



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Lauri Honkala

Maastomittausohjeistus Nurmijärven kunnalle

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Maanmittaustekniikka

Insinöörityö

2.10.2019

Tekijä Otsikko	Lauri Honkala Maastomittausohjeistus Nurmijärven kunnalle
Sivumäärä Aika	36 sivua 2.10.2019
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	maanmittaustekniikka
Ohjaajat	lehtori Ilkka Partonen
<p>Insinööriyö pohjautuu vuonna 2018 Klaukkalantien, Kirkkotien ja Alitilantien risteysalueelle rakentuneeseen kiertoliittymään. Työn tarkoituksena on luoda kattava raportti kiertoliittymätyömaan aikajanasta ja eri työvaiheista sekä rakentaa näiden perusteella Nurmijärven kunnan mittausohjeistusta infratöiden maastomittausohjeistus. Insinööriyön valmistumishetkellä ohjeistus tulee pitämään sisällään ohjeistuksen kiertoliittymätyömaan eri työvaiheista ja sisältöä tullaan täydentämään sopivien infrahankkeiden osalta, kun nämä ilmaantuvat kunnan muilla työmailla. Ohjeistuksen tavoitteena on täydentää Nurmijärven kunnalla käytössä olevaa Suomen Kuntaliiton laatimaa ohjeistusta ”Kunnallisteknisten töiden yleinen työselostus 02”. Täydennys koskee erityisesti käytännön mittauksia, josta ohjeistuksessa ei sisältönsä puolesta löydy. Mittausohjeistuksessa tullaan käsittelemään yksilökohtaisesti infrahankkeiden eri työvaiheita näille omiksi jaetuissa osioissaan. Tulevaisuudessa ohjeistukseen täydennettäviä työvaiheita tulevat olemaan esimerkiksi vesihuoltoa, teiden rakentamista sekä louhintaa kuvaavat ohjeistukset.</p> <p>Jokainen erillistä työvaihetta käsittelevä osio sisältää yleiskatsauksen työvaiheen vaatimuksista sekä sen merkityksestä hankkeen lopputuloksen kannalta, minkä tarkoituksena on antaa lukijalle hyvä yleiskuva työvaiheesta myös mittauksen ulkopuolelta. Opastus mittausaineiston käsittelyyn liittyvistä työvaiheista ja tähän soveltuvien ohjelmistojen ominaisuuksista puolestaan antaa lukijalle lähtökohdan tuottaa selkeän ja virheettömän merkintäaineiston. Mittauksen ohjeistus keskittyy turvalliseen ja tehokkaaseen toimintaan maastossa, millä vältetään mahdolliset vaaratilanteet ja turhat merkinnät työmaalla.</p> <p>Erillisiä työvaiheita kuvailevan ohjeistuksen lisäksi työhön liitetään oma, koneohjausmallien luomista käsittelevä ohjeistus. Erillisen ohjeistuksen tekeminen on kyseisen aihepiirin laajuuden ja sisällön kannalta kannattavaa. Koneohjausvalmiuden omaavat laitteet ovat insinööriyön laatimisen hetkellä suhteellisen harvinaisia kunnan omissa töissä, mutta niiden uskotaan yleistyvän tulevaisuudessa.</p>	
Avainsanat	infrarakentaminen, maastomittaus, koneohjaus

Author Title	Lauri Honkala Practical Surveying Instructions for the Municipality of Nurmijärvi
Number of Pages Date	36 pages 2 October 2019
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Land Surveying
Instructor	Ilkka Partonen, Senior Lecturer
<p>The purpose of this final year project was to map the construction of a roundabout that was built in Klaukkala between the years 2017 and 2018. On the basis of the mapping, a further aim was to produce comprehensive instructions for practical land surveying in the field of infrastructure for the municipality of Nurmijärvi.</p> <p>The instruction in this thesis only contained examples of the steps and phases that were included in the construction of the roundabout. The examples can be elaborated and expanded as more steps are added in the near future, as sufficient projects appear.</p> <p>In addition to the practical surveying instructions, the thesis can be used to create instructions for digital terrain modelling (DTM), detailing the creation and application of the models and explaining their benefits for surveying, or for using machine control.</p>	
Keywords	infrastructure, practical surveying, machine control

Sisällys

Lyhenteet

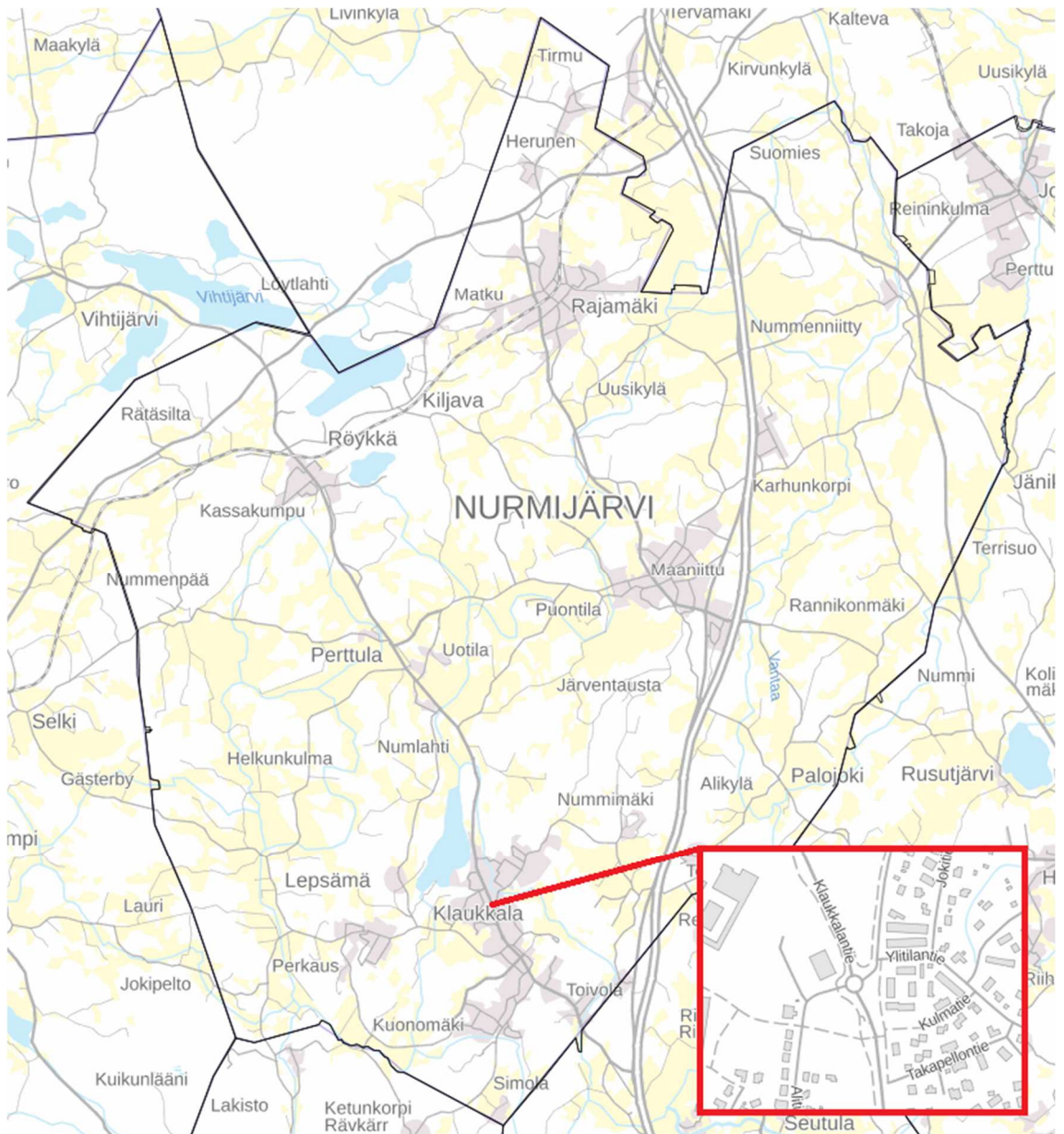
1	Johdanto	1
2	Kohteen esittely	3
3	Kiertoliittymäyömaan taustaa	5
4	Mittauslaitteisto ja -aineistot	7
4.1	Mittauslaitteisto	7
4.2	Suunnitelma- ja mittausaineisto	9
5	Rakennusvaiheet	10
5.1	Asfaltointi	10
5.2	Reuna- ja betonikiveykset	14
5.2.1	Reunakiveys	14
5.2.2	Kiveysalueet	17
5.3	Meluaidat ja kivikoriaita	20
5.3.1	Meluaidat	20
5.3.2	Kivikoriaita	22
5.4	Työmaan tarvikkeet ja selvitykset rakennetuista hulevesilinjoista	23
5.5	Sähkökaapeleiden peilaaminen	24
5.6	Valaisinpylväiden sijainnin tarkistaminen ja korjaaminen	26
5.7	Työmaan UAV-kuvaaminen	27
5.8	DTM-malli ja koneohjaus	29
5.9	Väliaikaiset liikennejärjestelyt	32
6	Yhteenveto	34
	Lähteet	36

Lyhenteet

DTM	Digital Terrain Model. Rakenteen kolmiulotteinen pintamalli.
DWG	Alkuperäinen CAD-ohjelmien käyttämä tiedostomuoto.
DXF	Autodeskin kehittämä tiedostomuoto, joka mahdollistaa aineiston siirron eri CAD-ohjelmien välillä.
GNSS	Global Navigation Satellite System. Yhteinen nimitys kaikille maailmanlaajuisille satelliittipaikannusjärjestelmille.
LAeq	Keskiäänitaso. Mittausjakson äänitasojen tehollinen keskiarvo.
UAV	Unmanned Aerial Vehicle. Miehittämätön ilma-alus.

1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön tarkastelukohteena on syksyllä 2018 Klaukkalantien, Alitilantien ja Kirkkotien risteykseen (kuva 1) valmistunut kiertoliittymä. Opinnäytetyön tarkoitus on kaksiosainen: tehdä kattava raportti kiertoliittymän rakennusvaiheista ja niihin liittyvistä mittauksista sekä tuottaa Nurmijärven kunnan mittausyksikölle infratöiden maastomittausohjeistus kyseisten rakennusvaiheiden osalta.



Kuva 1. Nurmijärven kuntaraja ja tarkennus Klaukkalan liikenneympyrän sijoittumisesta. [8]

Laadittu maastomittausohjeistus perustuu laatuvaatimusten ja asennusohjeiden puolesta kunnan käytössä olevaan ohjeistukseen ”Kunnallisteknisten töiden yleinen työselostus 02”. Kyseinen teos on itsessään erittäin kattava, mutta se ei itsessään sisällä ohjeistusta mittaamisen tai maastoon merkinnän kannalta.

Infratöiden ohjeistuksessa tullaan esittelemään työvaiheiden kulku pääpiirteittäin sekä opastamaan yksilökohtaisesti eri vaiheisiin kuuluvien mittaus- ja merkintätöiden vaatimuksista. Lopputuloksena tuotetun ohjeistuksen tulee olla helppolukuinen ja selkeä, ja sen tulee antaa lukijalle hyvä kuva siitä, mitä tehdään ja miksi.

Opinnäytetyössä aikaan saatu ohjeistus tulee valmistuessaan sisältämään ainoastaan kiertoliittymätyömaahan kuuluneita rakennusvaiheita. Ohjeistusta on kuitenkin tarkoitus täydentää tulevaisuudessa uusien, sopivanlaisten infrahankkeiden yhteydessä.

Lopputuloksena syntyvää raporttia voidaan hyödyntää sekä yhtenäisenä selostuksena kiertoliittymän rakentumisen eri vaiheista, että tyyppiesimerkkinä tulevaisuudessa vastaavanlaisissa projekteissa.

2 Kohteen esittely



Kuva 2. Ilmakuva risteysalueesta ennen kiertoliittymän rakentamista. [9]

Kiertoliittymän rakentaminen alkoi vuoden 2017 keväänä ja siirtyi Nurmijärven kunnalle omiksi töiksi vuoden 2018 keväällä. Kiertoliittymän rakentaminen tultiin suorittaa yhtäjaksoisesti ja sen tuli valmistua vuoden 2018 loppukesään mennessä.

Kiertoliittymän, kuten minkä tahansa muun infrakohteen, työnkuva saattaa vaikuttaa alkuun varsin suppealta, kun tarkastellaan ainoastaan näkyville jäävää lopputulosta. Rakentamisen koko aikajana on kuitenkin huomattavan monipuolinen ja -vaiheinen. Siihen liittyykin siis monia eri työvaiheita, joiden yhteissummana syntyy havaittu lopputulos, joka pitää sisällään näkyvän ja näkymättömän rakentamisen.

Itse kiertoliittymän lisäksi rakennusvaiheessa suoritettiin myös perusparannuksia ja korjauksia kohteen lähialueeseen. Näitä olivat mm. kevyen liikenteen väylien rakentaminen uuden kiertoliittymän alueella, parannukset risteysalueen teihin sekä uusien meluaitojen rakentaminen.

Luonteensa puolesta uuden kiertoliittymän rakentaminen jo liikennöintikäytössä olevaan risteykseen on haastavaa. Tämän lisäksi kyseessä on Klaukkalan alueen liikenteen kannalta erittäin merkittävä kulkuyhteys, pahimpien ruuhka-aikojen lisäksi alueen läpi kulki liikennettä tasaiseen tahtiin. Tavanomaisen henkilöautoilun lisäksi risteyksestä kulki runsaasti raskasta kuljetusliikennettä, jonka aiheuttaa läheinen Klaukkalan keskusta sekä pohjoisessa sijaitseva Järvihaan teollisuusalue. Nämä seikat tekivät kiertoliittymän rakentamisesta entistäkin hankalampaa ja tapaturma-alttiimpaa. Väyläviraston vuoden 2016 liikennemääräaineiston mukaan risteysalueen ajoneuvoläpikulkuliikenne on noin 14 000 ajoa/vrk, joista raskaiden ajoneuvojen osuus on 3,6 % (504 ajoa/vrk.). [10]

Alueellisten ongelmien lisäksi työntekoon vaikutti epävarmuus työmaalla jo suoritetuista rakennustöistä ennen sen haltuunottoa, eikä kunnalla ollut saatavilla tarkeaineistoa. Tästä johtuen oli kunnan omasta toimestaan tehtävä kattavat selvitykset siitä, mitä käytökelpoisia rakennustarvikkeita työmaalta löytyi ja mitä edellisen urakoitsijan toimesta oli jo ehditty rakentaa.

3 Kiertoliittymätyömaan taustaa

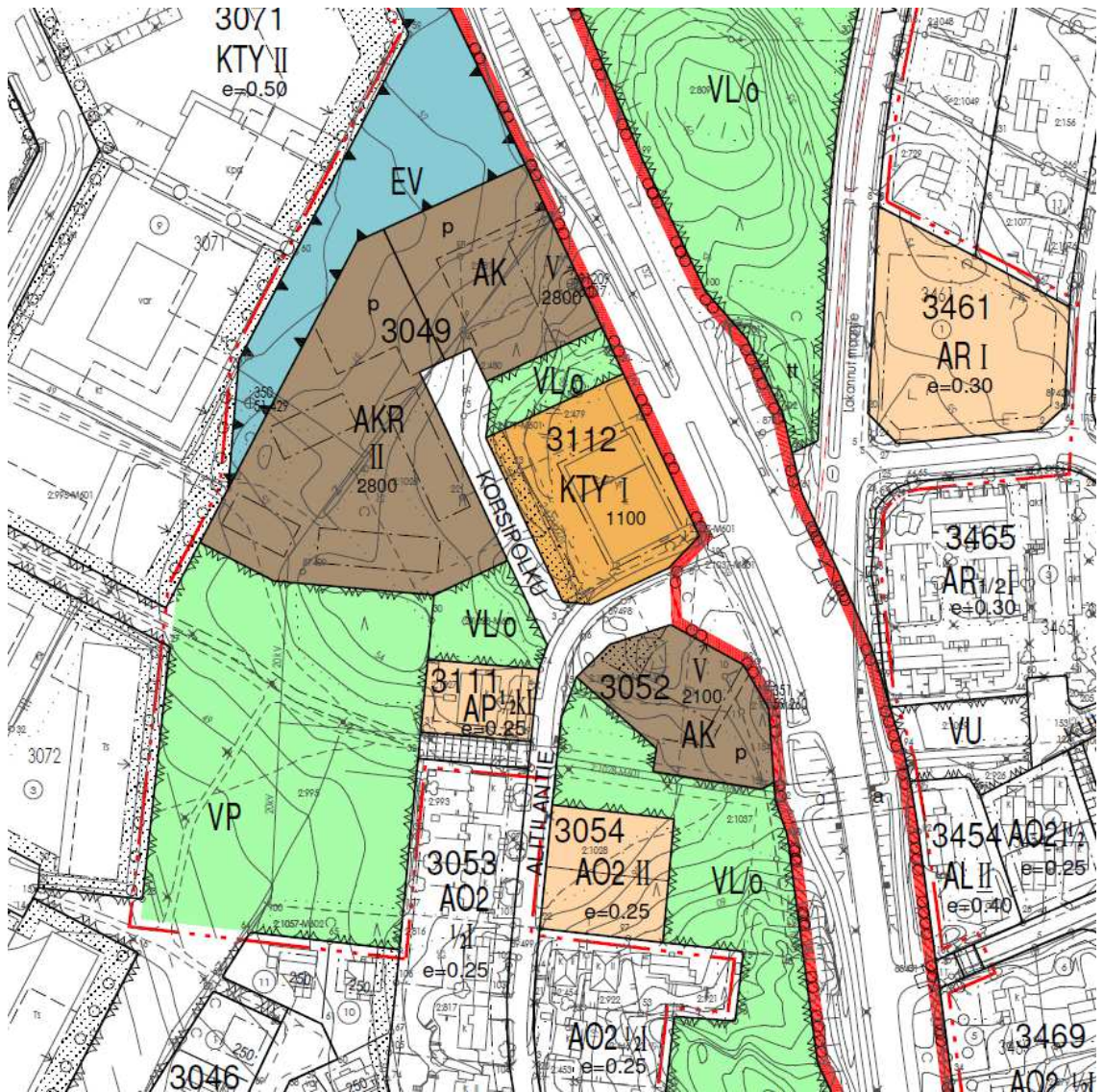
Asemakaavamuutos on osa Klaukkalantiehen kohdistuvia liikennejärjestelymuutoksia, joiden tarkoituksena on kohentaa alueen kaupunkikuvaa sekä eheyttää taajamarakennetta. Kaavamuutoksessa tutkittiin risteysalueen muuttamista joko kiertoliittymäksi tai valo-ohjatuksi risteykseksi, joista lopulta päädyttiin valitsemaan kiertoliittymä-vaihtoehto. Kaavamuutoksella pyritään myös parantamaan kevyen liikenteen reittien toimivuutta, sekä liikenneturvallisuutta alueella. Tämän lisäksi alueella uusitaan linja-autopysäkki- ja valaistusjärjestelyjä.

Asemakaavassa suunnittelualue oli merkitty: erillispientalojen korttelialueeksi (AO2), asuinkerros-, ja rivitalojen korttelialueeksi (AKR), rivitalojen ja muiden kytkettyjen asuinrakennusten korttelialueeksi (AR), liike- ja toimistorakennusten korttelialueeksi (K), sosiaalitoimintaa ja terveydenhuoltoa palvelevien rakennusten korttelialueeksi (YS), liikerrakennusten sekä huvi- ja viihdetarkoituksia palvelevien rakennusten korttelialueeksi (KLY), huoltoasemien korttelialueeksi (AM), puistoalueeksi (PL), lähivirkistysalueeksi (VL), suojaviheralueeksi (EV), urheilu- ja virkistyspalvelualueeksi (VU), yleisen tien alueeksi (LT). [7]

Melumääräykset:

Melumääräysten mukaan rakennukset tulee toteuttaa siten, että ulkoa kantautuvasta melusta aiheutuva sisämelutaso ei päivällä ylitä arvoa LAeq 35 dB(A) eikä yöllä arvoa LAeq 30 dB(A). Klaukkalan puoleiset asuntojen ulko-oleskelutilaksi tarkoitetut parvekkeet tulee suojata melusuojauksen kannalta tarkoituksenmukaisin lasiseinin. [7]

Alue tulee toteuttaa siten, että liikenteestä aiheutuva melutaso ei oleskeluun tarkoitettulla piha-alueella ylitä muu melu huomioon ottaen päivisin arvoa LAeq 55 dB(A) eikä öisin (klo 22–07) arvoa LAeq 45 dB(A). [7]



Kuva 3. Kuvassa 3 tarkennettu karttakuva kiertoliittymätyömaa-alueen asemakaavasta. [7]

4 Mittauslaitteisto ja -aineistot

4.1 Mittauslaitteisto

Nurmijärven kunnan mittauslaitteiston infratöissä käytettävään kalustoon kuuluu Leican Viva GS14 GNSS-vastaanotin (kuva 4) ja TPS1200-takymetri (kuva 5) sekä näihin sopiviin yhteensopiva maastotallennin. Tämän lisäksi kiertoliittymätyömaalla hyödynnettiin ilmakuvaamiseen Phantom 4 Pro UAV-kopterilla (kuva 6). GNSS-salkussa on vastaanottimen ja maastotallentimen lisäksi 3 kpl näihin sopivia vara-akkua, Leican 360°:n prisma, sekä muistitikku aineiston siirtoa varten.

Työmaan ensimmäinen takymetrin aseointi tehtiin GNSS-mittauksella luoduista apupisteistä. Saadun asemoinnin jälkeen voitiin työmaalle kiinnittää tarratähykset, joista aseointi tapahtui tulevaisuudessa.



Kuva 4. Leica Viva GS14 GNSS-vastaanotin ja CS15 maastotallennin



Kuva 5. Leica TPS1200-takymetri



Kuva 6. Phantom 4 Pro UAV ja ohjain

4.2 Suunnitelma- ja mittausaineisto

Kiertoliittymätyömaan suunnitelma-aineistot koostuivat kunnan ulkopuolisen konsultin laatimista CAD-ohjelmistolla luettavista ja muokattavista DWG-kuvista. Kuvista toimitettiin myös PDF-versiot, jotka soveltuivat paremmin suunnitelmien tarkasteluun ja tulostamiseen. Nurmijärven kunnan mittauslaitoksella on insinööriyön laatimisen ajankohtana käytössään kaksi DWG-aineiston käsittelyyn soveltuvaa ohjelmaa: 3D-Win ja Auto CAD.

Suunnitelmien muokkaaminen mittauskäyttöön tapahtui käsittelemällä DWG-aineistoa joko 3D-Winillä tai Auto CADilla. Tässä prosessissa raaka-aste suunnitelma-aineistosta poimitaan halutuissa rakennusvaiheissa tarvittava oleellinen tieto joko viivamaisessa tai pistemäisessä muodossa. Näitä voivat olla mm. reunakivi- ja asfalttilinjat, sekä kaivojen ja valaisinpylväiden keskipisteet. Muokattu aineisto voidaan tämän jälkeen nimetä työvaihetta vastaavasti ja kirjoittaa DXF-formaattiin, minkä jälkeen se voidaan siirtää maastotallentimeen.

Mittausaineiston käsittelyyn maastotallentimessa on kaksi mahdollista lähestymistapaa. Toisessa näistä työmaalle luodaan jokaista eri työvaihetta varten uusi kohde, johon kyseisen vaiheen suunnitelmista muokattu aineisto siirretään. Mittausryhmillä on tyypillisesti samanaikaisesti vastuullaan useita työmaita. Tästä johtuen on tiedostot syytä nimetä jokaisen työmaan mukaan etuliitteellä. Esimerkiksi työtiedoston ”Ympyrä Asf Reunat” nimestä ilmenee kyseessä olevan liikenneympyrätyömaan asfalttireunojen sijaintitietoja sisältävä kohde. Haittapuolena kyseisessä tavassa on työmaiden ja -vaiheiden määrästä riippuva tiedostojen tarve, joka puolestaan paisuttaa tallentimesta löytyvien erillisten tiedostojen määrää.

Toinen mittausaineiston käsittelytapa vaatii luotavaksi vain yhden tiedoston jokaista työmaata kohden, johon puretaan kaikki tarvittava aineisto. Tämän jälkeen haluttu aineisto voidaan vuorotellen piilottaa tai tuoda näkyviin kyseisen tiedoston asetuksista. Haittapuolena tässä kyseisessä tavassa on tarve siirtää mittauksen välissä tiedoston asetuksiin muuttamaan halutun aineiston näkyvyyttä, joka hidastaa työntekoa. Tämän lisäksi mittajan tulee kiinnittää erityistä huomiota mittariin siirretyn DXF-aineiston nimeämisestä, jotta haluttu aineisto saadaan näkyviin ilman epäselvyyttä sen sisällöstä.

5 Rakennusvaiheet

Tässä osiossa käydään läpi kiertoliittymätyömaan eri rakennusvaiheita ja niiden sijoittumista työmaan elinkaareen. Rakennusvaiheista kerrotaan kattavasti sekä mittaamisen, merkitsemisen, että käytännön rakentamisen näkökulmasta. Tämän osion tavoitteena on antaa lukijalle hyvä kuva projektin eri rakennusvaiheista ja niiden osuutta kokonaiskuvassa sekä siitä, mitä jokaisessa eri vaiheessa tulee tavoitella ja huomioida merkitsemisen ja mittauksen kannalta.

5.1 Asfaltointi

Yleisesti

Laajuudeltaan ja työtaakaltaan asfaltointi oli kiertoliittymän rakennusvaiheista suurin ja työläin, sillä kiertoliittymän asfaltoitava pinta-ala oli ajoradalla 7 320 m², jouduttiin suunniteltujen rakennekerrosten paksuuden vuoksi asfaltoimaan kolmeen eri otteeseen. Tämän lisäksi työmaahan sisältyi 3 070 m²:n edestä asfaltoitavaa kevyen liikenteen väylää ja linja-autoliikenteelle tarkoitettua odotustilaa. Tietä ei myöskään jatkuvan liikenteen vuoksi voitu katkaista pitkäksi aikaa.

Ajoradat

Kiertoliittymätyömaan ajoratojen asfaltointi toteutettiin kaksisuuntaisella kallistuksella, jossa tien poikkileikkauksessa mittalinjasta tuli sen korkein piste. Tien sivuttaiskallistukset toteutettiin 3 %:n mukaan. Ajoradan asfalttikerrokset, joiden yhteispaksuudeksi tuli 19 cm, tehtiin vaiheittain kolmessa eri osassa:

1. ABK31 Paksuus 8 cm. ABK, eli kantavan kerroksen asfaltti sijoittuu asfalttikerroksissa alimmaiseksi. [3]
2. ABK31 Paksuus 7 cm
3. AB16 Paksuus 4 cm. AB, asfalttia hyödynnetään ylimpänä asfalttipintana, eli kulutuskerroksena. [3]

Jalkakäytävät ja linja-autoliikenteen odotustilat päällystettiin 4 cm:n paksuisella, AB11-asfaltilla.

Kiertoliittymätyömaan reunakivettömien ajoratojen asfaltoinnin merkitseminen tapahtui mittarimoilla. Rimat lyötiin 75 senttimetrin päähän suunnitelman mukaisesta asfaltin reunasta, jonka yhteydessä näihin kirjoitettiin lukemat TR (tien reuna) 0,50 m ja ASF (asfaltin reuna) 0,75 m. Kyseisessä työvaiheessa otettiin huomioon asfaltin viereinen piennaralue, jonka leveys oli 0,25 m. Asfaltoimaton piennar-alue toimii eräänlaisena tukirakenteena asfalttipinnalle, joka muuten lähtisi murtumaan välittömästi, jos tien pengerrykset tehtäisiin ilman sitä.

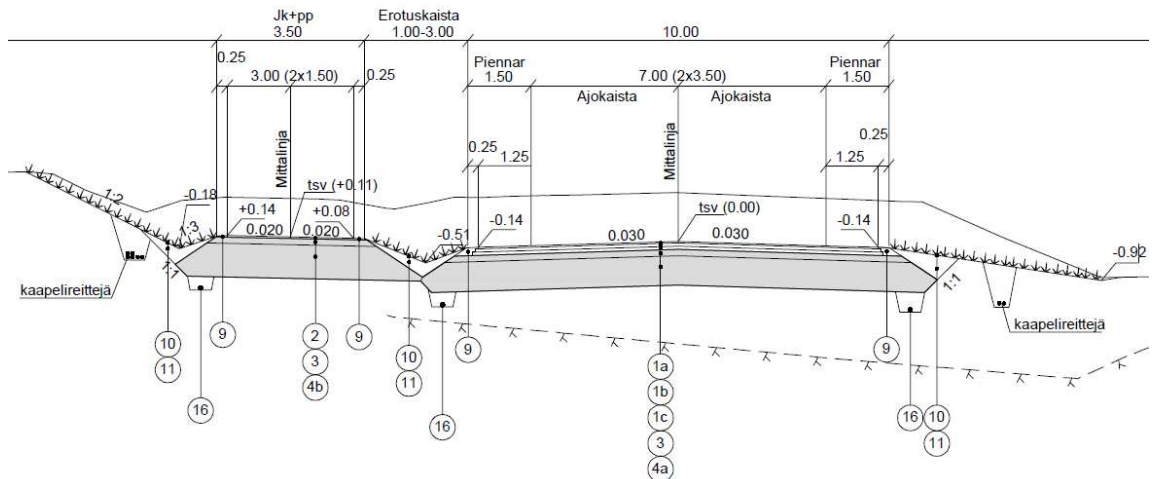
Koska kiertoliittymän reunakivet olivat tyypiltään upotettavia, oli reunakivellisiä asfalttiosuuksia merkatessa otettava huomioon reunakiveyksen asentamiseen tarvittava työvara. Tästä johtuen reunakiveyksen viereinen pohja-asfalttiin jätettiin 25 cm leveä rako valmiiseen asfaltinreunaan nähden. Kun reunakivet oli saatu asennettua paikalleen, voitiin työvaraksi jätetty rako asfaltoida umpeen.

Reunan etäisyyden lisäksi rimoihin merkittiin myös asfalttipohjan korkeus. Tämä tapahtui joko nitomalla rimaan korkolappu, johon kirjoitettiin "Asf pohja 0,0m", tai piirtämällä näkyvä, vaakasuuntainen tussimerkintä, jonka viereen kirjoitettiin sama teksti. Kuten kaikki muutkin kiertoliittymätyömaan korkomerkinnät, asfalttipohjien korot merkattiin takymetrillä, 360°:n prismaan mittaamalla. Vertauslinjoina korkoja merkatessa käytettiin suunnitelmista poimittuja tien tasausviivoja.

Asfalttipohjia merkatessa oli tasausviivan korkolukeman lisäksi otettava huomioon myös kaksi muuta tekijää. Mittariin poimittu tasausviiva ilmoittaa merkatessa linjan valmiin asfalttipinnan koron tien harjan kohdalla. Asfalttipohjaa merkatessa tuli myös huomioida asfalttikerrosten paksuus, josta johtuen linjan lukemasta vähennettiin kerrosten yhteispaksuus, eli 19 cm. Koska merkinnässä tavoiteltiin korkolukemaa tarkalleen riman kohdalla, oli kerrosten paksuuden lisäksi korkolukemasta vähennettävä ajoradan sivuttaiskallistuksesta johtuva korkoero, joka tässä tapauksessa oli 3 %, eli 3 cm/100 cm. Kallistuksesta johtuva korkoero laskettiin mittaamalla rimaan sivuttaismatka tasausviivaan ja kertomalla saatu metrilukema 0,03:lla.

Tällöin tuloksena saatiin tien asfalttipohjan korkeus mittariman kohdalla. Kun molemmat korkotekijät otettiin huomioon, saatiin jokaiselle rimalle yksilöllisesti merkattua asfalttipohjan korko.

Asfaltoinnin mittaustöissä hyödynnettiin myös DTM-mallia (asiasta enemmän kohdassa 5.8 DTM-malli ja koneohjaus). Asfaltointivaiheen kannalta mallia käytettiin pääosin takymetrimittauksessa, ajoratojen asfaltinpintojen tarkistamiseen. Mittauksessa verrattiin asfaltin sen hetkisen pinnan korkoa prismasauvan kohdalla DTM-malliin tallennettuun korkoon. Korot tarkistettiin jokaisen uuden asfaltointikerran jälkeen, jonka yhteydessä asfalttiin maalattiin senttimetrin tarkkuudella eromitta valmiiseen asfalttipintaan nähden. Merkinnät tehtiin paaluluvuittain 4 metrin välein ja jokaiselle välille merkinnät tehtiin asfaltin kumpaankin reunaan sekä harjan kohdalle. Bussipysäkkien levennyksen kohdalla maalattiin poikkisuunnassa yksi ylimääräinen merkintä levennetyin alueen asfaltin reunaan. Maastoon maalatuista korkomerkinnöistä voitiin määrittää tulevien asfalttikerrosten paksuudet. Vajaaksi jääneisiin kohtiin voitiin seuraavaan kerrokseen asfaltoida enemmän ja yli menneille kohdille vähemmän massaa aina tarpeen mukaan.



N:o	Nimitys	Materiaali	Paksuus, mm		Huomi
			ar	jkpp	
1a	Päälystekerros	AB16	40		
1b	Päälystekerros	ABK31	70		
1c	Päälystekerros	ABK31	80		
2	Päälystekerros	AB11		40	
3	Sitomaton kantava kerros	KaM 0/45-55	150	150	
4a	Jakava kerros	M 0/100	700	700	
4b	Jakava kerros	M 0/100		800	
5	Siirtymäkiila				Jakavan materiaalista
6	Reunakivi	Graniitti V17, 170x270 mm			h = 12 cm, madallettu h = 3 cm
7	Reunakivien ymp. täyttö	M 0/32 tai maakostea betoni			
8	Betonikiveys	Iso sauvakivi, harmaa betonikivi (140x300) alle asennushiekka			
9	Piennartäyte	M 0/16			
10	Nurmetus+kasvualusta	A2			
11	Luiskatäyte	Soveltuvat leikkausmaat			
12	Alkutäyttö	M 0/16			
13	Lopputäyttö	Soveltuvat leikkausmaat			
14	Asennusalusta	M 0/16	150		
15	Hulevesiviemäri	PP-SN8	250		
16	Salaoja	M	110		Arina 200mm kalliroleikkauksessa
17	Irtilouhinta	tsv -1 m			
18	Asennushiekka	Hk	20		Meluesteen alle 20 mm asennushiekka

Kuva 7. Kuvassa 7 on Klaukkalantien tyypipipoikkileikkaus ja sen numeroselitetaulukko. Rakennepaksuudet on ilmoitettu millimetreinä.

5.2 Reuna- ja betonikiveykset

5.2.1 Reunakiveys

Yleisesti

Koko rakennustyömaa-alueen reunakiveykset toteutettiin upotettavalla V17 graniittikivellä (170 x 270 mm), jonka pituus vaihteli kiven säteen mukaan. Perusnäkyväksi kivelle jäi 12 cm ja madalletuilla osuuksilla, kuten suojateiden ja ajoliittymien yhteydessä, 3 cm. Reunakiven ympäristö täytettiin tarpeen mukaan joko 0/32 mm raekoon murskeella, tai maakostealla betonilla. Kiertoliittymän reunakiveyksen asentamisesta vastasi kunnan ulkopuolinen urakoitsija. Ilmakuvasta digitoimalla ja maastossa GNSS- ja takymetrimittauksella kartoitetusta aineistosta laskettiin, että reunakiveä asennettiin työmaalle yhteensä 998 metriä.

Mittaaminen ja merkitseminen

Suurin osa työmaan reunakiveyksistä pystyttiin merkitsemään hyödyntämällä niiden vierestä jo olemassa olevaa pohja-asfalttia. Itse reunakiven sijainnin merkintä tapahtui lyömällä asfalttinaula 1,0 m sivuun reunakivilinjasta, jolloin asentajat saivat itse mitattua kiven oikean sijainnin ja merkinnät pysyivät tallessa, eivätkä olleet asennusvaiheessa tiellä.

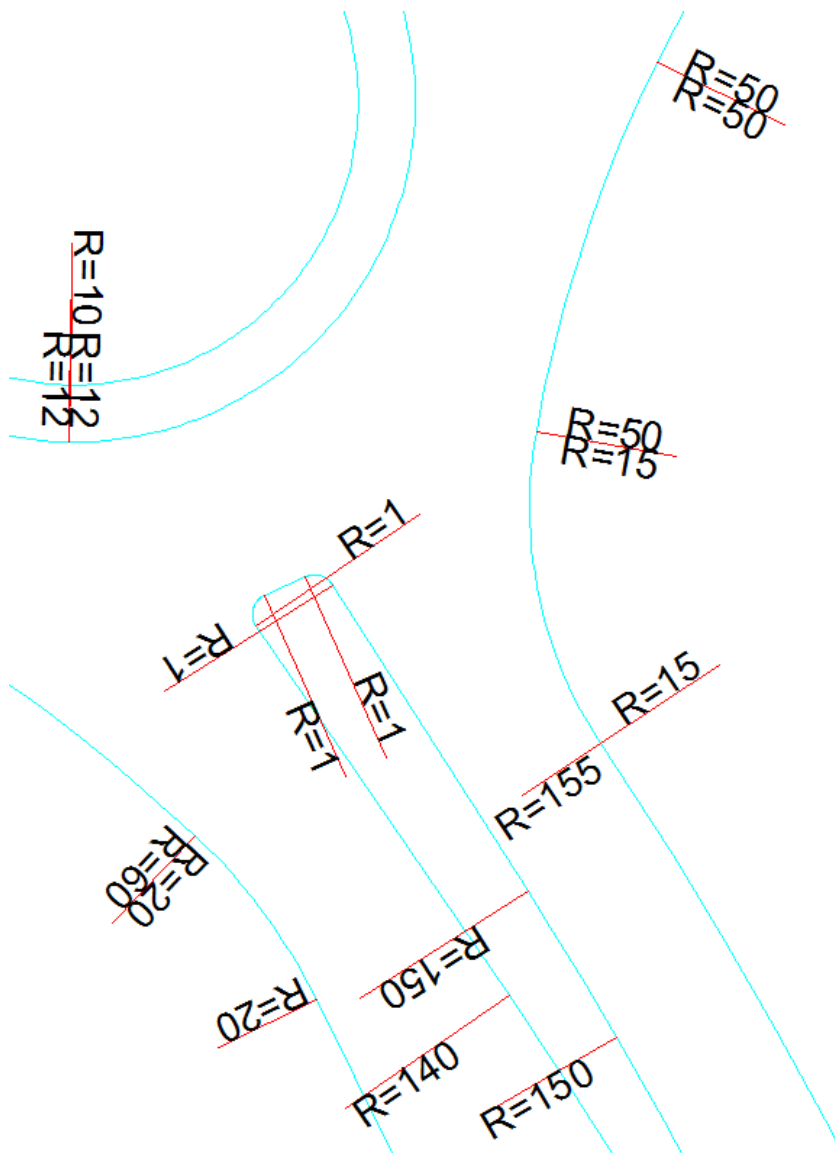
Asfalttinaulojen välimatka riippui aina merkittävän kohdan reunakivilinjan kaarresäteestä. Linjan ollessa täysin suora tai kaarresäteen ollessa niin suuri, että se vastasi laadultaan suoraa linjaa, lyötiin asfalttinaulat 10 metrin välein. Kaarteissa asfalttinauloja lyötiin 2 metrin välein sekä taitepisteisiin, joissa kiven kaarresäteet muuttuivat. Asfalttinaulojen lisäksi merkkausta täydennettiin maalimerkinnoilla. Näitä olivat mm. kivilinjan säteen muutosten lukemat, suojateiden madalluksien tarkat kohdat, sekä kiven yläreunan korkomerkinnot.

Reunakivilinjojen sijainnin merkkaukseen pystyttiin käyttämään GNSS-mittausta sen tuoman riittävän 2D-tarkkuuden johdosta. Merkinnässä toimi kaksi mittausmiestä, joista

toinen mittarin ja sauvan avulla merkitsi reunakivilinjan sijainnin metrin sivuun sen todellisesta paikasta, kun taas toinen mittausmiehistä löi asfalttinaulan merkittyyn pisteeseen ja maalasi sen yhteyteen tarvittavat lisämerkinnät, kuten kaarresäteet ja kiveystyyppin.

Vaikka GNSS-mittaus soveltuukin reunakiven sijainnin merkintään, sen tuottama korkeustarkkuus ei riittänyt kiven yläpinnan korkeuden merkitsemiseen. Tästä johtuen, kun GNSS-mittaukseen soveltuvat sijainnin tasomerkinnät oli saatu tehtyä, vaihdettiin mittauslaitteistoa takymetriin. Reunakiven koron merkkäminen suoritettiin hyvin samaan tapaan kuin sijainnin merkintä, kahden mittamiehen toimesta, joista toinen sauvan, maastotallentimen ja prisman kanssa vertasi kivilinjaan tallennettua reunakiven yläpinnan korkoa asfalttiin lyödyn naulan korkoon, josta saadun erotuksen toinen mittamies merkitsi maalilla asfalttinaulan viereen.

Näiden edellä mainittujen merkintöjen seurauksena reunakiven asentajilla oli nyt tiedossa sivumitta reunakiven todellisesta sijainnista sekä reunakiven yläpinnan korkolu- kema asfaltin pintaan nähden, jonka he saivat määriteltä kiveen asfalttinaulasta vatu- passin ja mitan avulla. Tehokkuutensa lisäksi kahden hengen ryhmässä toimiminen mahdollisti sen, että toinen mittausmiehistä pystyi jatkuvasti valvomaan liikennettä mit- tausalueilla. Ajouradalla työskennellessä tuli pitää mukana myös useampaa liikennekar- tiota, joilla kyettiin varoittamaan ja ohjaamaan autoilijoita työskentelyalueella.



Kuva 8. Kuvassa 8 on reunakivilinjojen merkkäamisessä käytetty aineisto.

Vaaleansininen viiva merkitsee reunakivilinjan etureunan tarkkaa sijaintia. Punaiset, reunakivilinjaan nähden poikittaiset viivat merkitsevät pistettä, jossa linjan säde muuttuu.

R="(nro)" merkinnöillä ilmaistaan kivilinjan kaarresäteen metreinä. Mitä pienempi lukema on, sitä jyrkempi käänös on kyseessä. Tämä ilmenee hyvin esimerkiksi liikenteenjaka-
jan päädyssä, jossa kaarresäteet ovat 1 m (R=1). Merkitsemättömillä väleillä reunakivi-
linjat ovat suoria.

5.2.2 Kiveysalueet

Yleisesti

Kiertoliittymän alueen betonikiveykset toteutettiin isolla sauvakivellä (140 x 300 mm) asennushiekan päälle. Kuten reunakivienkin tapauksessa, asentamisesta vastasi kunnan ulkopuolinen urakoitsija. Betonikiveysten lisäksi kiertoliittymällä käytettiin itse varsinaisessa ympyrässä nupukiveä (140 x 220 x 140 mm), sen yliajettavaksi tarkoitettussa osiossa. Nupukiveyksellä tehtävän, yliajettavan osion leveydeksi tuli 1,8 m, ja se toteutettiin 2,5 %:n sivuttaiskaadolla. Tällä kaadolla pystyttiin välttämään hulevesien kerääntymistä kiveysalueelle ja ohjaamaan vedet läheisiin reunakivikaivoihin.

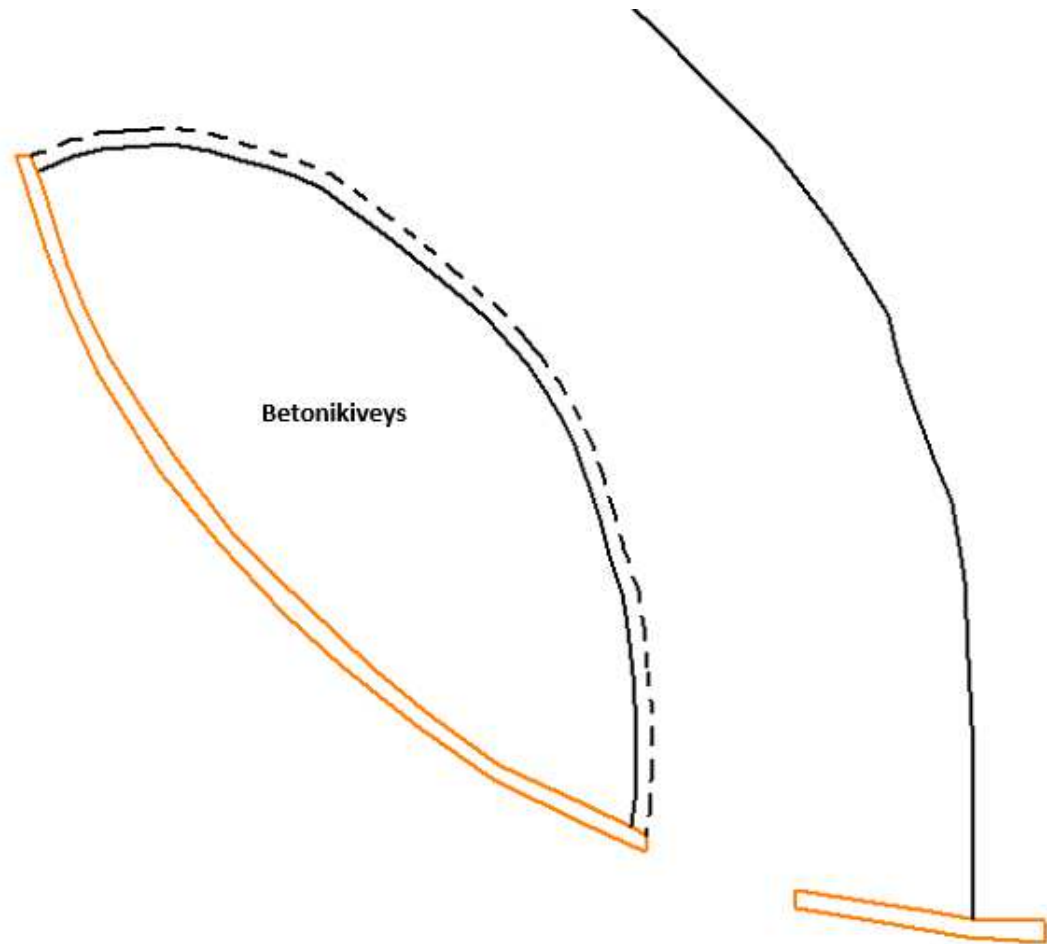
Betonikiveysalueet rajoituivat pääosin yhdeltä sivulta reunakiven yläreunaan ja toiselta asfaltin reunaan. Tämän johdosta kiveysten asentaminen jäi yhdeksi kiertoliittymäprojektin loppupäässä suoritettavista työtehtävistä. Valmistuneiden betonikiveysalueiden pinta-alat laskettiin digitoimalla ja kartoittamalla tuotetusta aineistosta. Betonikiveysten kokonaispinta-alaksi laskettiin 495 m².

Mittaaminen ja merkitseminen

Kiertoliittymän betonikiveysalueiden enintään 20 mm:n vaakasuuntaisen poikkeavuuden tarkkuusvaatimusten johdosta niiden sijainnin merkitsemiseen saavutettiin riittävä tarkkuus GNSS-mittauksella. Betonikiveysalueiden korkotasosta ei merkitsemisvaiheessa tarvinnut huolehtia, sillä se määräytyi kokonaan kiveystä rajaavasta reunakivet ja asfaltin reunasta, jotka olivat asennusvaiheessa jo paikoillaan.

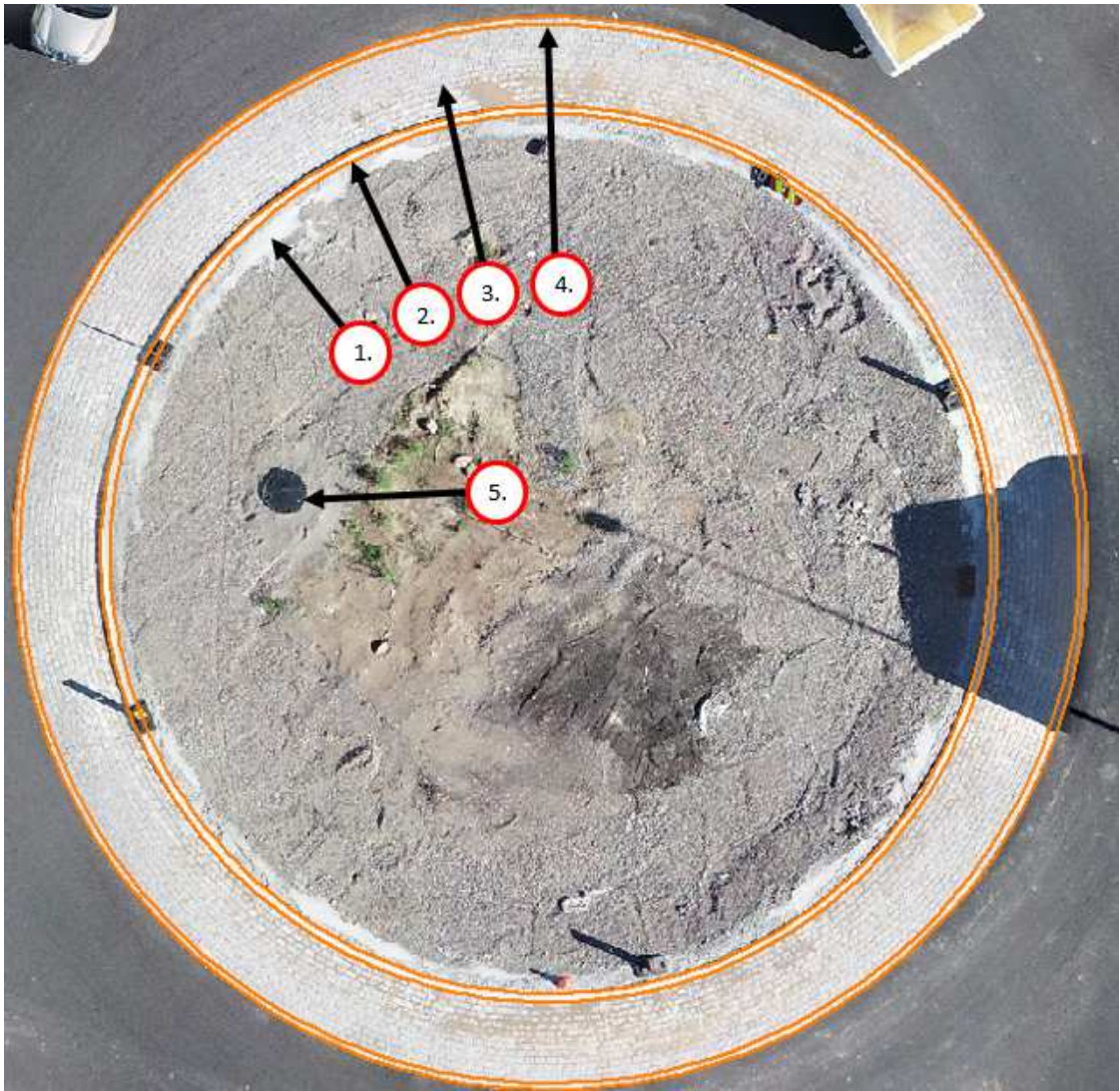
Asfaltin reunaan merkatessa tuli betonikiveysalueiden kohdalla huomioida se, että asfalttien ulkoreunat jäävät aina väistämättä epätasaisiksi ja irtonaisiksi, eivätkä tästä syystä sovellu sellaisinaan kiven asentamiseen. Tästä johtuen kiertoliittymätyömaan kiveysalueiden puoleinen asfaltti tehtiin aina 15 cm ylileveäksi. Tämän jälkeen jäähtyneeseen asfalttiin voitiin GNSS- tai takymetrimittauksen avulla merkitä maalilla betonikiveyksen tarkka rajaus. Ylimääräinen asfaltti sahattiin pois timanttileikkurilla, jolloin lopputuloksena kiveyksen saumasta saatiin mahdollisimman siisti ja tasainen.

Liikenneympyrän nupukiveyksen tapaan keskijakajien ja saarekkeiden betonikiveyksiin tehtiin kaato tielle päin. Tämä toteutettiin pyöristämällä kiveystä, jolloin saarekkeiden keskilinjalle muodostui kiveyksen korkein piste, eikä vesi näin päässyt keräytymään kiveykselle. Kyseiset kaadot toteutettiin molemminpuolisella 2 %:n sivuttaiskaltevuudella.



Kuva 9. Kuvassa 9 on esimerkitapaus betonikiveysalueen merkitsemisestä.

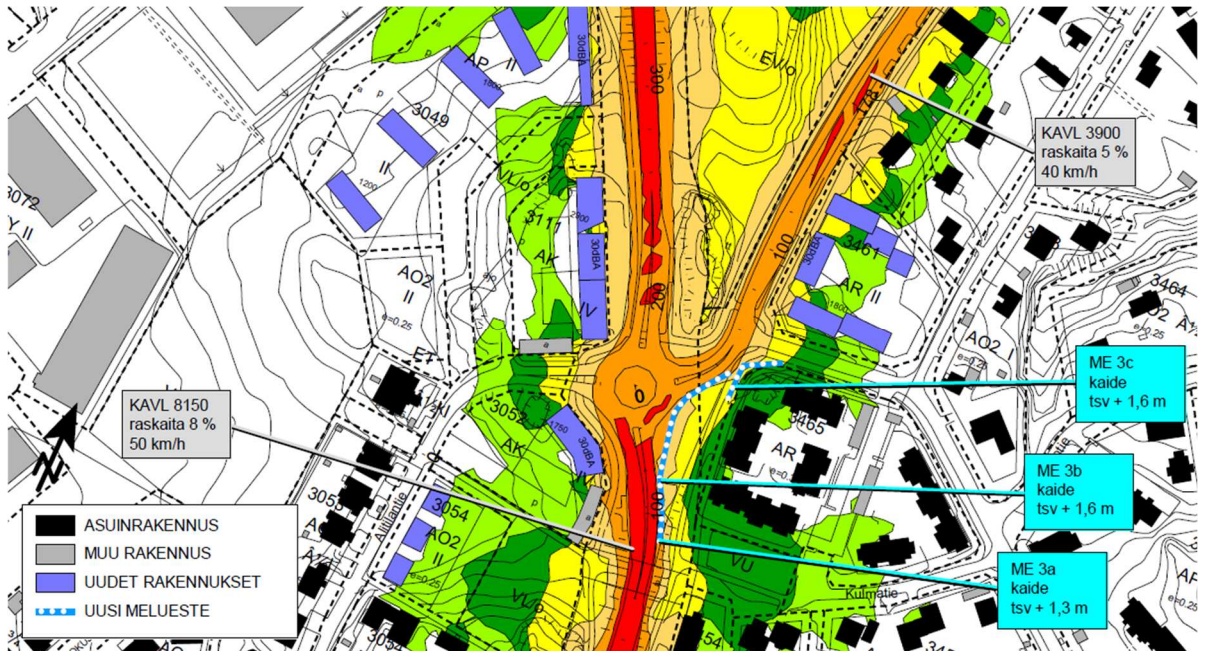
Kuvassa 9 toista reunaa rajaamassa on reunakivi (oranssi viiva) ja toista jalkakäytävän asfaltin reuna. Kuvassa musta katkoviiva merkitsee leikkaussaumaa, johon asfaltin lopullinen reuna tulee sijoittumaan. Kiinteä musta viiva puolestaan on merkattu 15 cm sivuun todellisesta reunasta. Merkkkaus tapahtui pääosin mittarimoja käyttämällä, jossa asfaltin todellisesta reunasta merkattiin sivulle 65 cm ja tähän merkkiin lyötiin lyhyt rima, johon kirjoitettiin lukemaksi asfaltin reunaan 50 cm. Lopputuloksena kiveyksen puolelle 15 cm ylileveä asfaltti, johon maalattiin kiveyksen tarkka reuna, jonka mukaisesti sahaus tehtiin.



Kuva 10. Kuvassa 10 on ilmakuvattu aineisto, johon on digitoitu reunakiven yläreunat. 1. Kiertoliittymän sisemmän reunakiveyksen takaosa täytettiin lisätueksi betonilla. 2. Kiertoliittymän sisempi reunakiveys. 3. Madallettu, ajettava osuus on ladottu nupukiveystä. 4. Kiertoliittymän ulompi reunakiveys. Kivi on madallettu asfaltin tasoon, tehden siitä yliajettavan. 5. kaapelikaivo.

5.3 Meluaidat ja kivikoriaita

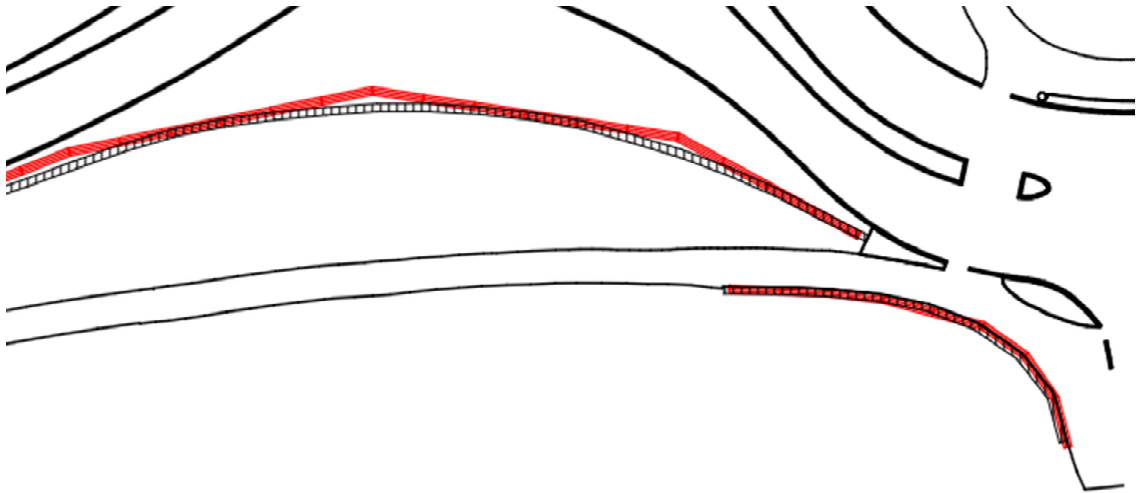
5.3.1 Meluaidat



Kuva 11. Kuvassa 11 on konsultin laatima selvitys kiertoliittymäalueen melutasoista. [7.]

Uuden kiertoliittymän myötä ajoväylät tulivat siirtymään lähemmäs paikallisia asuinrakennuksia. Tästä johtuen osana työmaata rakennettiin kaksi erillistä meluaitaa. aitojen tarkoituksena on suojata kiertoliittymän itäpuolella sijaitsevia rivitalorakennuksia läheiseltä rengasmelulta, sekä toimia suojaavina elementteinä läheistä kevyen liikenteen väylää varten mahdollisissa liikenteen vaaratilanteissa. Toinen meluaidoista rakennettiin kiertoliittymän ja viereisen kevyen liikenteen väliin, kun taas toinen rakennettiin kevyen liikenteen väylän ja rivitalotontin väliin.

Alkuperäisestä suunnitelmasta poiketen lähempänä Klaukkalan keskustaa sijaitsevan meluaidan päätä ei lopetettukaan tsv + 1,3 m:n viisteellä, vaan jätettiin 1,6 m:n korkeiseksi. Kyseinen lopputulos johtui viereisestä valoristeystyömaasta, jolle oltiin myöhemmin rakentamassa samanlaisista elementeistä koostuvaa meluaitaa. Tästä johtuen meluaidan päätepiste jätettiin täyskorkuiseksi, sillä työmaiden meluaidat tulitisiin lopulta yhdistämään yhdeksi, jatkuvaksi rakenteeksi.



Kuva 12. Kuvassa 12 on meluaitojen sijainti digitoidussa kuvassa.

Meluaidat rakennettiin 400 x 60 x 170 cm mittaisista betonielementeistä, joiden alaosa peitettiin 10 cm. Aitojen päihin asennettiin alaspäin viistetyt elementit, joissa alimman kohdan korkeus maanpinnasta oli 130 cm. Meluaidan asennus- ja kiinnitysalustana toimi kivituhkapeti, ja aidat kiinnitettiin toisiinsa hakamaisilla metallikoukkuratkaisuilla.

Kiertoliittymän ja kevyen liikenteen väylän väliin rakennettu meluaidan toteutus poikkesi sijaintinsa puolesta hieman alkuperäisestä suunnitelmasta. Meluaidan alkuperäinen punaisella merkattu sijainti (Kuva 12) muodostui neljästä suorasta osiosta, joiden väleillä oli selkeät taitoskulmat. Ennen meluaitojen rakentamista kuitenkin todettiin, että kaareva aita olisi lopputuloksen kannalta huomattavasti tehokkaampi ja siistimpi, sillä kauttaaltaan kaareva tyyli eliminoisi taitospisteiden tarpeen, jolloin elementtien välille ei jäisi merkittäviä rakoja. Kyseinen ratkaisu todettiin paremmaksi vaihtoehdoksi meluaidan ulkonäön ja toimivuuden puolesta. Lyhyempi, kevyen liikenteen väylän ja tontin väliin sijoitettava meluaita puolestaan toteutettiin alkuperäisen suunnitelman mukaisesti.

5.3.2 Kivikoriaita



Kuva 13. Valmis kivikoriaita autohuollon pengerryksen edessä.

Kiertoliittymän vaatiman pinta-alan vuoksi Klaukkalantien ja Kirkkotien vanhan risteysalueen korkeutta jouduttiin laskemaan. Vertailemalla ilmakehuvaamalla tuotettua pistepilveä sekä kiertoliittymän suunnitelma-aineistosta luotua maastomallia voitiin laskea korkeusero nykyisen ja valmiin asfalttipinnan välillä, joka näiden mukaan tulisi olemaan enimmillään 2,1 metriä. Kyseisen korkeuseron vaikutukset ilmenivät erityisesti läheisen autohuoltamon tapauksessa, jonka asfaltoidun pihan ja kiertoliittymätyömaan kevyen liikenteen väylän väliin jäävä alue oli liian kapea verrattuna pintojen väliseen korkeeroon. Kevyen liikenteen väylän viereen rakennettiin kivikoriaita, jonka tarkoituksena oli auttaa tukemaan viereistä, jyrkkää pengerrystä (kuva 13).

19,30 metriä pitkä ja 0,50 metriä leveä kivikoriaita rakennettiin 17 kappaleesta metalliverkkohäkkejä, jotka oli täytetty noin nyrkin kokoisilla kivillä. Kivikoriaidan sijainti merkattiin GNSS-mittauksella, maalaamalla aidan asfaltinpuoleisen etureunan linjat murskepintaan. Tämän jälkeen kivikorit voitiin nostaa kokonaisina linjan mukaisille paikoilleen.

5.4 Työmaan tarvikkeet ja selvitykset rakennetuista hulevesilinjoista

Kiertoliittymätyömaan siirryttyä kunnan haltuun tehtiin kattava lista työmaalta löytyvistä rakennustarvikkeista, niiden määrästä ja tyypeistä. Näitä olivat mm: kaapelisuoja-putket, sade- ja jätevesi-putket, sekä kaivorakenteet. Työmaalta löytyneet, asentamattomat kaivot olivat pääosin numeroitu suunnitelmien mukaan, joten näillä tiedoilla pystyttiin määrittämään, mitkä kaivot ja putkilinjat olivat vielä rakentamattomia.

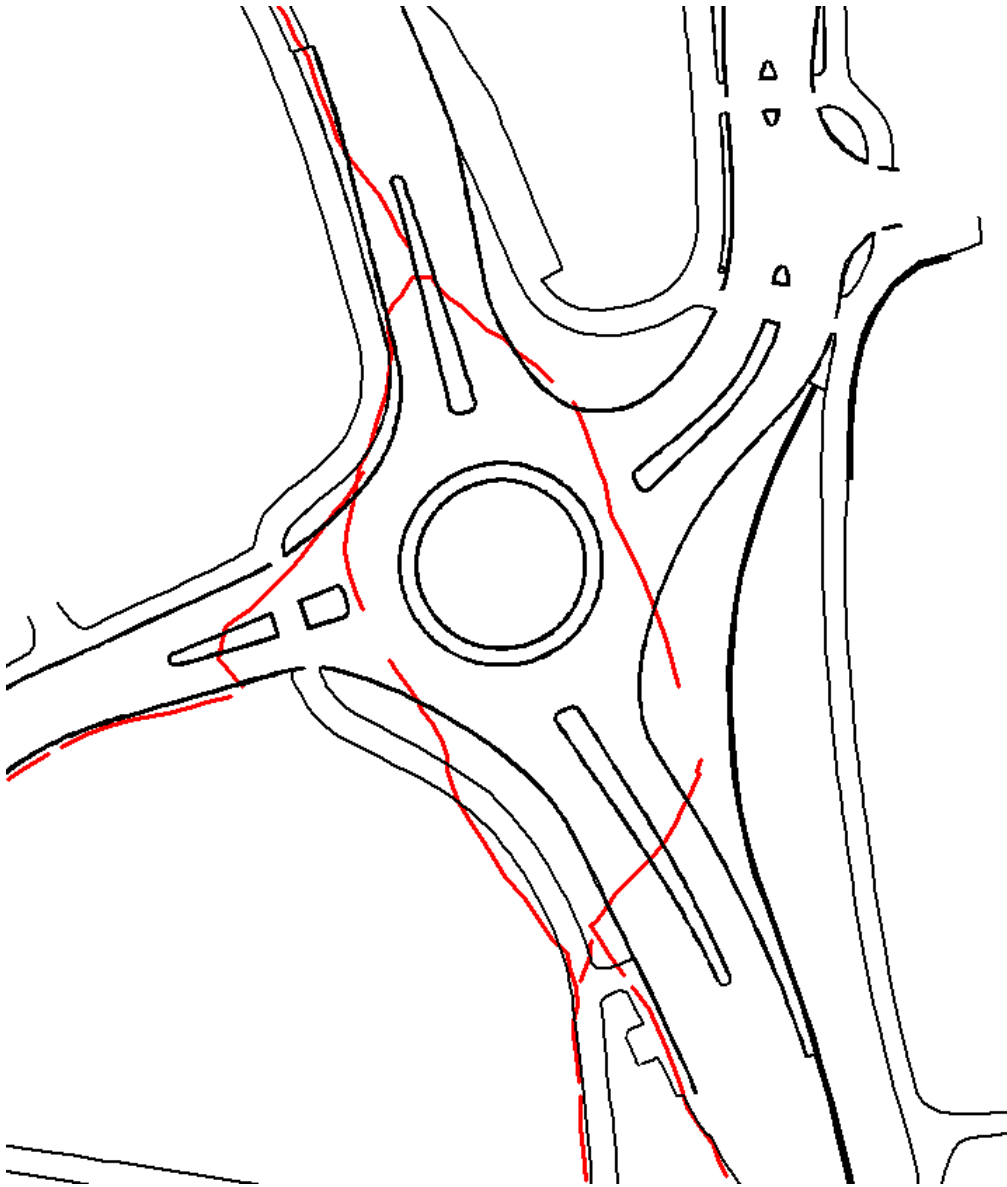
Ilman tarvittua tarkeaineistoa kaivoista ja putkista, oli kuitenkin hankalaa määrittellä sijainnit, joihin putkilinjat olivat jääneet. Tämän takia hulevesilinjat päätettiin kuvata. Linjojen kuvaaminen suoritettiin nelipyöräisen, kameralla varustetun viemärinkuvauslaitteen avulla. Videokuvaa voitiin tarkkailla suoratoistona kontrollikeskuksena toimivasta pakettiautosta ja kun putken pää havaittiin videokuvasta, voitiin sen sijainti määrittää putken suunnan ja laitteen kulkeman matkan perusteella. Kuvatun materiaalin perusteella saatiin selville putkilinjojen ja kaivojen sijainti, joiden olemassaolosta ei vielä aikaisemmin oltu varmoja. Materiaalista voitiin myös määrittellä linjojen kunto ja mahdolliset rakennusaikana syntyneet tukoskohdat.

5.5 Sähkökaapeleiden peilaaminen

Kiertoliittymätyömaaprojektiin kuului useiden uusien valaisinpylväiden rakentaminen, jotka palvelisivat läheisiä teitä ja kevyen liikenteen väyliä. Rakennusprojektin siirtyessä kunnan vastuulle osa uusista valaisinpylväistä oli jo ehditty asentaa paikalleen sekä näille liittyvät sähkövedot rakennettu. Koska kunta ei ollut saanut tietoonsa tarkeaineistoja jo olemassa olevista johdoista tai niiden sijainnista, oli kunnan selvitettävä asia omasta toimestaan. Tämä tapahtui peilaamalla työmaan sähkökaapelit.

Kaapeleiden peilaaminen jossain työmaan rakennusvaiheessa sisältyy nykyään hyvin moniin uusiin rakennuskohteisiin, varsinkin jos kohde sijaitsee jo entuudestaan olemassa olevien rakenteiden läheisyydessä. Aina kun on epäily tai tieto työmaalla sijaitsevista kaapeleista, ne tulee peilata. Tällöin saadaan selville riittävän tarkka sijaintitieto kaapeleille, jotta niiden läheisyydessä osataan toimia varovasti. Peilaaminen tapahtui kunnan ulkopuolisen tahon toimesta hyödyntämällä käsin kannettavaa kaapelitutkaa. Kaapelit löydetään havaitsemalla näiden synnyttämiä eri taajuuksia tutkalla, minkä jälkeen kaapelin sijainti voidaan määrittää signaalin voimakkuuden mukaan. [6]

Kaapelinäyttöjen yhteydessä on myös syytä samalla kartoittaa peilatut sijaintipisteet joko GNSS- tai takymetrimittauksella. Kartoitettu aineisto voidaan mittauksen jälkeen käsitellä CAD-ohjelmistossa esimerkiksi muodostamalla murtoviivan kartoitettujen sijaintipisteiden välille. Viivamuotoinen aineisto on huomattavasti helppolukuisempaa, ja sitä voidaan jatkossa hyödyntää kaapeleiden maastoon merkinnässä ja koneohjausaineistossa. Tämän lisäksi aineiston avulla voidaan täydentää projektipaikkakunnan karttapalvelun kaapelitietoaineistoa, jolloin sijaintitietoja voidaan hyödyntää aluetta koskevissa hankkeissa tulevaisuudessa.



Kuva 14. Kuvassa 14 on kiertoliittymätyömaalla peilattujen sähkökaapeleiden kartoitukset (punaiset viivat).

Viivojen läheisyydessä (Kuva 14), etenkin asfaltoitavilla alueilla joilla kaivuun syvyyden ja leveyden kertamäärät olivat suuret, noudatettiin äärimmäistä varovaisuutta.

5.6 Valaisinpylväiden sijainnin tarkistaminen ja korjaaminen

Uusien valaisinpylväiden sijainti, sekä korko mitattiin pylvään jalustasta GNSS- tai takymetrimittauksella, mittaamalla jokaisen jalustan yläpinnan reunasta kaksi pistettä halkaisijan mukaisesti. Tällä mittausperiaatteella saatiin laskettua ympyrän mallisen jalustan rajat, sen etäisyys määääviin pisteisiin kuten reunakiveen sekä sen korkeus.

Jalustan korkeus määräytyi aina sen sijainnin ja alustan perusteella. Kiertoliittymän valmistuttua kohde tulitisiin luovuttamaan ELY-keskukselle, joka tarkoitti sitä, että työmaan eri osien tarkkuuksien tulisi vastata kyseisen toimitsijan standardeja ja toleransseja. Valaisinpylväiden tapauksessa betonisesta jalustasta saisi jäädä esiin 9–15 cm. Tämä johdetaan varotoimista kolaritilanteisiin, jolloin ajoneuvo törmää itse metalliseen pylvääseen, joka antaa huomattavasti enemmän myöten kuin yli metriin maan alle tuettu betoninen jalusta. Miniminäkymä perustuu jalustassa oleviin säätöruuveihin ja siihen, että ne jäävät asennuksen jälkeen näkyviin.

Osa uusista valaisinpylväistä sijaitsi liikenteenjakkajissa ja keskisaarekkeissa, jotka tulitisiin vielä täyttämään betonikiveyksellä. Näissä tapauksissa korkeuden määrää jalustan viereisten reunakivien yläpinta, joiden korkoihin piti vielä huomioida asennettavan reunakiven 2 %:n kaltevuus. Tämä tarkoitti käytännössä sitä, että puolittain metrin etäisyydellä reunakivestä sijaitsevaa valaisinpylvästä piti nostaa vielä 2 cm korkeammalle kuin annettu näkyvyystoleranssi (9–15 cm).

Kiertoliittymätyömaan valaisinpylväiden tasosijainnin toleranssit puolestaan olivat huomattavasti lievemät. Sijainnin perusteena käytettiin pääosin valaisimen luomaa valokeilaa ja sitä, ettei tiealueelle jäisi valaisemattomia osioita. Jalustan sijainnin ja koron määrittämiseen käytettiin hyvin samankaltaista periaatetta, jossa määäävinä tekijöinä toimivat muut läheiset rakenteet. Keskisaarekkeissa sijaitsevat valaisinpylväät asennettiin saarekkeiden keskelle, yhtäläisiin etäisyyksiin viereisistä reunakivistä. Tällöin pylväiden valaisimet palvelivat symmetrisesti tien kumpaakin kaistaa, ja kiertoliittymän yleisilme säilytettiin miellyttävänä.

5.7 Työmaan UAV-kuvaaminen

Kiertoliittymätyömaa kuvattiin kahteen kertaan sen jälkeen, kun tieto työmaan siirtymisestä Nurmijärven kunnan vastuulle oli saatu tietoon. Ensimmäinen kuvauskerta suoritettiin 17.4.2018. Työmaa kuvattiin toisen kerran 8.8.2018, kun merkittävimmät rakennusvaiheet olivat valmistuneet.



Kuva 15. a) Ilmakuva 17.4.2018, b) Ilmakuva 8.8.2018.

Vanhemmasta kuvasta (Kuva 15 a) kykenee hahmottamaan kiertoliittymän muodon sekä väliaikaiset liikennejärjestelyt risteysalueella. Saatua kuvausmateriaalia voitiin hyödyntää kahteen tarkoitukseen. Ensimmäisellä kuvauskerralla saatu materiaali kuvasi työmaata, joka oli lopputulokseen verrattuna alkuvaiheillaan. Kuvasta saatua aineistoa voitiin kuitenkin tässä vaiheessa projektia hyödyntää muodostamalla pistepilvestä maastomalli, jonka pinnan korkeutta verrattiin vastaavanlaiseen, valmista asfalttipintaa kuvaavaan malliin. Mallien välisistä korkeuseroista pystyttiin laskemaan arvioivat määreet työmaalla lisättävistä tai poistettavista maamassoista ja murskeista.

Myöhempi kuvauskerta tehtiin, kun kiertoliittymä oli lähellä valmistumista. Tie oli avattu julkiseen käyttöön, eikä työmaalla ollut jäljellä enää kuin viimeistelytyöt, kuten mullitus, istutus ja puuttuvien liikennemerkkien asentaminen. Myöhemmin otettua ilmakuvaa käytettiin pääosin kunnan karttapalvelun täydentämiseen. Suurin osa päivitetystä materiaalista saatiin ilmakuvasta digitoimalla, kun taas hankalimmat paikat kuten erityisen varjoiset ja kasvillisuuden peittämät alueet, sekä betonikiveykset, joiden reunat eivät erottuneet saumaushiekan vuoksi, jouduttiin kartoittamaan paikan päällä käsin.

Muita UAV-kuvauksen toteutukseen liittyviä tietoja:

- Lentokorkeus 50 m (kuvattava alue sijaitsee lentokentän lähialueella)
- Kopteri Phantom 4 Pro, neliroottorinen UAV
- Käytetyt signaalipisteet: Ensimmäinen lento 4 kpl, toinen lento 7 kpl
- Kuvaprosessointi: Agisoft Photoscan Pro
- Pistepilven harvennus ja luokittelu: Terrascan
- Pintojen vertailu ja kartan digitointi: 3D-Win.

5.8 DTM-malli ja koneohjaus

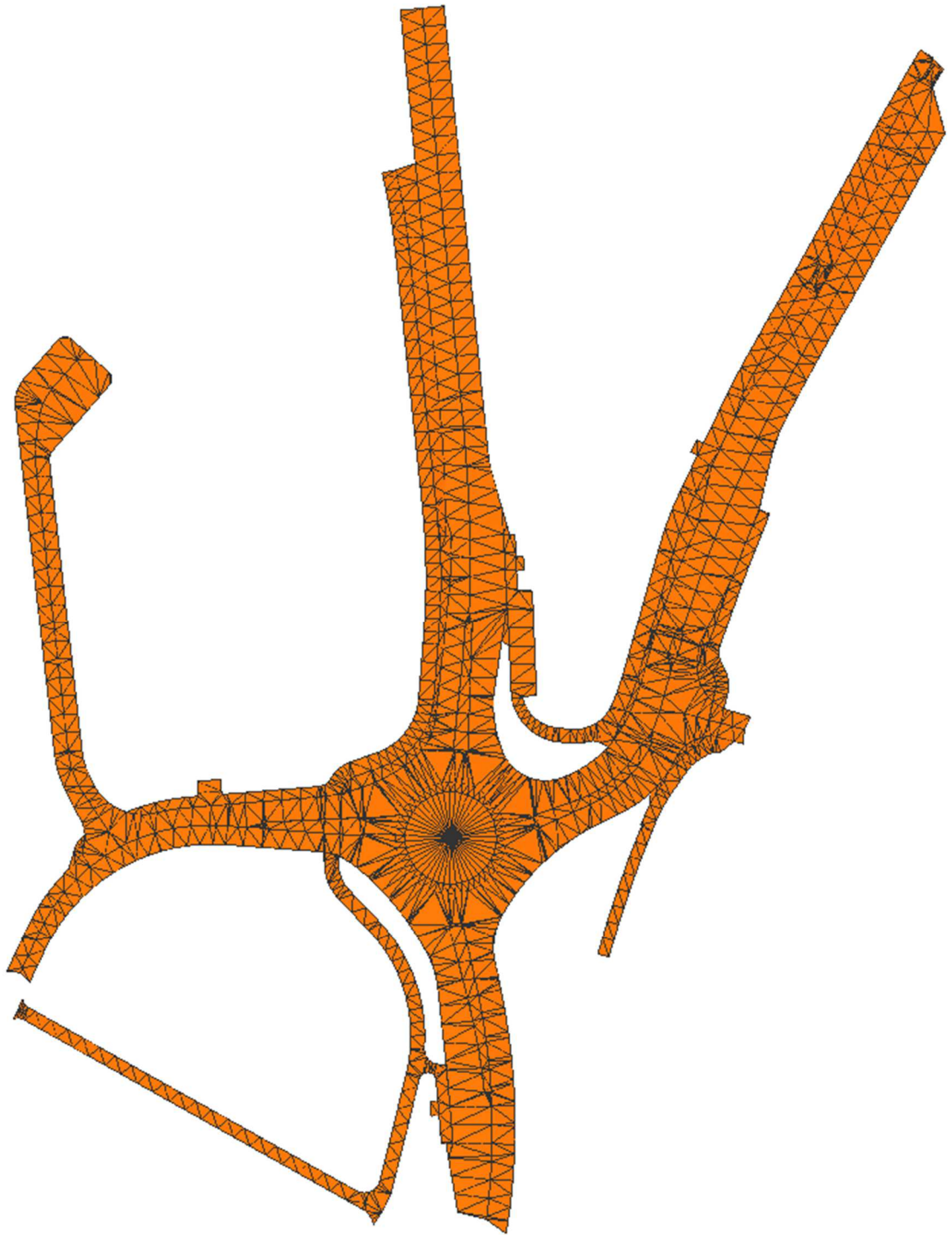
Yksi työmaalla hyödylliseksi osoittautunut mittausmenetelmä pohjautui DTM (Digital Terrain Model) -mallin käyttöön. Mallin sijainti- ja korkotiedot kuvaavat kiertoliittymätyömaan valmiita pintoja, joihin kuuluvat ajoratojen ja jalkakäytävien asfaltin pinnat, reunakivien ala- ja yläreunat, sekä betonikiveysalueiden pinnat. Kolmioitu aineisto ilmoittaa mittauksen yhteydessä suoraan paikallisen valmiin pinnan korkolukeman, joka on huomattavasti nopeampaa kuin vastaava tasausviivasta laskeminen. DTM-mallia voitiin hyödyntää mm. asfalttipohjia tehdessä, sekä valmiiden asfalttipintojen tarkistamiseen. Vaikka alueen rajalinjat erottuvatkin valmiissa mallissa, oli mittauksen yhteydessä syytä käyttää taustakuvana kiertoliittymän asemapiirustusta, jotta mitatessa voitiin aina määrittää tarkalleen, missä liikuttiin.

DTM-mallin rakentamiseen hyödynnettiin kolmea eri suunnitelma-aineistoa:

- Asemapiirustuksen DWG-versio, josta poimittiin asfaltin, reunakivien ja kiveysalueiden reunat sekä tien harjalinjat. Viivamuotoinen aineisto ei harjoja lukuun ottamatta sisältänyt korkotietoja, joten sitä ei tällaisenaan voinut suoraan hyödyntää DTM-mallinnukseen, vaan sitä jouduttiin täydentämään muiden suunnitelma-aineistojen avulla.
- Poikkileikkauskuvien avulla kyettiin laskemaan DWG-kuvasta poimituille viivoille korko paalukohtaisesti. Suunnitelman tasausviiva sijoittui samaan kohtaan tien harjan kanssa, jolloin DWG-aineisosta poimittuja, korkotiedot sisältäviä harjalinjoja voitiin soveltaa laskettaessa korkoja reunaviivoille. Reunaviivojen korko laskettiin poikkileikkauskuvassa ilmoitettujen, tasausviivaan nähden suhteutettujen eromittojen ja kallistusprosenttien mukaan. Poikkileikkauskuvien avulla saatiin myös tietää reunakivilinjojen näkyvyyslukemat sijaintikohtaisesti, jonka avulla malliin voitiin määrittää sekä kiven asfaltin viereinen alareunan korko, että sen yläreunan korko.
- Tasauskuvassa ilmoitettujen tasauskäyrien korkoja pystyttiin hyödyntämään kiertoliittymän tasauksen kannalta vaativammissa rakenteissa, kuten varsinaisen ympyrän alueella, sekä teiden kaarrekohdissa, joissa pelkät poikkileikkauksista lasketut eromitat eivät enää tuottaneet riittävän tarkkaa lopputulosta.

Kiertoliittymätyömaasta muodostettua DTM-mallia pystyttiin hyödyntämään myös koneohjauksessa, sillä asfalttipohjat tehneellä urakoitsijalla oli käytössään kahdella Leican GNSS-vastaanottimella varustettu, pyörialustainen kaivinkone. Koneohjausta hyödyntämällä voitiin vähentää perinteisen maastoon merkinnän ja tarkistusten tarvetta, sillä kaivinkoneen ohjaaja pystyi suurelta osin tarkistamaan pohjatöissä vaadittujen leikkausten ja täyttöjen karkeat määrät itse. [4]

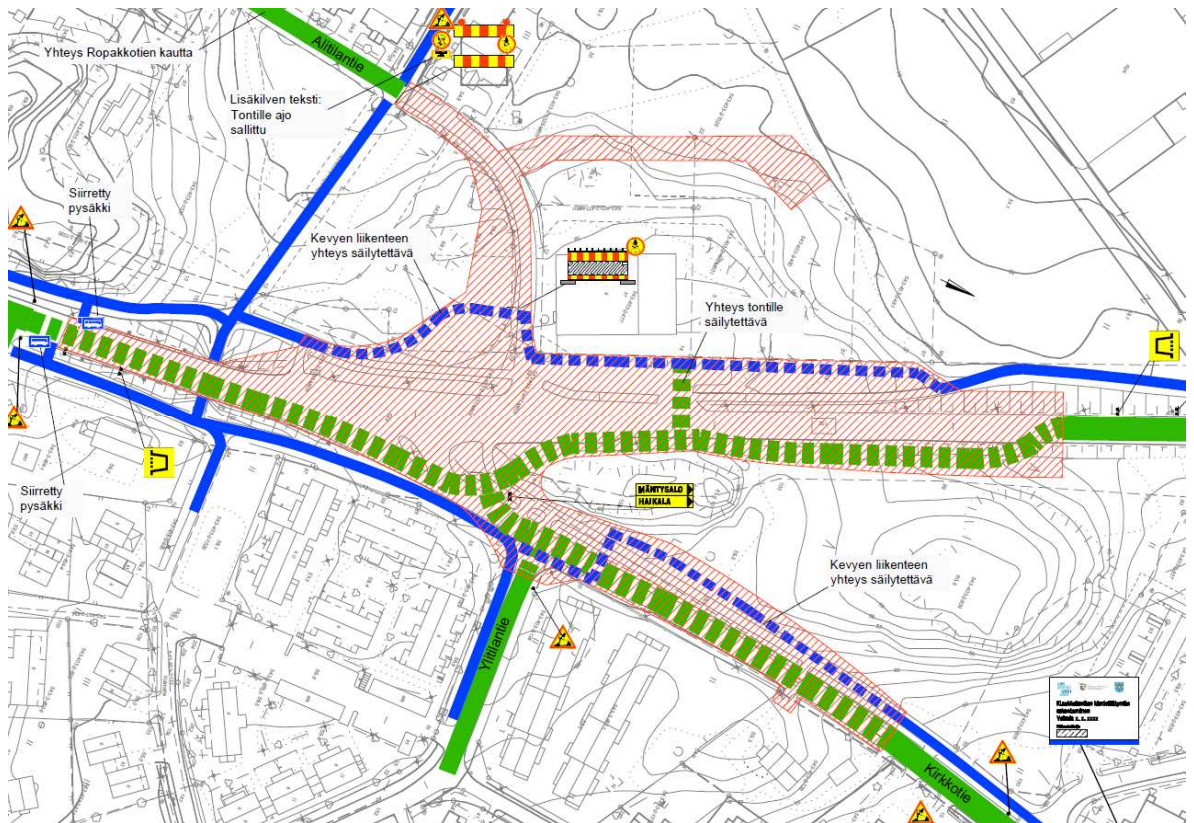
Koneohjauksen ansiosta kaivinkonekuski pystyi myös mittaamaan tarkkeet työmaa-alueen kaivojen kansista siltä varalta, että nämä tulisivat jäämään murskeen alle asfalttipohjia tehtäessä. Tarkeaineistoa voitiin taas hyödyntää ennen ensimmäistä asfaltointikertaa, kun kaivojen kannet nostettiin oikeaan korkoon. Koska kyseinen koneohjaus perustui GNSS-mittaukseen, oli sillä saatu korkotarkkuus riittämätön mm. asfalttipohjien ja pintojen mittaamiseen. Tästä johtuen lopullisten pintojen mittaukset ja merkinnät suoritettiin takymetrillä mittausmiehen toimesta.



Kuva 16. Kuvassa 16 on kiertoliittymätyömaan valmiiden rakennepintojen DTM-malli.

Malliin (Kuva 16) sisältyvät ajoratojen, kevyen liikenteen väylien ja linja-autoliikenteen odotustilojen valmiit asfalttipinnat, reunakivien yläpinnat sekä alareunat ja betonikiveysalueiden valmiit pinnat.

5.9 Väliaikaiset liikennejärjestelyt



Kuva 17. Kuvassa 17 on suunnitelma kiertoliittymätyömaan aikaisesta liikennejärjestelystä. Klaukkalan keskusta sijaitsee kuvasta vasemmalle. Sininen kiinteä- / katkoviiva: Kevyen liikenteen väylät. Vihreä kiinteä- / katkoviiva: Ajoliikenne. Punainen alue: Työmaan alue-
rajaus

Kuten johdannossa selostettiin, Kirkkotien ja Klaukkalantien risteys on Klaukkalan keskustaan ja sieltä pois päin kulkevan liikenteen palvelun kannalta merkittävässä asemassa. Tavallisen henkilöautoliikenteen lisäksi risteuksen läpi kulkee päivittäin Helsinkiin suuntaavia ja sieltä saapuvia raskaan kuljetuksen ajoneuvoja ja linja-autoja. Klaukkalan keskustaan on Klaukkalantien risteyksestä kaksi muuta kulkuyhteyttä: Ylitolantie ja Alitolantie. Nämä ovat kuitenkin molemmat luonteeltaan kapeakaistaisia kokoojakatuja, jotka oli mitoitettu mahdollittamaan kaksi rinnakkaista henkilöautoa, eivätkä tästä johtuen soveltuneet jatkuvaan raskaan liikenteen käyttöön. Liikennemäärien ja teiden laadusta johtuen kiertotien järjestäminen kummankin tien kautta oli mahdotonta, joten ainoa mahdollisuus keskustan kulkuyhteyden varmistamiseksi oli säilyttää se risteysalueella, rakennustyömaa-alueen yhteydessä.

Väliaikaisia liikennejärjestelyitä (kuva 17) suunnitellessa oli myös otettava huomioon se, että alueen asutuksille ja palveluille tuli säilyttää jatkuva kulkumahdollisuus niitä käyttäville ja se, että työmaan liikennejärjestelyt eivät merkittävästi häirinneet alueella käytössä olevia kevyen liikenteen kulkuyhteyksiä tai niiden toimivuutta.

6 Yhteenveto

Lopputuloksena syntyvä infrahankkeiden maastomittauksen ohjeistus on insinööriyön palautuksen hetkellä sisällöltään alkutekijöissään siihen nähden, minkälaiselta sen halutaan lopulta näyttävän. Kyseisenä ajankohtana ohjeistus pitää sisällään selostukset ai-noastaan Klaukkalan kiertoliittymätyömaalla suoritetuista työvaiheista. Ohjeistusta tul-laan päivittämään tulevaisuudessa sisältämään uusia, laadultaan sopivien työnkuvien selostuksia ja ohjeistuksia, niiden ilmaantuessa kunnan työmailla.

Ohjeistuksen tavoiteltu esimerkkitapaus on kattava ja helppolukuinen kuvaus kustakin työvaiheesta, jossa ilmenee hyvin kohteen tavoitteet, perusteet, sekä mittaukseen ja asennustöihin liittyvät laatuvaatimukset. Rakenteeltaan jokaisen työvaiheen ohjeistus tu-lee pitämään sisällään seuraavat asiat:

- Yleinen esittely kyseisestä kohteesta. Tässä osiossa selostetaan työvaiheen pe-rusteet ja sen vaikutukset infrahankkeen lopputuloksen kannalta. Esittelyn tulee antaa lukijalle tarpeeksi tietoa rakennusvaiheesta, jotta tämä pystyy muodosta-maan mielikuvan aiheen perusteista.
- Kattava kuvaus kohdeaiheen mittauksesta, merkitsemisestä ja asentamisesta. Tehokkaan työnteen ja laadukkaan lopputuloksen takaamiseksi aiheeseen pe-rehtyvällä tulee olla riittävä ymmärrys myös rakentajien ja asentajien työproses-seista. Laadultaan ja määrältään sopivat merkinnät helpottavat rakentamisen kul-kua, sekä vähentävät uudelleenmerkintöjen tarvetta. Tässä osiossa annetaan työvaiheeseen sopivista merkkau- ja mittauksetavoista esimerkkejä, jotka pitävät sisällään maastomittausten ohjeiden lisäksi myös ohjeistuksen suunnitelma-ai-neiston editoinnista mittauskelpoiseen muotoon sekä ohjeistuksen mittauslait-teiston käyttöön.
- Rajaus työvaiheeseen liittyvistä mahdollisuuksista virhe- tai vaaratilanteisiin. Tässä osiossa otetaan kantaa kyseessä olevan työvaiheen yleisimpiin virheisiin ja siihen, miten niitä voidaan mittauksen kannalta välttää mahdollisimman tehok-kaasti. Vaaratilanteista huomioidaan puolestaan ne seikat, jotka todennäköisim-min koskevat työtehtävän toiminta-aluetta mm. maaston, liikennejärjestelyiden tai olemassa olevien infrarakenteiden kannalta.

Koneohjaus on tulevaisuudessa mittauksen kannalta merkittävässä roolissa, ja sen yleistyessä myös Nurmijärven kunnassa todettiin kannattavaksi sisällyttää ohjeistukseen myös oma koneohjausta ja DTM-mallinnusta käsittelevä osio. Insinööriyön laatimisen hetkellä koneohjausmallinnusta on hyödynnetty pääosin tiealueiden pintojen, sekä vesihuollon rakentamisessa. Mallintaminen itsessään on kuitenkin niin monivaiheinen prosessi, ettei sitä ole kannattavaa sisällyttää työvaiheita käsittelevään ohjeistukseen. DTM-mallintamista ja koneohjausta käsittelevät ohjeistukset laaditaan omaksi ohjeistukseksi, jonka toivotaan auttavan pitämään asiayhteys helposti ymmärrettävänä kokonaisuutena.

Lähteet

- 1 Kunnallisteknisten töiden yleinen työselostus 02. 2002. Helsinki. Suomen Kuntaliitto
- 2 Ympäristömelun peruskäsitteet. 2013. Verkkoaineisto. ELY-keskus. <http://www.ely-keskus.fi/documents/10191/2073102/Liikonen_Johdatus_ymp%C3%A4rist%C3%B6meluun.pdf>. Luettu 23.9.2019.
- 3 Yleisimmät asfalttityypit. Verkkoaineisto. YIT. <<https://www.yit.fi/asfaltti/paallystyksen-tuotteet/perusasfaltit>>. Luettu 10.9.2019.
- 4 Korkeusmallit. Verkkoaineisto. Maanmittauslaitos. <<https://www.maanmittauslaitos.fi/tutkimus/teematietoa/korkeusmallit>>. Luettu 20.6.2019.
- 5 Tierakenteen suunnittelu. 2004. Verkkoaineisto. Väylävirasto. <<https://julkaisut.vayla.fi/thohje/pdf/2100029-v-04tierakenteensuunn.pdf>>. Luettu 18.7.2019.
- 6 Johtotietojen hallinta. 2009. Verkkoaineisto. Väylävirasto. <https://julkaisut.vayla.fi/pdf2/3201117-v-johtotietojen_hallinta.pdf>. Luettu 16.7.2019.
- 7 Asemakaavan muutoksen selostus (ehdotus). 2013. Verkkoaineisto. Nurmijärven kunta. <http://m.nurmijarvi.fi/filebank/11087-3-334_selostus_nettiin.pdf>. Luettu 28.3.2019
- 8 Paikkatietoikkuna. 2019. Verkkoaineisto. Maanmittauslaitos. <<https://kartta.paikkatietoikkuna.fi/>>. Luettu 18.9.2019.
- 9 Paikkatietoikkuna. 2019. Verkkoaineisto. Maanmittauslaitos. <<https://kartta.paikkatietoikkuna.fi/>>. Luettu 30.1.2019.
- 10 Liikennemääräkartat koko maa vuosilta 2012–2018. 2019. Verkkoaineisto. Väylävirasto. <<https://julkinen.vayla.fi/webgis-sovellukset/webgis/template.html?config=liikenne>>. Luettu 15.5.2019.