

Juho Heiskari

Päällystetyömaan tuotannonohjausjärjestelmät

Päällystetyömaan tuotannonohjausjärjestelmät

Juho Heiskari
Opinnäytetyö
Kevät 2019
Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma
Yhdyskuntatekniikka
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma, yhdyskuntatekniikka

Tekijä: Juho Heiskari

Opinnäytetyön nimi suomeksi: Päälystetyömaan tuotannonohjausjärjestelmät

Opinnäytetyön nimi englanniksi: Production Management of Paving Worksite

Työn ohjaaja(t): Juha Pohjola, Vesa Kallio

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2019

Sivumäärä: 32

Tuotannonohjaus rakennusalalla auttaa työn organisoimista sekä sujuvaa etenemistä. Onnistuessaan ne auttavat yrityksiä maksimoimaan tuottavuuden. Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia tuotannonohjausjärjestelmien käytön hyötyjä YIT Päälystykselle.

Jokainen päälystystyömaa on yksilöllinen, minkä vuoksi tässä työssä tutkittiin neljää eri järjestelmää: BPO asphaltia, Witosia, Smartsitea ja Aatoria. BPO asphalt -järjestelmää oli testattu käytännössä YIT:n työmaalla aiemmin. Testaustiedoista saatiin raportti, jota hyödynnettiin tätä opinnäytetyötä tehtäessä.

Opinnäytetyössä tehtyjen ohjelmistotestausten perusteella YIT päätyi BPO asphalt –tuotannonohjausjärjestelmään sen toimivuuden vuoksi. Järjestelmän tarkoitus on helpottaa ja selkeyttää työmaiden tiedonkulkua asfalttiaseman ja työmaan työntekijöiden sekä työnjohdon välillä. Jatkossa järjestelmää kehitetään edelleen yritykselle toimivaksi kokonaisuudeksi.

Asiasanat: tuotannonohjaus, päälystäminen, asfalttiasema

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Civil Engineering

Author: Juho Heiskari

Title of thesis: Production Management of Paving Worksite

Supervisor(s): Juha Pohjola, Vesa Kallio

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2019

Pages: 32

This thesis researches production management in paving industry. This thesis compared four different production management systems for YIT. The idea for these systems is to improve the communication between the site managers and the workers at a worksite as well as the workers at a mixing plant.

One of the systems YIT used was BPO asphalt system. The goal was to test the scheduling and planning for one particular worksite. Once the worksite was completed, it was possible to print the document from the system with the information concerning the work. The document is important for the company to archive the information for the future.

BPO asphalt system was the most advanced system YIT tested. The workability of communication in this system was the main reason YIT chose this system to develop production management.

Keywords: production management, paving, mixing plant

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	
ABSTRACT	
SISÄLLYS	
1 JOHDANTO	6
2 PÄÄLLYSTÄMINEN SUOMESSA	7
2.1 YIT	8
2.2 Suomen maanteiden korjausvelka	8
2.3 Päällystystyömaa	9
3 TUOTANNONOHJAUS	12
3.1 Kriittiset ongelmakohdat	12
3.2 Tuotannonohjausjärjestelmien tavoite	13
4 TUOTANNONOHJAUSJÄRJESTELMIÄ	14
4.1 BPO asphalt	14
4.2 Witos	15
4.3 Smartsite	17
4.4 Autori	17
5 BPO ASPHALT TYÖMAALLA	19
5.1 Valmistelu	20
5.2 Työnaikainen seuranta	23
5.3 Logistiikan suunnittelu	25
6 YHTEENVETO	28
LÄHTEET	

1 JOHDANTO

Tuotannonohjaus on edellytys päällystetyömaan sujuvalle etenemiselle sekä tuottavuudelle. Tuotannonohjausjärjestelmiä tarvitaan päällystystyömaalla erilaisten toimintojen, kuten aikataulutuksen sekä työmaaraportoinnin yhteensovittamiseen. Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan uusia tuotannonohjausjärjestelmiä, nimeltään BPO asphaltia, Witosia, Smartsitea ja Aatoria.

YIT on kokeillut monia eri järjestelmiä suurimmissa ELY-projekteissa aikaisempina vuosina. Kesällä 2018 Oulussa käytettiin BPO Asphalt -järjestelmää sekä aikataulutukseen että työmaaseurantaan Oritkarin sataman työmaalla. Tämän opinnäytetyön tietojen kokoamisessa hyödynnetään työmaalta saatua raporttia.

Päällystystyömaalla toimiva tuotannonohjausjärjestelmä laskee tarvittavan menekin asfalttimassalle sekä aikataulutuksen asfalttimassan tuottamiselle ja levittämiseksi, jotta logistiikansuunnittelu onnistuisi. Laskenta auttaa etenkin suurimmissa projekteissa, joissa asfalttimassaa tuotetaan ja tuodaan työmaille esimerkiksi kahdelta eri asfalttiasemalta. Aikataulutuksen suunnittelu toimivan järjestelmän avulla on helppoa ja loogista toteuttaa.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on luoda käsitys asfalttityömailla käytettävistä tuotannonohjausjärjestelmistä. YIT käyttää työtä tarvittaessa oppimateriaalina alalle siirtyville, joilla ei ole vielä kokemusta asfalttityömailta.

2 PÄÄLLYSTÄMINEN SUOMESSA

Valtion maanteitä on Suomessa 78 000 km, joista päällystetty on reilu 50 000 kilometriä. Teiden hoitamisella sekä päällysteen paikkaamisella ja korjaamisella suojataan myös päällysteen alla olevia rakennekerroksia. (1.)

Asfaltti on päällysteenä kestävä ja helppohoitoinen. Sideainepitoisuuksia sekä kiviaineksen rakeisuutta muuttamalla asfaltista saadaan eri käyttökohteisiin taroitettua asfalttimassaa. Suomessa yleisimpiä asfalttityyppejä on yhdeksän. Näistä jokaisella on oma käyttötarkoituksensa. (2.)

Suomessa yleisin kulutuskerroksena käytetty asfalttimassa on asfalttibetoni (AB). Sitä käytetään paikkauskohteisiin, kevyenliikenteenväylillä sekä päällystetyillä liikennealueilla lukuun ottamatta vilkkaimmin liikennöityjä teitä. Kantavan kerroksen asfalttibetonin (ABK) tehtävä on ottaa kulutuskerroksen kuormituksia vastaan sekä jakaa se tasaisesti pohjamaalle. Kantava asfalttibetoni on karkearakeisempaa kuin kulutuskerros, joten se lisää hyvin rakenteen kantavuutta. Sidekerroksen asfalttibetonia (ABS) käytetään kulutuskerroksen sekä kantavan kerroksen välissä teillä, joilla on suuret kuormitukset sekä runsas liikenne. Sidekerroksen tehtävä on viedä kuormitukset kulutuskerroksesta kantavaan kerrokseen sekä tehdä rakenteesta kestävä ja jäykkä. Kivimastikiasfalttia (SMA) käytetään sen korkealuokkaisen kiviaineksen vuoksi runsaasti liikennöidyillä teillä. Kivimastikiasfaltti kestää nastarengaskulutusta paremmin kuin muut asfalttilaadut. (2.)

Tiivis asfalttibetoni (ABT) on vesitiivis sen erittäin pienen tyhjätilan ansiosta. Tätä asfalttilaata käytetään muun muassa paikoissa, joissa erilaisia haitta-aineita on mahdollisuus päästä maaperään. Avoin asfaltti (AA) on hyvin vettä läpäisevää ja sitä käytetään muun muassa kivetyksien alla paikoissa, jossa pintavesiä ei voida johtaa viemäriverkostoon. Tällöin rakenteen kuivatus on oltava kunnossa. Valuasfaltti (VA) on pääasiassa paikkausmassa, joka on käsin levitettävissä eikä sitä tarvitse tiivistää erikseen. Kaikilla asfalttituotteilla tulee olla CE-merkintä. (2.)

2.1 YIT

YIT:n liiketoimintaan kuuluu asuinrakennusten rakentaminen sekä myyminen, toimitilojen rakentaminen, infrapalvelut, korjausrakentaminen, päällystystoiminta sekä kiviainestoitinta. Yritys toimii 11 eri maassa ja siellä työskentelee noin 10 000 työntekijää. Yhdistyminen Lemminkäinen Oy:n kanssa helmikuussa 2018 nosti yrityksen liikevaihdon yli 3,8 miljardiin euroon. Yritys on toiminut yli 100 vuotta ja se on suurin Suomessa toimiva rakennusyhtiö. (3.)

YIT Päällystys toimii pohjoismaissa sekä Suomessa yhtenä suurimmista päällystykseen ammattilaisista. Kokonaisuudessaan vuonna 2018 YIT Päällystys päällysti yhteensä yli 6,2 miljoonaa tonnia asfalttia. Suomen osuus oli tästä noin puolet eli reilu 3 miljoonaa tonnia. YIT saavutti myös vuonna 2017 yli 3 miljoonan tonnin päällystykseen rajan Suomessa. YIT Päällystykseen osuus koko Suomen päällystämistä on noin 50 %. (4.)

2.2 Suomen maanteiden korjausvelka

Suomen tiestön korjausvelka on 2,5 miljardia euroa. Korjausvelka tarkoittaa rahsummaa, jolla saadaan tiet, radat ja vesiväylät hyvään kuntoon. Tiestön huonokuntoisuus vaikuttaa suurilta osin matka-aikoihin ja liikenneturvallisuuteen. Vuonna 2019 hallitus myönsi 49 miljoonaa euroa teiden talvikunnossapidon sekä liikenneturvallisuuden kehittämiseen. Yksityistieavustuksiin myös lisättiin 4 miljoonaa, jolloin sen kokonaismääräraha nousi 17 miljoonaan euroon. (5.)

13 % Suomen tieverkon päällystetyistä maanteistä on huonokuntoisia, mikä vastaa yli 7 000 km huonokuntoisia päällystettyjä maanteitä. Suomen sorateistä 10 % on huonokuntoisia ja kevyenliikenteenväylyistä huonokuntoisia on 14 %. Lisäksi yleisillä teillä on 630 huonokuntoista siltaa. Korjausvelan on arvioitu nykyrahoituksella kasvavan vuoteen 2023 mennessä 1 300 miljoonaan euroon. Vuosille 2016-2018 hallitus myönsi 600 miljoonan euron lisärahoituksen, mikä pysäytti korjausvelan suurenemisen hetkellisesti. Tiestöjen korjausvelka on 2,5 miljardia euroa, joka vastaa noin 450 euroa jokaista suomalaista kohden. (6.)

Vuonna 2018 päällystysmäärät jäivät 2 200 kilometriin. Määrä on pienempi kuin se oli ennen korjausvelkaohjelmaa vuodelta 2015. Korjausvelan lyhentämiseksi tarvittaisiin 3 500-4 000 kilometrin päällystyspituutta vuosittain. (7.)

Tiestön ylläpitoon (päällysteet ja tiemerkinnot) on vuosina 2007-2018 käytetty 120-140 miljoonaa euroa vuosittain. Hallituksen myöntämällä lisärahoituksella vuosille 2016-2018 ei saatu parannettua olennaisesti tiestön kuntoa, mutta korjausvelan kasvu saatiin pysäytettyä. Kesällä tehdyn tienkäyttäjätyytyväisyyskyselytutkimuksen mukaan maanteiden tilaan ja kuntoon oli tyytymättömiä 38 %, kun taas vuonna 2010 tyytymättömiä oli vain 10 % yksityishenkilöistä. (8.)

2.3 Päällystystyömaa

Asfalttituotannossa pyritään pitämään asfalttimassan valmistus ja työmaat mahdollisimman lähellä toisiaan. Tämän vuoksi jo asfalttiaseman paikan valitseminen vaikuttaa taloudellisesti urakan lopputulokseen. Asfalttiaseman tulisi sijaita mahdollisimman lähellä kiviaineslouhosta, jossa asfalttikiviainekset tuotetaan. Näin pyritään vähentämään kuljetuksien aiheuttamia kustannuksia sekä päästöjä. Päällystämässä tärkeää on, ettei asfalttimassa ehdi jäähtyä liikaa kuljetuksen aikana asemalta työmaalle. Tämän vuoksi asfalttiasemia rakennetaan tiheään. Asfalttituotannossa käytetään myös siirrettäviä asfalttiasemia eli moduuliasemia. (9.)

Asfalttia voidaan levittää niin murskeen kuin vanhan päällysteenkin päälle. Tärkeintä on, että asfaltinpohjatyöt on suoritettu oikeaoppisesti, jotta se ei vaikuta päällysteen kestävyys- ja tasaisuuteen. Vanhan päällysteen päälle asfaltoitaessa pinta jyrksitään tarvittaessa jyrksimellä riittävän tasaisen päällystyspohjan aikaansaamiseksi. Tästä saatava jyrsinrouhe kuljetetaan oikeaan varastointipaikkaan lähelle asfalttiasemaa ja sitä käytetään uusioasfalttiin. Uusioasfaltin käyttö säästää luonnon kiviainesta ja käytettävän bitumin määrää. Kuljetustarpeiden vähentyessä energiankulutus ja kokonaispäästötkin vähenevät. (10.)

Kiviainesten varastointi on tehtävä huolellisesti, jotta kiviaines ei lajitu. Kiviaines varastoidaan asfalttiasemilla kerroksittain metrin vahvuisiin kerroksiin, kuitenkin ettei kokonaiskorkeus ylitä kolmea metriä. Päällekkäin varastoinneissa tulee olla

porrastus toisiinsa nähden noin puolen metrin päässä. Kuormaajan purkaessa kiviainesta varastokasasta syöttölaitteeseen tulisi kiviainesta pystyä ottamaan tasaisesti useammasta kiviaineskerroksesta. (11, linkit Raaka-aineet.)

Syöttölaite ohjaa kiviaineksen kuivausrumpuun. Kuivausrumpu on pyörivä ja alaspäin vietävä rumpu, jonka päässä on poltin. Kiviaines pyörii rummussa olevien nostokourujen avulla, jolloin se lämpiää tasaisesti. Kiviainekseen lisätään täytejauheet, lisäaineet sekä sideaineet ja sekoitetaan, minkä jälkeen massa puretaan välivarastoon kuumamassasiiloon tai suoraan auton lavalle. (11, linkit Raaka-aineet.)

Logistiikan tulee olla oikein suunniteltu. Kuljetuskaluston lavojen tulee olla pyöristettyjä lajittuman ehkäisemiseksi, lisäksi niiden turvalaitteiden tulee olla kunnossa. Kalustoa tulee olla riittävä määrä työkohdetta kohden, ettei levitysryhmä joutuisi odottamaan ja levitin pysähtymään, mikä voisi aiheuttaa ongelmia asfaltoidun pinnan laatuun. Kuljetuksen aikana asfalttimassa tulee peittää, mikäli se voi jäähtyä liikaa. Kuormaa purkaessa massa-auto ei saa tönäistä levittäjää vaan se tulee peruttaa varovaisesti levittäjän edustaan. Massa-auton lava tulee puhdistaa, kun purkutyö on suoritettu ja asfalttimassa on vielä lämmintä. (11, linkit Kuljetus.)

Levitystyö tehdään levittäjällä. Levittäjä on periaatteessa traktori, jonka takaosassa sijaitsee palkki. Palkin kiinnitys on toteutettu aisalla traktoriosan rungon puoliväliin ja se tekee itse levitystyön. Traktori sisältää kaiken muun, kuten sähköjärjestelmät ja ohjauslaitteiston. Levittäjiä on niin pyöräalustaisia kuin tela-alustaisia. (11, linkit Levitys.)

Ennen levitystyön aloittamista on varmistuttava levitettävän pinnan puhtaudesta, tasaisuudesta sekä tarvittaessa liimauksesta. Mikäli päällystetään vanhan asfaltin päälle, tulee pinta liimata bitumiemulsiolla kiinni vanhaan asfalttiin. Levittäjän palkki tulee lämmittää asfalttimassan kanssa suunnilleen saman lämpöiseksi ennen levittämisen aloittamista. Lähdössä voidaan käyttää lähtökapuloita apuna oikean levityskorkeuden säätämiseksi. Levittäjän kuljettua muutaman metrin tulee varmistua asfalttilaatan paksuudesta. Hyvä lopputulos saavutetaan, kun levittäjän ei tarvitse pysähtyä levitystyön aikana. (11, linkit Levitys.)

Levitettäessä useampia kerroksia tulee pitkittäissaumat limittää vähintään 15 cm alempien kerrosten saumasta. Levitystyössä jo tiivistetyn kaistan viereen levittäminen on limitettävä noin 10 cm vanhan päälle ja leveys on pidettävä samana koko levitysmatkan aikana. (11, linkit Levitys.)

Asfalttimassan tiivistyksestä vastaa jyräkuljettaja. Jyräkuljettajalla, työmaan esimiehellä sekä hänen esimiehellään on ensisijainen vastuu tiivistystyön tuloksesta. Erilaisissa työkohteissa käytetään toiminnaltaan sekä suuruusluokaltaan sopivia jyriä. Asfaltinjyräyksen voi luokitella kolmeen eri työvaiheeseen. Näistä ensimmäinen on esijyräys, jossa tarkoituksena on saada asfaltin pinta ns. kiinni, jottei asfaltti ehdi jäähtymään liikaa. Toisen vaiheen tavoitteena on itse tiivistäminen. Tiivistysjyräyksen tavoitteena on saada asfaltin tyhjätila mahdollisimman vähäiseksi ja itse päällyste tarpeeksi tiiviiksi. Viimeisenä vaiheena on jälkijyräys, jossa pyritään poistamaan mahdollisia jyrän valssin jälkiä, joita on voinut tulla päällysteeseen jyrätessä. Jokaiselle jyräysvaiheelle on ohjeissa kerrottu pääsääntöinen jyräystapa. Esijyräyksen sekä jälkijyräyksen aikana ei ole tarkoitus käyttää valssin täryä lainkaan. (11, linkit Tiivistys.)

Päällysteen tiiveyttä mitataan tyhjätilamittauksilla, joilla varmistetaan pinnan tiiveys sekä päällysteen laatu. Tyhjätila tarkoittaa ilmahuokosten osuutta päällysteen tilavuudesta ja se määritetään asfalttinormien mukaisesti. Tyhjätilamittauksen tuloksia hyödynnetään laadunvalvonnassa uusien päällysteiden osalta sekä vanhojen päällysteiden kunnon tarkastuksessa. Samalla saadaan tietoon päällysteen paksuus sekä rakenteessa mahdollisesti sijaitsevan teräsverkon sijainti. Tyhjätilamittaus voidaan suorittaa maatutkalla tai ottamalla porapaloja asfaltista. Porapaloista tyhjätila mitataan laboratoriomenetelmin. Maatutka lähettää sähkömagneettisen pulssin tierakenteeseen. Tämän avulla voidaan laskea tierakenteen kerrosten dielektrisyys, josta päätellään päällysteen tyhjätila. (12.)

3 TUOTANNONOHJAUS

Työmaiden aikataulutukset on tärkeä edellytys onnistuneelle hankkeelle tai projektille. Suunnittelu alkaa osittain jo tarjousvaiheessa, jolloin alustavat aikataulutukset työmaille suunnitellaan. Työmaiden aikataulutukset kootaan yleensä viikko-kohtaisesti, jossa työtehtävät sekä työmaiden vaiheet on eritelty päiväkohtaisesti. Hyvän aikataulutuksen tavoitteena on poistaa turhaa odottelua sekä parantaa tuottavuutta. Haasteena tässä on useiden aliurakoitsijoiden koordinointi työmaalla. (13.)

Työmaa kokonaisuudessaan tulee osata arvioida asiakkaan lähtökohdat huomioiden. Työmaaseuranta on tärkeää, koska jokainen työmaa on erilainen. Tavoitteena on osata varautua yllättäviin muutoksiin, mikä helpottuu kokemuksen myötä. Esimerkiksi mahdollisiin koneiden huoltoihin tulee varautua ja työmaan keskeytyessä tulee olla varalla työmaa, johon voidaan siirtyä. Työnjohdon käynnit työmaalla sekä tietämys työn etenemisestä edistävät työn sujuvaa etenemistä. (14.)

3.1 Kriittiset ongelmakohdat

Asfalttimassan tuottaminen on yksi kriittisimmistä tekijöistä, koska maksimikapasiteetti koneasemilla on rajoitettua. Koneasemasta riippumatta asfalttimassan tuottaminen onnistuu kerralla vain tiettyyn massamäärään sekä massalaatuun asti. Tämän vuoksi suunnittelun lähtökohtana toimii koneaseman maksimikapasiteetti sekä arvo, kuinka paljon se voi tuottaa massaa. Aika-ajoin on hyvä porrastaa asfaltin tuottamista esimerkiksi päivä- ja yövuoroon, jotta tuottavuuden maksimointi saavutetaan. Asfaltoitavan työmaan ollessa suurikokoinen pyritään asfalttimassa valmistamaan ja kuljettamaan työmaalle kahdelta eri asemalta. (14.)

Logistiikka on myös tärkeässä osassa työmaan sujuvuuden sekä laadun kannalta. Massa-autojen tulee olla oikeanlaisia sekä -kokoisia kuljettamaan asfalttimassaa työmaalle. Suunnittelussa tulee huomioida massan tarve työmaalla kaikine työosineen, jotta turha odottelu työmaalla voitaisiin ehkäistä. On huomioitava myös esimerkiksi liikenneneruuhkien vaikutus massan viivästymiseen. (14.)

Pohjatöiden sekä asfalttistöiden aikataulutuksellinen suunnittelu on tärkeää, etteivät nämä työt estä eivätkä hidasta toisiaan. Suuremmilla työmailla asfaltointi voidaan aloittaa, vaikka pohjatyöt olisivat kesken. Edellytyksenä on molempien työryhmien kitkattoman työskentelyn jatkuminen. Ongelmia voi aiheuttaa myös työmaakoneiden tai koneaseman rikkoutuminen, jolloin työ on luonnollisesti keskeytettävä. (14.)

3.2 Tuotannonohjausjärjestelmien tavoite

Tuotannonohjaus on tärkeää työn sujuvan etenemisen sekä tuottavuuden kannalta. Työn tekemistä helpottaa, kun kaikki tarpeellinen tieto työmaita varten löytyy yhden järjestelmän alta. Tarkoituksena on saada työmaiden aikataulutukset selkeäksi kokonaisuudeksi, jotta työn suunnittelu onnistuu. Etukäteissuunnittelun avulla levityskapasiteetti saadaan maksimoitua. (14.)

Tuotannonohjaus on jo arkipäivää työmailla. Tuotannonohjauksen tavoitteena on estää viivästyksiä aiheuttavat virheet jo ennen niiden syntymistä ja siten parantaa työn tuottavuutta. Pienemmillä työmailla ongelmat pystytään hyvin ennakoimaan ja ehkäisemään. Tuotannonohjausjärjestelmien sekä eri ohjelmistojen tarkoituksena on helpottaa sekä selkeyttää suuremmille työmaille tehtävää tuotannonohjausta. Myös tiedonkulku työmaalta työnsuunnittelijalle helpottuu ohjelmistoja käyttäen. (14.)

Järjestelmän tulisi tuottaa helposti luettava sekä ymmärrettävä raportti työmaalta saaduista tiedoista. Tämä raportti kävisi hyvin loppumittauspöytäkirjana työmaasta sekä siihen sisältyvien tietojen perusteella voisi laskutus tapahtua helpommin. Raportti kävisi sellaisenaan niin urakoitsijalle kuin tilaajallekin tositteena tehdystä työstä. (14.)

4 TUOTANNONOHJAUSJÄRJESTELMIÄ

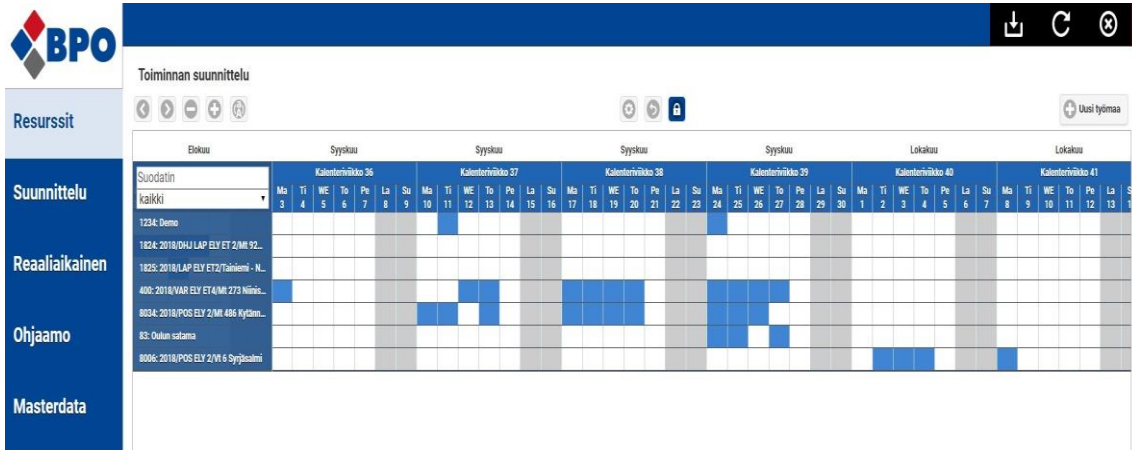
YIT oli kehitellyt eri tuotannonohjausjärjestelmiä jo noin kymmenen vuoden ajan. YIT halusi kuitenkin tarkempaa päivä- ja urakkakohtaista suunnittelua ja alkoi siksi vuonna 2017 testaamaan ja kehittämään eri ohjelmistoja sekä niiden järjestelmiä. Tiedonkulun parantaminen sekä työn suunnitelmallisuuden kehittäminen ohjelmistojen avulla oli päällimmäinen syy, miksi järjestelmiä lähdettiin kehittämään. (4.)

Perinteisten tuotannonohjausjärjestelmien lisäksi opinnäytetyön luvuissa 4.1-4.4 on tarkasteltu neljää eri kehittyneempää tuotannonohjausjärjestelmää: Bpo asphalt, Witos, Smartsite, Autori.

4.1 BPO asphalt

BPO Asphalt on Volz Consulting GmbH:n kehittämä tuotannonohjausjärjestelmä, joka on Saksassa käytössä jo joka kolmannella päällystystyömaalla. Sitä on käytetty Saksassa suurimpien moottoritiehankkeiden tuotannonohjauksessa. BPO Asphalt -lisenssejä on myyty 12 eri maahan 60 kappaletta ja sitä käytetään maailmanlaajuisesti yhteensä yli 40 miljoonan tonnin suuruisen asfalttimassan levi-tykseen vuosittain. (15.)

Myös aikataulut onnistuu BPO asphalt -järjestelmän avulla. Kuvassa 1 on havainnollistettu työmaiden suunnittelua. Toiminnan suunnittelu -työkalulla voi luoda työmaita. Tämä tarkoittaa, että työmaat kohdennetaan tietyille aliurakoitsijalle tai työryhmälle ja työ aikataulutetaan. (15.)



KUVA 1. Viikkokohtainen suunnittelu BPO asphalt -järjestelmällä

Suomessa YIT on kokeillut BPO asphalt –järjestelmää suurimmissa ELY:n projekteissa sekä pienimmissä pilottihankkeissa. Järjestelmän tarkoituksena on luoda työmaa järjestelmään, seurata sen etenemistä reaaliajassa sekä tuottaa raportti ja laatudokumentti tehdystä työstä. (4.)

YIT:n testatessa sekä kehittäessä ohjelmistoja BPO asphalt -järjestelmä vastasi suoraan työn suunnitteluun liittyviin ongelmiin, joihin YIT oli törmännyt. YIT:ssä pidettiin erityisesti hyvänä järjestelmän laiteriippumattomuutta. Järjestelmä oli testaushetkellä kehittynein sekä eniten käytössä ympäri maailman. (4.)

4.2 Witos

Witos on kattava tuotannonohjausjärjestelmä. Witoksen avulla koko päällystysprosessia voidaan seurata reaaliaikaisesti ja laiteriippuvuuden vuoksi siitä saadaan automaattisesti tarkkaa tietoa koneisiin asennettavista sensoreista. Witosjärjestelmään kuuluu viisi eri osaa, jonka avulla työn seuraaminen onnistuu. (4.)

Witos Paving Control -sovellus on yksi osa kokonaisuutta ja se toimii selaimella. Tällä työkalulla voidaan hoitaa työmaan suunnittelu, aikataulutus sekä kaluston jako työmaille. (16.)

Witos Paving Materials on suunniteltu käytettäväksi koneasemalla. Tehdyn suunnitelman perusteella sovellus näyttää massa-autojen lähtö- ja tuloajat. Pa-

ving Materials -sovelluksen avulla voi ilmoittaa työmaalle reaaliaikaisesti mahdollisista häiriöistä sekä odotuksista, jotka johtuvat koneaseman tai autoilijoihin liittyvistä ongelmista. (16.)

Witos Paving Transport on massa-autojen kuljettajille tarkoitettu sovellus. Tästä näkee helposti työmaan sekä koneaseman sijainnin ja se päivittää järjestelmään automaattisesti GPS-paikantimen avulla saapumisajat. (16.)

Witos Paving JobSite -sovellus tarkoitettu työmaakäyttöön. Se kuvaa reaaliaikaisesti ajankohtaista työmaan edistymistä matkoineen ja aikoineen sekä massameneekin. Sovelluksen avulla työryhmä näkee, kuinka tiheään autoilijoita on matkalla työmaalle, mikä helpottaa työnsuunnittelua sekä toteutusta niin työmaalla kuin koneasemallakin. Myös lämpökamerakuvaa on mahdollista tarkkailla levittäjästä reaaliaikaisesti sekä jälkeenpäin työmaalta saadusta raportista. (16.)

Witos Paving Analysis -sovelluksen avulla saadaan valmiista työmaasta kattava dokumentti, joka sisältää levittimen käyttöasteen, mahdolliset odotukset, massojen purkukohdat sekä työmaakustannukset. (16.)

Witos-tuotannonohjausjärjestelmästä saadaan tieto massojen laadusta sekä siitä, kuinka paljon ja minne massaa on päällystetty. Myös ennakoiva työskentely onnistuu, kun massa-autojen ajankohtainen sijainti tiedetään. Kehitettävää järjestelmässä on levittäjän sijainti, sillä tällä hetkellä se ei ole tarkka, mikä vaikuttaa massamenekeissä ja tuotantoluvuissa. Järjestelmäintegraatioilla tiedonsiirto muihin järjestelmiin ei ole mahdollista. (16.)

Koekäytössä Witos osoittautui työn tarkkaan suunnitteluun liian karkeaksi järjestelmäksi. Järjestelmä oli myös kallis hankittavaksi, sillä ohjelmointi onnistui vain konekohtaisesti. Järjestelmä on Saksassa kehitetty ja Witoksella on kohtuu suppea asiakaskunta. (4.)

4.3 Smartsite

SmartSite on työnohjausjärjestelmä, jolla saadaan huomioon ympäristö, työkohteet sekä työkalut. Järjestelmä näyttää automaattisesti työn kulun reaaliaikaisesti kaikille, jotka käyttävät ohjelmaa tietyllä työmaalla. Tämäkin järjestelmä helpottaa ja nopeuttaa päällystysprosessia sekä lisää tuottavuutta. (17.)

Smartsite osoittautui koekäytössä liian suppeaksi järjestelmäksi. Järjestelmä oli vasta konseptitasolla. Smartsite on lähtöisin Saksasta, mutta sitä on alkanut kehittämään japanilainen yritys Topcon. (4.)

4.4 Autori

Entinen Tietomekka kantaa nykyään nimeä Autori. Palvelu on perustettu vuonna 1988, sen tarkoituksena on tarjota asiakkailleen tietopalveluja sekä erinäisiä ohjelmia heidän tarpeidensa mukaan. Asiakaskuntaan kuuluvat viranomaiset, urakoitsijat sekä konsultit. Autoria tuetaan myös Euroopan aluekehitysrahaston avulla, mikä mahdollistaa palvelun kehittämisen parhaalla mahdollisella tavalla uusimman teknologian mukaan suoraan asiakkaalle. Autori-palvelu on sidottu tietorekisterin osoitetietojärjestelmään. (18.)

Autori-järjestelmän tarkoituksena on parantaa ja automatisoida tiedonvälitystä turhan työn minimoimiseksi. Järjestelmä toimii niin selaimella kuin mobiililaitteellakin. Tiedonsiirto myös muihin järjestelmiin on mahdollista. (18.)

YIT käyttää Autori-järjestelmää muun muassa työmaidensa ajankohtaisten tietojen keräämiseen. Järjestelmä sisältää karttapohjan, johon voi lisätä työmaita sekä niiden tiedot samaan paikkaan. Tämä tieto on nähtävillä niin työsuunnittelijoille kuin työsuorittajillekin. Kun työmaalla on jokin työvaihe saatu suoritettua, voidaan se merkata järjestelmään tehdyksi. Tämä helpottaa aikataulutuksen suunnittelua sekä pitää ajankohtaisen tiedon työmaalta helposti nähtävillä kaikille osapuolille. Kuvassa 2 näkyy YIT:llä käytössä olevan Autori-järjestelmän etusivu sekä vasemmalla nähdään mahdollisuudet, mitä tällä työkalulla voidaan suorittaa. (18.)



PAIKKAUSURAKAN TIETOPALVELU

Tiedot

Paikkauskortit
Työmaamerkit
Massakasat
Asfalttimittari
Asfalttimittari (työmaa)
Aliurakoitsijan päivälista
Viikkopalaverit
Listavalintojen ylläpito
Yksikköhinnat
Vastuuhenkilöt

Tukitoiminnot

Liikennemerkkirjasto

Tervetuloa paikkausurakointia tukevaan tietopalveluun

Tietopalvelu sijaitsee autori.fi -internetpalvelun alaisuudessa. Palvelu tarjoaa työkaluja toiminnan tehostamiseen ja tiedon jakamiseen.

Palvelua suositellaan käytettävän uusimmilla Mozilla Firefox tai Google Chrome selaimilla

Tietopalvelun tavoitteena on:

- tukea organisaation toimintamallia,
- edistää yhtenäisten toimintatapojen muodostumista,
- avustaa joustavan ja tehokkaan yhteistyömallin muodostumista sidosryhmien kanssa ja ELY:n sisällä,
- tukea joustavasti loppukäyttäjiä sähköisessä toiminnassa.

Lisäohjeita palvelun käytöstä:

Hakusivujen käyttö
Karttaikkunan toiminnot
Korttisivun toiminnot
Karttanäkymien jakaminen

KUVA 2. Autorin yleisnäkymä (18)

5 BPO ASPHALT TYÖMAALLA

Vuonna 2017 YIT kokeili päällystystyömailla eri järjestelmiä tuotannonohjaukseen. Monia ohjelmistojen testausten jälkeen YIT päätyi BPO Asphalt -järjestelmään. Kaudella 2018 YIT testasi eri työryhmillä BPO Asphalt -järjestelmää erilaisissa hankkeissa ympäri Suomea. (4.)

BPO asphalt -järjestelmää testattiin valtion työmailla Iisalmessa, Lapissa sekä Satakunnassa. Iisalmessa järjestelmää käytettiin 6 eri työmaalla. Työt olivat hajallaan toisistaan, mutta tiestöä tuli päällystettyä kuitenkin 63,5 kilometriä ja se sisälsi noin 50 000 tonnia asfalttimassaa. Lapissa työmaa sisälsi erilaisia rakenteenparantamistöitä aina Alaniemestä Taiminiemeen saakka. (19.)

Järjestelmä otettiin hyvin vastaan jokaisella paikkakunnalla. Mielenkiintoa riitti ohjelmistoa kohtaan ja sen käyttäminen toi yritykselle arvokasta käyttökokemusta BPO:sta. Lämpökameraa käytettiin myös levittäjässä työmailla, ja Oulussa saatiin grafiikka myös automaattisesti järjestelmään. Kamerasta saadaan lämpötiladataa juuri päällystetystä massasta. Oulussa BPO:ta testattiin Oritkarin sataman työmaalla työmaan valmistelusta ja suunnittelusta aina raportointiin asti. (19.)

Port of Oulu

YIT:n kehittämässä Heavy Duty pavement -rakenteessa on kolme asfalttikerrosta. Pohja-asfalttikerros on luotu kestämään venymiä, lisäksi se on joustava. Keskikerros on jäykkärakenteinen ja pintalaatat ovat kulutuksen sekä säänkestäviä. Sidekerroksen lisääminen päällysteeseen lisää kantavuutta. Sataman päällystämisen on otettava huomioon staattisia sekä dynaamisia kuormia, jotka aiheutuvat varastoitavista materiaaleista. Mitoittavina osatekijöinä on rakenteen kantavuusvaatimukset. Rakenteen kriittisen kestoiän varmistava ominaisuus on kuormituskestävyys, joka voidaan laadunvalvonnassa varmistaa kantavuusmitauksilla. Kuvassa 3 näkyy Oritkarin sataman työmaa-alue. (20.)

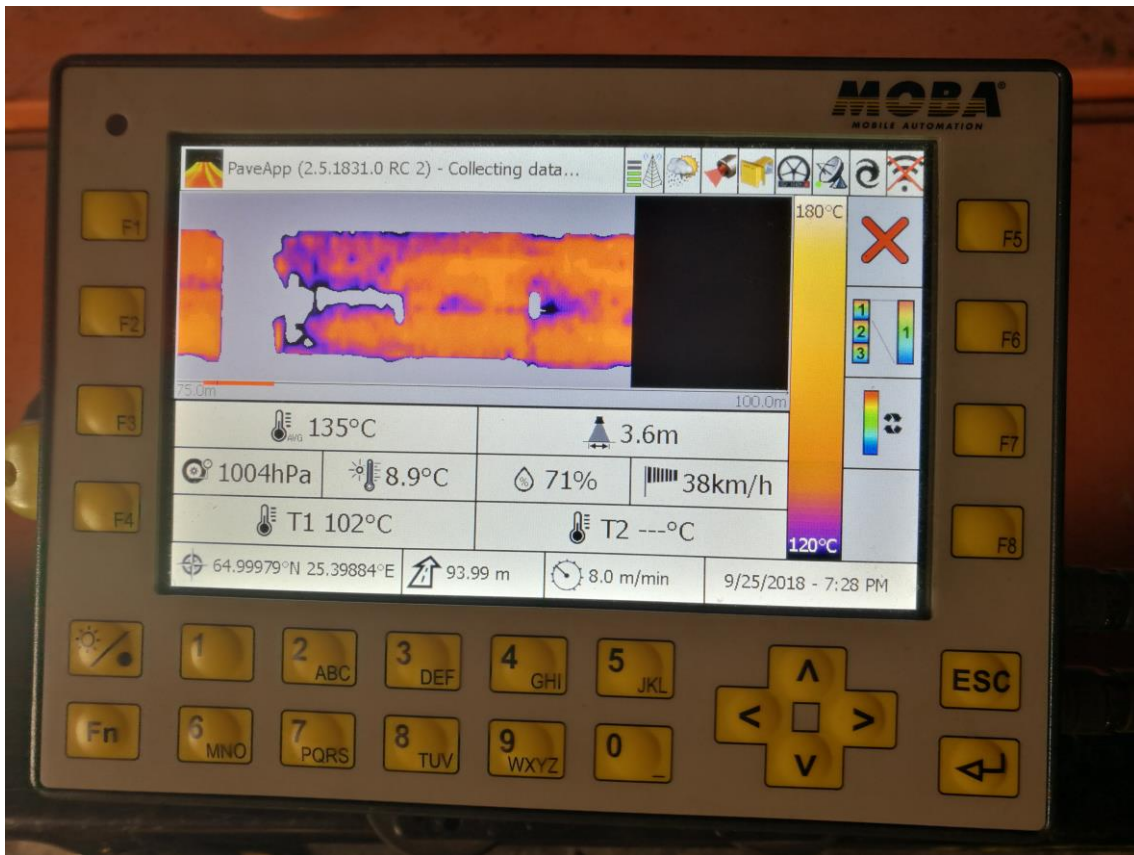


KUVA 3. Oritkarin satama

Oritkarin sataman työmaan laajuus oli noin 10 000 m² ja työmaa oli yksi nelikulmainen kenttä. Työmaa toteutettiin neljänä työpäivänä (kolme yövuoroa, yksi päivävuoro). Asfaltoitaessa levitettiin pohjamassa, jonka laatu oli ABK32 ja vahvuutena oli 250 kg/m². Tämä vastaa noin 10 cm:n paksuista asfalttilaattaa. Pintamassa oli AB22 ja vahvuutena 125 kg/m², joka vastaa noin 5 cm:n vahvuista laattaa. (21.)

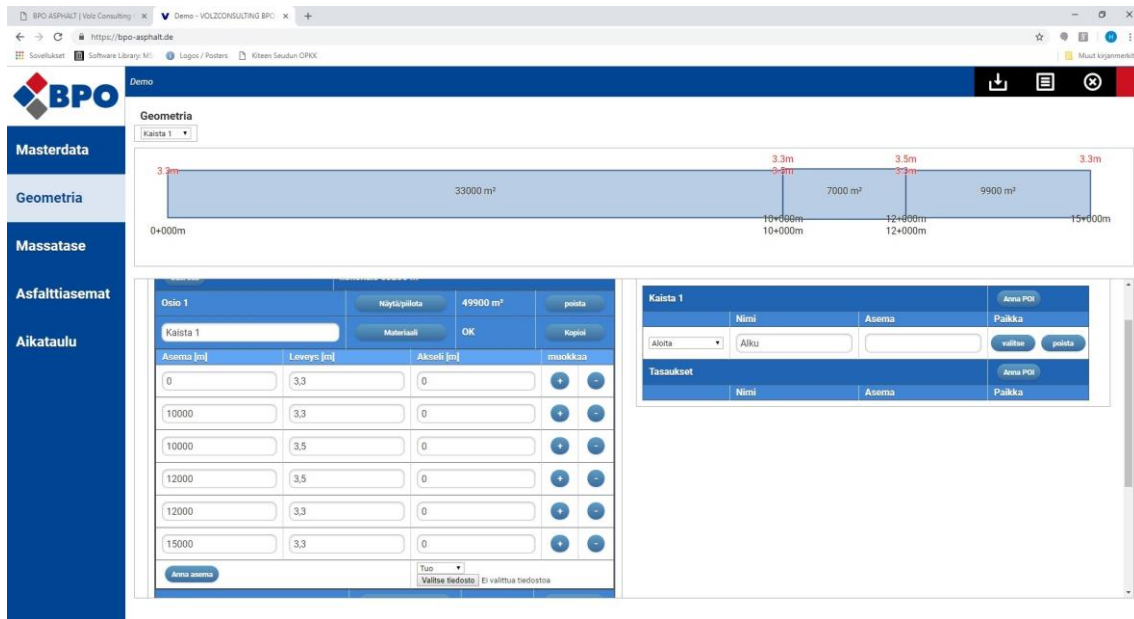
5.1 Valmistelu

Oritkarissa BPO asphalt -järjestelmän käynnistäminen työmaalle vaati levittäjään sähkötöitä, mikä vei noin neljä tuntia. Paikantimen liittäminen levittimeen oli välttämätöntä asfalttimassan menekin sekä levitetyn matkan laskemiseen. Lämpökamera asennettiin levittäjän katolle kuvaamaan tuoreen asfalttimassan lämpötilaa. Lämpökameran avulla saadaan tieto, jos massa ei ole tasalämpöistä. Syynä lämpötilaeroihin voivat olla erilaiset massa-autot, mahdolliset konerikot sekä mahdolliset viivästykset niin työmaalla kuin koneasemalla. Suuret lämpötilavaihtelut vaikuttavat asfaltoidun kentän laatuun negatiivisesti. Kuvassa 4 näkyy työn aikaista lämpökamerakuvaa. (21.)



KUVA 4. Lämpökamerakuvaa juuri levitetyn päällysteen pintalämpötilasta

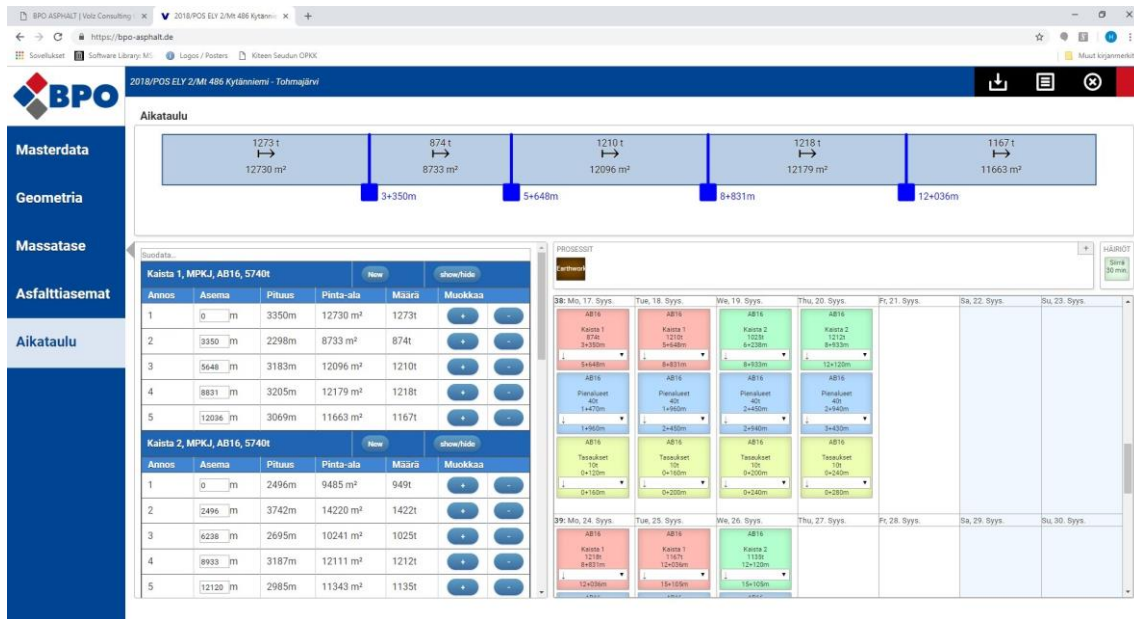
BPO-järjestelmän etuna on se, että jokaiselle yksittäiselle työmaalle voidaan luoda monta päällystettävää kohdetta. Tällöin tulosten seuraaminen on yksityiskohtaisempaa ja raportin tulokset vastaavat todellisuutta. Kuvassa 5 näkyy työmaan geometrian suunnittelua sekä työmaan jako kolmeen eri päällystysalueeseen. (21.)



KUVA 5. Työmaan suunnittelu

Seuraava vaihe oli asfalttiaseman määrittely, johon vaadittiin aseman tiedot, sijainti sekä yhteyshenkilöt ja -tiedot. Asema voi olla kiinteä tai siirrettävä moduuliasema. (21.)

Työmaanaikataulus oli viimeinen vaihe työmaan luonnissa järjestelmään. Työmaa suunniteltiin haluttuun aikatauluun, jolloin tiedettiin massamäärät, jotka tulisi päällystä tietynä ajankohtana. Työmaa-alueen massamäärät jaettiin työpäiville haluttuine määrineen ja toimenpiteet sijoitettiin oikeille päiville. Kuvassa 6 näkyy yhden työmaan aikataulus massamäärineen sekä -laatuineen. (21.)



KUVA 6. Yksittäisen työmaan aikataulutus

5.2 Työnaikainen seuranta

Koneasemalla oli käytössä yksi tabletti, jossa oli tiedot työmaasta. Koneaseman henkilöstön työ tässä vaiheessa oli syöttää oikea tonnimäärä ja massanlaatu jokaiselle autolle. Kun massa tuotiin työmaalle, työmaalla olevasta tabletista näkyi suoraan, mikä auto toi massaa, kuinka paljon sitä tuotiin ja mikä oli massan laatu. Koneasemalta lähtiessään auto kuitattiin lastatuksi, jolloin järjestelmään tuli tieto, että massa-auto oli liikkeellä työmaata kohti. (21.)

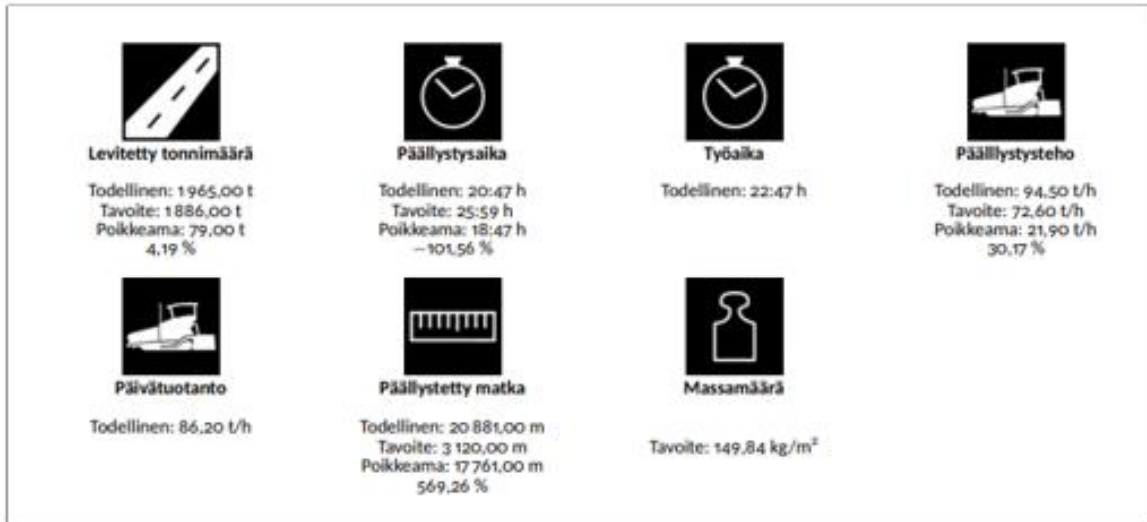
Auton saavuttua työmaalle massa kuitattiin vastaanotetuksi ja kuorman purkamisen alkoi näin myös järjestelmässä. Työmatietojen tapahtumien oikein tehdyn kuittauksen jälkeen saatiin tarkat tiedot mm. autoilijoista, massan laadusta, mahdollisista odotuksista ja häiriöistä. Nämä tiedot näkyivät raportissa, joka saatiin työmaan valmistuttua. Työmaan tilannetta sekä autojen sijaintia pystyttiin seuraamaan reaaliajassa, jolloin oli helpompi varautua mahdollisiin häiriöihin. Taulukosta 1 havaitaan raportin tiedot autoilijoista. (21.)

TAULUKKO 1. Tiedot autoilijoista, asfalttimassasta sekä viety massamäärä tonneissa

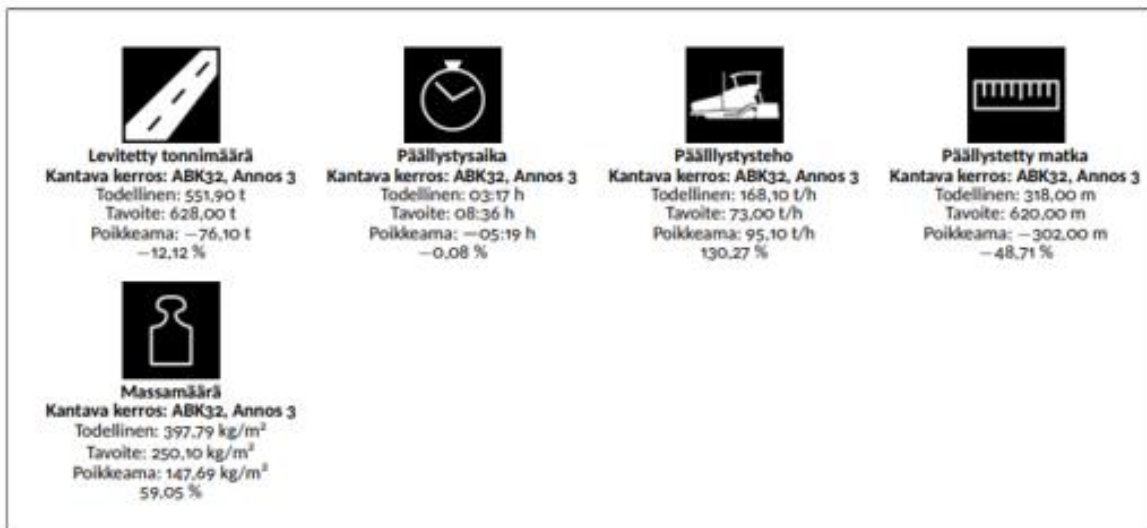
(ajo)	Aloita kippaus	Rekisterikilpi	Asfalttiasema	Massa	Tonnimäärä	Levitin	Entlade-temperatur	Asema	Leveyspiiri	Pituuspiiri
1	20:32	TZN-922	1	AB22	51,95	Levitin 1		0+000m	65.0003763	25.3979176
2	20:57	VXT-400	1	AB22	48,10	Levitin 1		0+117m	65.0000598	25.4002875
3	21:13	HBF-796	1	AB22	44,75	Levitin 1		0+044m	65.0001477	25.3992406
4	21:32	IKK-501	1	AB22	43,90	Levitin 1		0+245m	65.0003150	25.3979455
5	21:48	NGL-528	1	AB22	47,15	Levitin 1		0+082m	64.9999879	25.4000252
6	22:09	TZN-922	1	AB22	48,15	Levitin 1		0+063m	65.0000909	25.3990624
7	22:31	VXT-400	1	AB22	47,95	Levitin 1		0+265m	65.0001533	25.3983308
8	22:43	HBF-796	1	AB22	45,75	Levitin 1		0+089m	64.9999737	25.3995693
9	23:11	NGL-528	1	AB22	47,60	Levitin 1		0+445m	65.0000497	25.3987318
10	23:34	IKK-501	1	AB22	45,10	Levitin 1		0+263m	65.0001278	25.3978543
11	23:53	TZN-922	1	AB22	52,40	Levitin 1		0+112m	64.9998375	25.3999293
12	00:06	VXT-400	1	AB22	48,00	Levitin 1		0+267m	65.0001082	25.3978051
13	00:33	HBF-796	1	AB22	44,15	Levitin 1		0+269m	65.0000778	25.3976941
14	01:03	NGL-528	1	AB22	48,15	Levitin 1		0+267m	65.0000390	25.3976723
15	01:03	IKK-501	1	AB22	48,05	Levitin 1		0+267m	65.0000390	25.3976723
16	01:30	TZN-922	1	AB22	52,15	Levitin 1		0+266m	64.9999823	25.3977491
17	01:52	VXT-400	1	AB22	48,65	Levitin 1		0+761m	64.9998971	25.3980478
18	08:14	OVO751	1	AB22	30,10	Levitin 1		0+761m	64.9998894	25.3977978
19	08:29	IKK-501	1	AB22	42,60	Levitin 1		0+761m	64.9997706	25.3986536
20	08:46	TZN-922	1	AB22	53,45	Levitin 1		0+761m	64.9999406	25.3978847
21	09:04	BCG954	1	AB22	42,45	Levitin 1		0+761m	64.9994996	25.3997923
22	09:16	NGL-528	1	AB22	48,60	Levitin 1		0+761m	64.9996682	25.3987909

Raportin tuloksia tutkittaessa huomattiin kuitenkin puutteita sekä virheellistä tietoa, mikä johtui virheellisestä työmaan laatumisesta järjestelmään. Muun muassa levitetty matka sekä massamenekki eivät täsmänneet, joten näitä asioita pitää järjestelmästä vielä tarkkailla. Syy virheellisyyteen löytyi siitä, että levittäjä mittasi koko työpäivänä kuljetun matkan levitetyksi matkaksi. Näin ei kuitenkaan ollut, sillä levitin liikkui varsinaisen päällystämisen lisäksi muutenkin. (21.)

Kuvaa 7 tarkkailemalla huomataan päällystetyn matkan olevan tavoitetilassa oikea mutta toteutuneessa väärä. Tämän vuoksi myös massamenekin tiedot tulivat kirjatuuksi väärin raporttiin. (21.)



Kantava kerros: ABK32, Annos 3



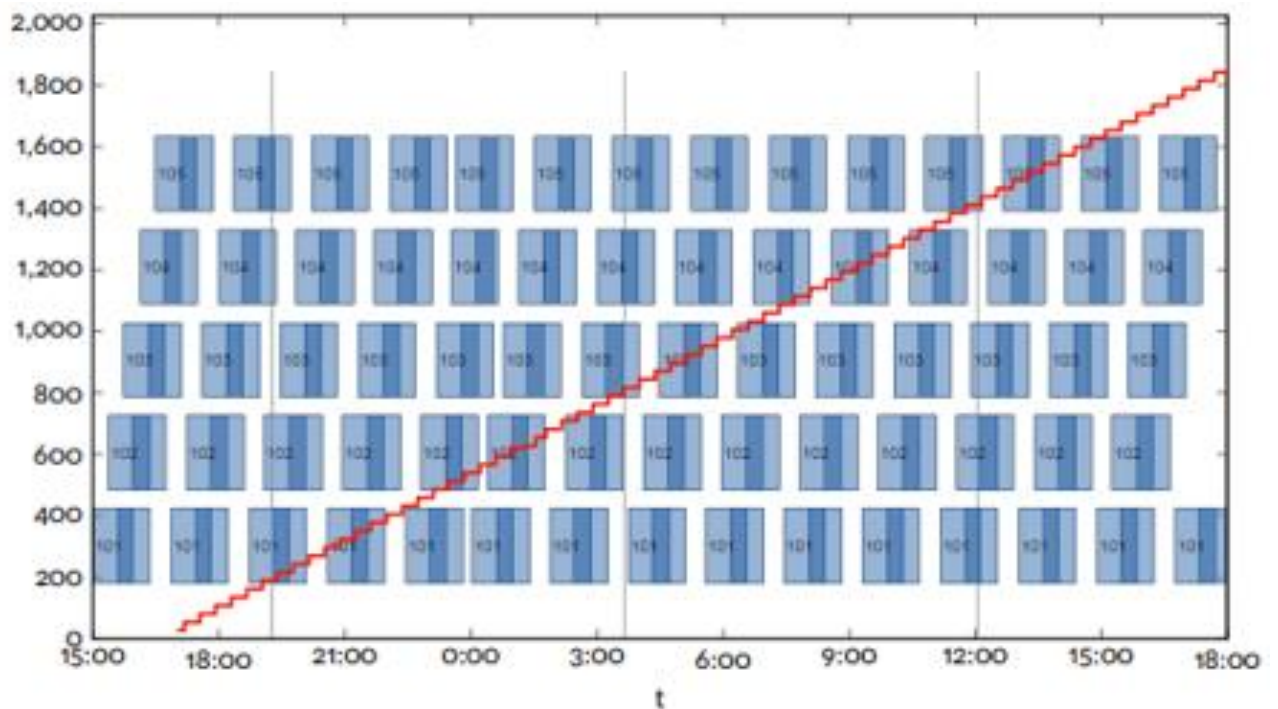
KUVA 7. Järjestelmän antamat tiedot työmaasta. Menekki sekä päällystetty matka ovat virheelliset

5.3 Logistiikan suunnittelu

Järjestelmä antoi hyvän kuvan massatoimituksesta työmaalle aikataulutietoineen. Tässä otettiin huomioon autoilijoiden lakisääteiset levähdystauot, matkan pituus, lastausaika sekä mahdolliset odotukset niin työmaan päässä kuin koneasemallakin sekä valmistelut työmaalla. (21.)

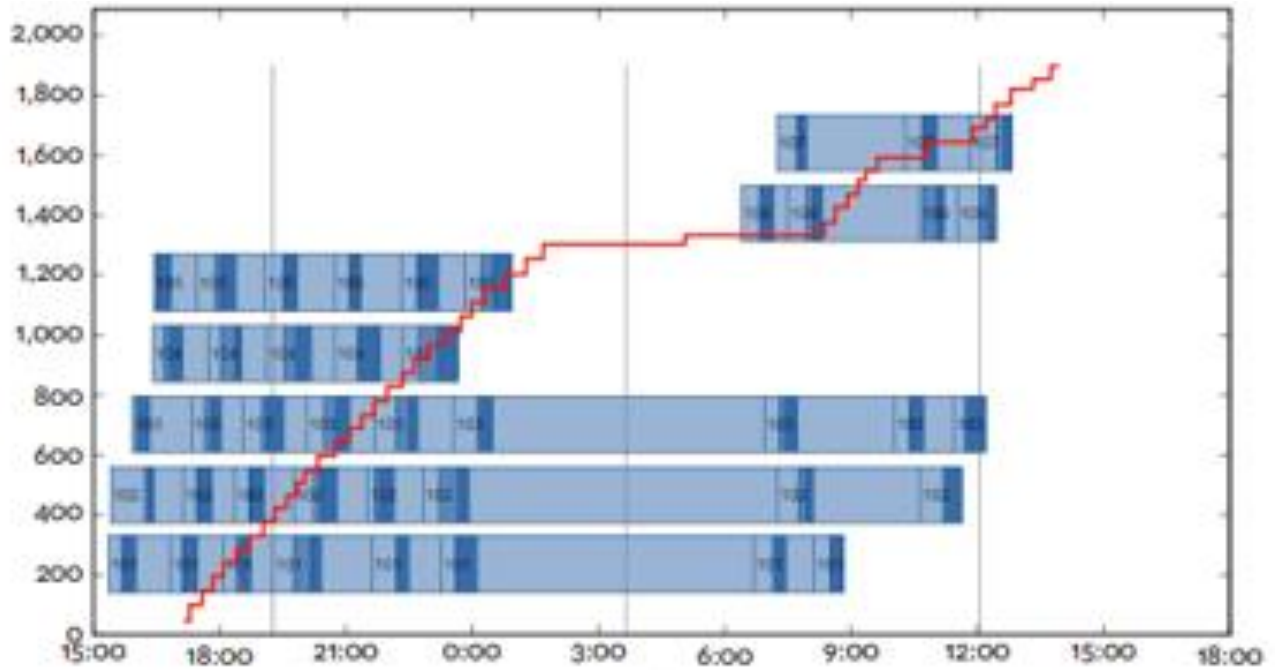
Järjestelmään yhteyksissä ollut aseman vaaka antoi automaattisesti massamäärän järjestelmään. Vaa'an puuttuessa tiedot on syötettävä käsin. (21.)

Kuva 8 näyttää suunnitellun työn massantuonnin osalta. Vaaka akselilla nähdään kelloaika ja pystyakselilla nähdään, kuinka monta tonnia oli tuotu työmaalle. Jokainen autoilija oli omalla sarakkeellaan omalla koodilla varustettuna. Värikoodit autoilijoiden kohdalla kertovat autoilijoiden ajasta kyseisellä toimintajaksolla. Ensimmäinen vaaleansininen palkki kertoo koneasemalla lastauksen sekä kuljetuksen työmaalle. Tummansininen palkki kertoo valmistelut sekä purkuajan työmaalla. Toinen vaaleansininen palkki kertoo paluumatka-ajan koneasemalle. Punainen jana kertoo työmaan edistymisestä. (21.)



KUVA 8. Suunniteltu massa-autojen aikataulut

Kuvassa 9 on esitetty massa-autojen aikataulut tunnin tarkkuudella. Kuten kuvasta voi havaita, massa-autojen aikataulut ei edennyt suunnitelmien mukaisesti. Ensimmäinen odotus oli koneaseman rikkoutuminen yöllä, jolloin työtä jatkettiin vasta aamulla. Seuraava odotus tapahtui aamupäivällä kello 9 jälkeen, jolloin työmaat olivat niin kiireisiä, ettei massaa voitu valmistaa halutulla kapasiteetillä. (21.)



KUVA 9 Toteutunut massa-autojen aikataulut

Järjestelmä mahdollistaa maastosta mitattujen geo-pisteiden avulla päällystetyn pinta-alan sekä massamenekin nopean laskemisen. Tämä helpottaa ja nopeuttaa työtä ja sen suunnittelua ja hyödyntää myös laskutusvaiheessa niin urakoitsijaa kuin asiakastakin. Työmaasta saadun raportin perusteella nähdään mahdolliset laaturiheet. Tämän vuoksi raportti on tulevaisuutta ajatellen hyvä arkistoida yritykselle jatkoseurantaa varten, jotta se voidaan sellaisenaan lähettää asiakkaalle. (21.)

6 YHTEENVETO

Ollessani työsuhteessa YIT:llä kesällä 2018 YIT testasi BPO asphalt -järjestelmää työmaalla, jossa olin itsekin mukana. Kesän aikana päätin suorittaa opinnäytetyöni YIT:lle eri tuotannonohjausjärjestelmistä sekä niiden kehittämisestä. Opinnäytetyön aihe katsottiin tärkeäksi ja ajankohtaiseksi. Opinnäytetyön rungon sain työmaalta kerätystä raportista.

Oikeanlainen tietojen keruu työmaalta ja niiden arkistointi helpottavat tuotannonohjausta varsinkin suurilla ja pitkäaikaisilla sekä erityisesti kauempana sijaitsevilla työmailla. Tuotannonohjausjärjestelmien tarkoitus on helpottaa sekä selkeyttää työmaiden etenemistä ja tiedonkulkua sekä lisätä tuottavuutta. Järjestelmä kokoaa kaiken tarvittavan tiedon työmaalta yhteen paikkaan.

Perinteisesti työmailla käytettyyn, Excel-pohjaiseen tuotannonohjaukseen sekä aikataulutukseen verrattuna BPO asphalt -järjestelmä osoittautui paremmaksi. Työmaatapahtumat tulevat paremmin arkistoitua ja tiedot työmaalta jäävät näkyville muillekin työntekijöille kuin työnjohdolle. Parhaimmillaan raportti toimii loppumittauspöytäkirjana ja on apuna laskutuksessa.

BPO Asphalt -järjestelmän avulla reaaliaikainen kommunikointi työmaan, massa-autojen, koneaseman sekä työnjohdon välillä toteutuu. BPO asphalt -järjestelmä ei ole laiteriippuvainen ja tiedonsiirto tapahtuu automaattisesti raportin mukana.

Yhteistyö jatkuu YIT:n sekä BPO:n välillä. Tavoitteena on laajentaa järjestelmän käyttöä siten, että kaikki valtionhallinnolliset työt voidaan suunnitella ja toteuttaa sen avulla. Yksittäisissä kohteissa on tarkoitus ottaa järjestelmä käyttöön vain osittain. Pienemmille työmaille tätä ei ole tarkoitus ottaa käyttöön, koska siitä ei ole hyötyä näissä kohteissa. Tiedonkulun nopeutuminen on suurin syy, miksi YIT päätyi BPO asphalt -järjestelmään. Tätä järjestelmän ominaisuutta aiotaan käyttää hyödyksi koko työprosessin aikana.

Opinnäytetyötä tehdessäni opin käyttämään BPO Asphalt -järjestelmää työmaan suunnittelun sekä aikataulutuksen osalta. Uuden järjestelmän käyttöönotto voi kohdata aluksi muutosvastarintaa, mutta siitä saatava hyöty varmasti motivoi

työntekijöitä reaaliaikaiseen tietojen päivitykseen. Opin yhteistyön tärkeyden eri tahojen, kuten työntekijöiden, asiakkaiden ja muun henkilökunnan kanssa. Tulevaisuudessa työssäni voin käyttää hyödyksi mm. opinnäytetyöhön kerättyä materiaalia sekä työn tekemisen myötä kasvanutta kärsivällisyyttäni.

LÄHTEET

1. Teiden kunnossapito. 2019. Väylä. Saatavissa: <https://vayla.fi/tieverkko/kunnossapito#.XHUxvlgzZaQ>. Hakupäivä 26.2.2019.
2. Yleisimmät asfalttityypit. 2019. YIT. Saatavissa: <https://www.yit.fi/asfaltti/paallystyksen-tuotteet/perusasfaltit>. Hakupäivä 27.2.2019.
3. Tietoa YIT:stä. 2019. YIT Infra Oy. Saatavissa: <https://www.yit.fi/asfaltti>. Hakupäivä 4.11.2018.
4. Pohjola, Juha 2019. Kehityspäällikkö, YIT. Puhelinhaastattelu 1.4.2019.
5. Artikkel - Teiden kunnostukseen lisärahaa – pian häviää satoja miljoonia. Liikenne uutinen 5.9.2018. Saatavissa: <https://www.moottori.fi/liikenne/jutut/teiden-kunnostukseen-lisarahaa/>. Hakupäivä 27.2.2019.
6. Väylien kunnossapidon näkymät vuodelle 2019. 2019. Haastattelu; Väylän pääjohtaja, Kari Wihlman. Väylä. Saatavissa: <https://vayla.fi/-/vaylien-kunnossapidon-nakymat-vuodelle-2019#.XHZU84gzZaQ>. Hakupäivä 27.2.2019.
7. Teiden päällystemäärät vähentyneet 30 prosentilla. 2018. Rakennusmaailma. Saatavissa: <https://rakennusmaailma.fi/teiden-paallystemaarat-vahentyneet-30-prosentilla/>. Hakupäivä 27.2.2019.
8. Tieverkon kunto. 2019. LiikenneFakta. Saatavissa: https://www.liikennefakta.fi/turvallisuus/tieliikenne/tieverkon_kunto. Hakupäivä 27.2.2019.
9. Asfaltti ja ympäristö. 2019. YIT. Saatavissa: <https://www.yit.fi/asfaltti/uusioasfaltti/asfaltti-ja-ymparisto>. Hakupäivä 27.2.2019.
10. Uusioasfaltti on ympäristöystävällinen valinta. 2019. YIT. Saatavissa: <https://www.yit.fi/asfaltti/uusioasfaltti>. Hakupäivä 27.2.2019.
11. Asfalttialan oppimateriaali. 2018. (ASKO). Pank Ry. Saatavissa: <http://pank.fi/tekniset-vaatimukset/muut-julkaisut/opinnaytteet-ja-muut-selvytykset/asfalttialan-oppimateriaali-asko>. Hakupäivä 19.3.2019.

12. Tyhjätilamittaus. 2019. Nevia. Saatavissa <https://www.nevia.fi/mittaukset/tyhjatilamittaus/>. Hakupäivä 27.2.2019.
13. Tahtiaikatuotanto uudistaa tuotannonohjauksen. 2015. LCI. Saatavissa: <http://lci.fi/blog/menetelmakortti/tahtiaikatuotanto/>. Hakupäivä 1.3.2019.
14. Työmaa-aikataulun tekeminen ja noudattaminen. 2016. Skanska. Saatavissa: <http://www.stul.fi/Download.ashx?id=f4f8f7f7-13b3-48e7-b26e-5de4e15a5d8c&type=1&attachment=True&version=635991750959370000>. Hakupäivä 6.5.2019.
15. Tietoa BPO asphalt -tuotannonohjausjärjestelmästä. BPO-asphalt. Saatavissa: <https://volzconsulting.de/en/bpo/bpo-asphalt/>. Hakupäivä 3.11.2018.
16. Pohjola, Juha – Nenonen, Heikki 2017. Witos Paving -pilottiprojekti. Saatavissa: https://www.liikennevirasto.fi/documents/20473/377981/Lemink%C3%A4inen+Witos_digip%C3%A4lyste_101017.pdf/bc9ed77c-708b-443e-952a-a612e4729868. Hakupäivä 3.11.2018.
17. Kuenzel, Robin – Teizer, Jochen – Mueller, Marcus – Blicke, Alexander 2018. SmartSite: Intelligent and autonomous environments, machinery and processes to realize smart road construction projects. Saatavissa: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580516300528>. Hakupäivä 4.11.2018.
18. Tietoa Autorista. 2019. Autori. Saatavissa: <https://www.autori.fi/>. Hakupäivä 26.3.2019.
19. Nenonen, Heikki. BPO asphalt – digipilottiraportti. 25.10.2018. YIT.
20. Satamat ja varastokentät. 2019. YIT. Saatavissa: <https://www.yit.fi/asfaltti/kayttokohteet/satamat-ja-varastokentat>. Hakupäivä 7.3.2019.
21. Valmistunut Raportti, Port of Oulu. 2018. Bpo-asphalt – YIT.

