alitukseen. Työvirheet havaitaan helpoiten valmistusvaiheessa, mutta osa virheistä voi ilmetä vasta vastaanottotarkastuksen lähestyessä, kun vertaillaan saatuja laboratoriotutkimuksia sekä valmiilta päällysteeltä tehtäviä mittauksia. Vaihtoehtoja laadunalituksen kompensoimiseen on pääasiassa kolme. Koko kohde voidaan päällystää uudelleen, mikäli virhe aiheuttaa merkittävää haittaa liikenneturvallisuudelle, tai virheellinen kohta voidaan korjata vain paikallisesti. Mikäli työvirheen korjaaminen olisi taloudellisesti kannattamatonta tai teknisesti vaikeaa, voidaan urakoitsijalta periä arvonvähennystä laatuvirheestä. (PANK ry 2018)

Arvonvähennysperiaatteet ja viitearvot on eritelty urakka-asiakirjoissa, ja niiden soveltamiseen täytyy käyttää kohtuullisuutta verraten ilmenneen poikkeaman vakavuuteen. Yhteenlaskettujen koko päällystysurakan työvirheiden

arvonvähennyssummat saavat olla tilaajan hyödyksi maksimissaan 30 % verottomasta urakkahinnasta. Samoin urakoitsijalle hyvitetävä osuus ansiottomasta hyödystä on samansuuruinen. (PANK ry 2018)

4 YHTEENVETO

Päällystystöiden laadukkaalla valvonnalla voidaan taata yhtenevät tieolosuhteet valtakunnallisesti, ja yltää tiestöltä vaadittuihin palvelutasoluokkiin. Laadukkaat päällysteet ja tiestön jatkuva kunnossapito edesauttavat liikenteen sujuvuutta ja liikenneturvallisuutta.

Asetettujen laatuvaatimusten ja niiden laaja-alaisuuden perusteella voidaan todeta, että laadukkaan päällysteen tuotanto lähtee oikean ja tilanteenmukaisen päällystetyypin valinnasta. Suunnittelulla on suuri vaikutus lopputulokseen ja sen kestävyys teknisesti ja taloudellisesti, niin raaka-aineiden valinnassa kuin vuosittaisten päällystysten suunnittelussa. Oikeanlaisilla materiaaleilla voidaan parantaa liikenteen vientikykyä pitkäksi aikaa, kun ympäristön ja liikenteen aiheuttamat eroosiotekijät voidaan ottaa jo suunnittelussa huomioon.

Mittaamalla tuotetun asfalttimassan ja levitetyn päällysteen ominaisuuksia säännöllisesti, saadaan todennettua vakaa perusta laadun toteutumiseksi. Urakoitsija voi osoittaa tuottaneesta sopimuksen mukaista tuotetta ja tilaaja voi olla varma vastaanotettavasta työstä, josta maksaa. Mikäli takuuajana ilmenee ongelmia päällysteissä, voidaan dokumentoituun laatuaineistoon ja laboratoriotuloksiin palata ja löytää virheisiin johtavat tekijät. Erityisesti asfalttituotantolaitosta koskevat tiiviit ja tarkat mittauskäytännöt varmistavat osaltaan suoraan päällystettävän tieosuuden kuntoa ja tasalaatuisuutta. Standardisoiduilla mittauskäytännöillä taataan lähtökohtaisesti sama laatu kauttaaltaan Suomen tiestölle.

Päällysteiden uusimisessa on tärkeää arvioida myös taloudellisen kestävyys näkökulmaa, sillä niiden uusiminen ja korjaustoimenpiteet rahoitetaan suoraan valtion talousarviosta. Ylläpidon määrärahojen vähentämisellä ja lisäämisellä on siis suoria vaikutuksia maamme julkistalouteen. Tärkeää suunnittelussa on päällysteiden, ja koko tieosuuden, elinkaarikustannusten huomioiminen ja hallinta. Suunnittelulla ja sen toteutuksen valvonnalla voidaan merkittävästi vaikuttaa myös liikenteestä syntyviin päästöihin, ja panostaa näin myös päällysterakentamisen ilmastovaikutuksiin.

LÄHDELUETTELO

Tie- ja vesirakennushallitus, 1985. Bitumin laadunvarmistus. Helsinki: Tienrakennustoimisto. Saatavissa: <https://core.ac.uk/download/pdf/81240784.pdf>

Ehrola, E., 1996. Liikenneväylien rakennesuunnittelun perusteet. Rakennustieto Oy.

ELY-keskus, 2021. Päälysteet [verkkodokumentti]. Saatavissa: <https://www.ely-keskus.fi/paallysteet> [Viitattu 15.11.2021].

Haapanen, P. & Virtala, P., 2016. Asfalttipäälysteiden tasalaatuisuustunnuslukuselvitys, uudet päälysteet. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 13/2016 [verkkodokumentti]. Saatavissa: https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lts_2016-13_asfalttipaallysteiden_web.pdf [Viitattu 23.2.2022].

Hammarström, U., Eriksson, J., Karlsson, R. & Yahya, M-R, 2012. Rolling resistance model, fuel consumption model and the traffic energy saving potential from changed road surface conditions, VTI rapport 748A [verkkodokumentti]. Saatavissa: <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:670621/FULLTEXT01.pdf> [Viitattu 26.2.2022].

Hietala, N. & Kuula, P., 2019. Asfalttikiviaineksen raemuodon ja murskaustavan vaikutus kuulamylyarvoon. Väyläviraston tutkimuksia 15/2019 [verkkodokumentti]. Saatavissa: https://julkaisut.vayla.fi/pdf12/vt_2019-15_asfalttikiviaineksen_raemuodon_web.pdf [Viitattu 17.1.2022].

InfraRYL, 2021. 21410 Sidotut päällysrakenteet [verkkodokumentti]. Rakennustieto Oy. Saatavissa: https://ryl.rakennustieto.fi/ryl/InfraRYL/2021_1/21410.html#TL21410ID0ED [Viitattu 26.11.2021].

Korhonen, T., Heikkilä, R. & Riihelä, S., 1995. Laadun johtaminen suunnittelussa ja rakentamisessa. Oulu: Oulun Yliopisto

Kurki T., Manninen E. & Saarinen I., 1992. Asfalttipäälysteiden tutkimusohjelma Asto 1987-1992. Asfalttipäälysteen kuluminen: osa 1. Espoo. Valtion teknillinen tutkimuskeskus.

Laaksonen, R., Laukkanen, K. & Alkio, R., 2008. Päällysteen laadun testaus- ja mittausmenetelmien tarkkuus. Tiehallinnon sisäisiä julkaisuja 46/2008 [verkkodokumentti]. Saatavissa: https://julkaisut.vayla.fi/pdf2/4000644-v-paallysteen_laadun_testaus.pdf [Viitattu 23.2.2022].

Laki julkisista hankinnoista ja käyttöoikeussopimuksista, 1397/2016. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2016/20161397#Pidm45237815290992> [Viitattu 13.1.2022].

Laki yleisistä teistä, 243/1954 [verkkodokumentti]. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1954/19540243> [Viitattu 15.11.2021].

Liikenne- ja viestintäministeriö, 2019. Asetus maanteiden ja rautateiden pääväylistä ja niiden palvelutasosta. Saatavissa: https://api.hankeikkuna.fi/asiakirjat/68f47823-caf3-428d-b9a5-cf7167d3f3bb/213e4d94-3d89-4a7e-b4c4-fc09bdd3bb28/PAATOS_20181121071451.pdf [Viitattu 15.11.2021].

Merenkululaitos, 2009. Urakointiohje [verkkodokumentti]. Saatavissa: https://julkaisut.vayla.fi/pdf5/mkl_2009-7_urakointiohje.pdf [Viitattu 27.1.2022].

PANK ry, 2017. Asfalttinormit. Helsinki: PANK ry

PANK ry, 2018. Arvonmuutosperusteet. Asfaltointityöt [verkkodokumentti]. Saatavissa: https://www.pank.fi/wp-content/uploads/2020/12/osa_b_arvonmuutosperusteet_2018.pdf [Viitattu 24.2.2022].

PANK ry, 2019. PANK-5212. Uuden päällysteen tasalaatuisuus [verkkodokumentti]. Saatavissa: <https://www.pank.fi/wp-content/uploads/2020/12/pank-5212-2018-pallysteen-tasalaatuisuuden-mittaus-31.1.-2019.pdf> [Viitattu 25.1.2022].

PANK ry, 2022. PANK-menetelmät [verkkodokumentti]. Saatavissa: <https://www.pank.fi/tekniset-vaatimukset/pank-menetelmat/> [Viitattu 23.2.2022].

Rakennustieto Oy, 1998. Tietokortti RT 16-10660. Rakennusalan yleiset sopimusehdot YSE 1998.

Rakennustieto Oy, 2006. Miten InfraRYL palvelee 2008 [verkkodokumentti]. Saatavissa: <https://docplayer.fi/3500070-Miten-infraryl-palvelee-infrarakenteiden-ja-toiden-yleiset-laatuvaatimukset.html> [Viitattu 14.1.2022].

Rakennustieto Oy, 2013. Tietokortti RT 16-11122. Maa- ja vesirakennustyön työmaavalvonnan tehtäväluettelo.

Rakennustieto Oy, 2022. Infra-kortisto [verkkodokumentti]. Saatavissa: <https://kortistot.rakennustieto.fi/kortistot/infra-kortisto> [Viitattu 17.1.2022].

Stroup – Gardiner, M.& Brown E.R., 2000. Segregation in Hot Mix Asphalt Pavements, National Cooperative Highway Research Program Report 441, National Center for Asphalt Technology, Auburn University, Auburn, Alabama.

Tiehallinto, 2002. Päällysteet. Tienrakennustöiden yleiset laatuvaatimukset ja työselitykset [verkkodokumentti]. Saatavissa: https://julkaisut.vayla.fi/thohje/pdf/2200004_02.pdf [Viitattu 26.1.2022].

Tiehallinto, 2009. Päällysteiden paikkaus [verkkodokumentti]. Saatavissa: https://julkaisut.vayla.fi/thohje/pdf/2200009-v-09-paallysteiden_paikkaus.pdf [Viitattu 28.2.2022].

Tielaitos, 1992. Päällystystöiden ohjelmointi ja seuranta. Tiehallitus [verkkodokumentti]. Saatavissa: www.doria.fi/bitstream/handle/10024/133272/tie1702.pdf?sequence=1 [Viitattu 28.1.2022].

Virtala, P. & Alanaatu, P., 2017. SMA-päällysteen lajittumavirheiden mittaaminen; Purkauma ja pintaan nousu. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 1/2017 [verkkodokumentti]. Saatavissa: https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/143893/LTS%2001-2017_978-952-317-349-1.pdf?sequence=2&isAllowed=y [Viitattu 13.1.2022].

Väylävirasto, 2018. Tierakenteen suunnittelu. Liikenneviraston ohjeita 38/2018 [verkkodokumentti]. Saatavissa: https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo_2018-38_tierakenteen_suunnittelu_web.pdf [Viitattu 2.12.2021].

Väylävirasto, 2019. Uusi maanteiden hoitourakkamalli (MHU) [verkkodokumentti].

Saatavissa:

https://vayla.fi/documents/25230764/35601560/9_MHU_v%C3%A4yl%C3%A4rak_materiaalit_191119_KL.pdf/35393acf-26e7-4c1a-ac8b-ca9d4e92c949/9_MHU_v%C3%A4yl%C3%A4rak_materiaalit_191119_KL.pdf?t=1574857464100 [Viitattu 15.11.2021].

Väylävirasto, 2020a. Väylähankkeen laadunosoitus. Väyläviraston ohjeita 44/2020 [verkkodokumentti]. Saatavissa:

https://julkaisut.vayla.fi/pdf11/vo_2020-44_vaylahankkeen_laadunosoitus_web.pdf [Viitattu 28.11.2021].

Väylävirasto, 2020b. Turvallisuusmenettelyjen käsikirja Väylähankkeisiin. Väyläviraston ohjeita 58/2020 [verkkodokumentti]. Saatavissa:

https://julkaisut.vayla.fi/pdf11/vo_2020-58_turvallisuusmenettelyjen_kasikirja_web.pdf [Viitattu 29.11.2021].

Väylävirasto, 2020c. Uusiomateriaalien käyttö väylärakentamisessa. Väyläviraston ohjeita 6/2020 [verkkodokumentti]. Saatavissa:

https://julkaisut.vayla.fi/pdf11/vo_2020-06_uusiomateriaalien_kaytto_web.pdf [Viitattu 27.1.2022].

Väylävirasto, 2020d. Liikenne tietyömaalla; päällystys- ja tiemerkinätyöt. Väyläviraston ohjeita 56/2020 [verkkodokumentti]. Saatavissa:

https://julkaisut.vayla.fi/pdf11/vo_2020-56_paallystys_tiemerkintatyot_web.pdf [Viitattu 28.2.2022].

Väylävirasto, 2021a. Tieverkko [verkkodokumentti]. Saatavissa:

<https://vayla.fi/vaylista/tieverkko#.Xhgl8EGxVaQ> [Viitattu 15.11.2021].

Väylävirasto, 2021b. Pääväyläverkko [verkkodokumentti]. Saatavissa:

<https://vayla.fi/vaylista/liikennejarjestelma/paavaylaverkko#.Xh8HOEGxVaQ> [Viitattu 15.11.2021].

Väylävirasto, 2021c. Korjausten kohdentaminen ja korjaustavat [verkkodokumentti].

Saatavissa: <https://vayla.fi/kunnossapito/tieverkon-kunnossapito/korjausten-kohdentaminen> [Viitattu 15.11.2021].

Väylävirasto, 2021d. Millaisella väyläverkolla liikut ja kuljetat vuonna 2020- budjetti ja toimenpiteet [verkkodokumentti]. Saatavissa: https://www.tieyhdistys.fi/site/assets/files/1727/2019_budjettitilaisuus_vayla.pdf [Viitattu 15.11.2021].

Väylävirasto, 2021e. Millaisella väyläverkolla liikut ja kuljetat vuonna 2022- budjetti ja toimenpiteet [verkkodokumentti]. Saatavissa: vayla.fi/documents/25230764/91304910/Budjettitilaisuus+2021+esitykset.pdf/c65afec9-7356-f54c-8865-6b800cb2ba8b/Budjettitilaisuus+2021+esitykset.pdf?t=1635427752055 [Viitattu 15.11.2021].

Väylävirasto, 2021f. Ohjeluettelo [verkkodokumentti]. Saatavissa: <https://vayla.fi/palveluntuottajat/ohjeluettelo> [Viitattu 14.1.2022].

Väylävirasto, 2021g. Päälystettyjen teiden korjauksen toimintalinjat. Väyläviraston ohjeita 10/2021 [verkkodokumentti]. Saatavissa: https://julkaisut.vayla.fi/pdf11/vo_2021-10_paallystettyjen_teiden_web.pdf [Viitattu 15.11.2021].

Väylävirasto, 2021h. Rakennustuotteiden CE-merkintä [verkkodokumentti]. Saatavissa: https://julkaisut.vayla.fi/pdf11/opas_2021_rakennustuotteiden_ce-merkinta_web.pdf [Viitattu 14.1.2022].

Väylävirasto, 2022a. Uusien päällysteiden laadunosoitusmittaukset. Väyläviraston ohjeita 1/2022 [verkkodokumentti]. Saatavissa: https://julkaisut.vayla.fi/pdf22/vo_2022-1_uusien_paallysteiden_web.pdf [Viitattu 25.1.2022].

Väylävirasto, 2022b. Uusien päällysteiden laatu. Väyläviraston julkaisuja 12/2022 [verkkodokumentti]. Saatavissa: https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/183743/vj_2022-12_uusien_paallysteiden_tasalaatuisuus_web.pdf?sequence=1&isAllowed=y [Viitattu 28.2.2022].

Väylävirasto, 2022c. Tien kunnan arviointi [verkkodokumentti]. Saatavissa: <https://vayla.fi/kunnossapito/tieverkon-kunnossapito/tien-kunnan-arviointi> [Viitattu 7.3.2022].

Willoughby, K., Mahoney, J., Pierce, L., Uhlmeier, J., Anderson, K., Read, S., Muench, S., Thompson, T. & Moore, R., 2001. Construction-related Asphalt Concrete Pavement Temperature Differentials and the Corresponding Density Differentials. Washington State Transportation Center (TRAC). [Viitattu 25.1.2022].

Ympäristöministeriö, 2013. Rakennustuotteiden CE-merkinnästä tulee pakollista 1.7.2013 [verkkodokumentti]. Saatavissa: <https://ym.fi/-/rakennustuotteiden-ce-merkinnasta-tulee-pakollista-1.7.2013> [Viitattu 23.2.2022].

