

TYÖKONEAUTOMAATIO MITTAUSMENETELMÄNÄ  
INFRA- SANEERAUSKOHTEESSA

Eero Olavi Alamikkela  
2011  
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

# TYÖKONEAUTOMAATIO MITTAUSMENETELMÄNÄ INFRA- SANEERAUSKOHTEESSA

Eero Olavi Alamikkela  
Opinnäytetyö  
11.11.2011  
Rakennusalan työnjohdon koulutusohjelma  
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

# TIIVISTELMÄ

Tässä tutkielmassa kuvataan Kiimingin kuntakeskuksessa kesäkuussa 2011 aloitettua saneerausprojektia. Lähemmin tarkastellaan infrarakentamisessa käytössä olevia mittausmenetelmiä sekä niissä käytettäviä laitteita ja apuvälineitä.

Varsinaisessa tutkimuksessa käydään läpi eri mittausmenetelmien käyttöä Kiimingin urakkakohteessa painottaen työkoneautomaatiota. Työkoneautomaation osalta käydään läpi sen käyttöönotolle merkityksellisten 3D-mallien laadintaa ja niiden merkitystä projektin toteutukselle. Lisäksi arvioidaan työkoneautomaation ongelmia sekä projektin aikana ilmenneiden lisää-/muutostyötarpeiden vaikutusta mittausmenetelmien valintaan.

Tutkimuksessa tuodaan esille myös muita työmaalla ongelmia synnyttäviä seikkoja. Esille tulee puutteita suunnittelussa ja suunnittelun lähtötiedoissa. Edellä mainittujen havaintojen merkitys kasvaa suureksi, kun aletaan analysoida työkoneautomaation soveltuvuutta kohteena olleen projektin kaltaisille työmaille.

Lopputuloksena saadaan arvio, joka tukee työkoneautomaation soveltuvuutta työskentelyyn myös ”ahtaassa” ja monivaiheisesti rakennetun vesijohto- ja viemäriverkoston saneerauksessa. Ensimmäisenä edellytyksenä työkoneautomaation toimivuudelle ja siitä täyden hyödyn saamiselle on se, että automaatiossa käytettävien mallien laatijat ovat ammattitaitoisia sekä mallien lähtötiedot ovat oikeita ja kattavia. Toisena edellytyksenä on, että työkoneiden paikannustieto saadaan kitkattomasti automaation käyttöön.

# SISÄLTÖ

TIIVISTELMÄ.....	3
SISÄLTÖ.....	4
1 JOHDANTO.....	5
2 RAKENNUSPROJEKTI KIIMINGISSÄ .....	6
2.1 projektin historiaa .....	6
2.2 Pääsuoritusvelvollisuus .....	6
2.3 Projektin suoritus aika ja laatuvaatimukset.....	8
3 MITTAUSMENETELMIÄ.....	10
3.1 Työkoneautomaatio .....	10
3.2 Maastoon merkitseminen .....	17
4 MITTAUSMENETELMÄT KOHTEESSA.....	24
4.1 Työkoneautomaatio .....	24
4.1.1 Rakennussuunnitelmamallit ja 3D-mallien laadinta.....	24
4.1.2 Käytetyt työkoneet ja työkoneautomaation ongelmia.....	27
4.2 Muut mittausmenetelmät ja lisätöiden vaikutus .....	28
5 TYÖMAAN ONGELMIA .....	29
6 JOHTOPÄÄTÖKSIÄ .....	30
6.1 Työkoneautomaation etuja ja haittoja.....	30
6.2 Työkoneautomaatiokoneiden soveltuvuus kohteeseen .....	30
6.3 Työkoneautomaation käytön tehostamiskeinoja.....	31
7 LOPPUSANAT.....	32
LÄHTEET .....	33
LIITTEET .....	34

# 1 JOHDANTO

Tässä lopputyössä käsitellään Kiimingin kuntakeskuksessa kesäkuussa 2011 aloitettua saneerauskohdetta. Lopputyössä käsitellään myös infrarakennuskohteissa käytettäviä eri mittausmenetelmiä ja niiden apuvälineitä. Lisäksi käydään läpi mittausmenetelmien käyttöä Kiimingin saneerauskohteessa sekä projektin aikana ilmenneiden lisä- ja muutostyötarpeiden vaikutusta mittausmenetelmien valintaan.

**Tutkimusongelmana** on selvittää työkoneautomaation soveltuvuutta työskentelyyn taajaan ja useassa erivaiheessa rakennetun kuntakeskuksen alueella, jossa käytännössä kenelläkään ei ole varmuutta jokaisen putki- tai kaapelilinjan sijainnista. Mittausmenetelmien teknisiä vaatimuksia ja ominaisuuksia ei käsitellä syvällisesti.

Tutkimus kohdistuu työkoneautomaation käyttöön Kiimingin saneeraustyömaalla. Työkoneautomaation soveltuvuutta arvioidaan seuraamalla työn laatua ja kustannuksien kehitystä. Työn laatua ja syntyneitä kustannuksia arvioidaan päivittäisellä seurannalla ja vertaamalla laskennallisia työ- ja materiaalmääriä toteutuneeseen. Lähteinä työkoneautomaation käytöstä käytetään asiantuntijoiden kirjoittamia artikkeleita eri mittausmenetelmistä.

## 2 RAKENNUSPROJEKTI KIIMINGISSÄ

Tässä luvussa käsitellään projektin historiaa yleisellä tasolla suunnittelun alkuvaiheista tarjouspyyntöön, jonka jälkeen käsitellään tarjousten laadintaa ja tarjouskilpailun etenemistä. Lisäksi esitellään rakennuskohteet sekä käydään läpi urakan yleiset laatuvaatimukset

### 2.1 PROJEKTIN HISTORIAA

Työn tilaajana/rakennuttajana toimii Kiimingin kunta, Yhdyskuntapalvelut sekä Kiimingin Vesi Oy ja suunnittelijana Ramboll Finland Oy. Rakennuttajan konsulttina toimi Ramboll Finland Oy:n edustaja Seppo Saarinen. Urakan kohteena ovat nykyiset kadut, alueet ja silta. Nämä kohteet sijaitsevat Kiimingin kunnan keskustan alueella.

Ensimmäiset suunnittelutoimet Kiimingin työmaalle Opintien osalta aloitettiin jo vuonna 2006 ja kuntakeskuksen osalta vuonna 2009. Lopullinen suunnittelu saatiin valmiiksi molempien osalta keväällä 2011. Suunnittelun valmistuttua käynnistettiin tarjouskilpailu, jossa tarjouksen tuli olla urakkamuodoltaan kokonaisurakka tilaajan laskemilla määrillä. Tarjouksen jätti viisi (5) yritystä; VRJ Group Oy, JT-Service Oy, Kiimingin sora eli OMV Oy, NCC Rakennus Oy ja Destia Oy.

Tilaaaja aloitti tarjousten vertailun pisteyttämällä tarjoukset. Tarjousten pisteytys suoritettiin tekemällä niille laatu- ja hintavertailut. Vertailujen painotukset olivat laadulle 40 % ja hinnalle 60 %. Laatuosiossa arvioitiin yritysten yleiset edellytykset sekä alustavat laatu- ja toimintasuunnitelmat (RAMBOLL Finland Oy, 2011). Tarjouskilpailun voitti Destia Oy 14.4.2011 jättämällänsä tarjouksella, jonka kokonaishinta oli 1 594 662,27 euroa.

### 2.2 PÄÄSUORITUSVELVOLLISUUS

Urakkaan kuuluvat Kiimingin keskustassa Terveystie sekä siihen liittyvät katuosuudet: Keskustie, Lempiniementie, Tuohimaantie, kunnantalon aukio, tori, Opintie ja Opintien silta. Rakennustyöhön sisältyy katujen ja

kunnallistekniikan saneerausta, uudisrakentamista, purkutöitä, ympäristörakentamista ja sillan rakentaminen. Tori on rakennettu murskepintaan vuonna 2010. Urakkaan sisältyvät kaikki työt, materiaali-, varuste- ja laitehankinnat, työmaapalvelut, liikennejärjestelyt siinä laajuudessa, kuin ne urakan rakennussuunnitelmissa on määritelty. (Urakkaohjelma, 2011)

Urakkaan kuuluu edellä mainittujen töiden osalta rakentamisen toteuttaminen sopimusasiakirjojen vaatimukset täytenä siten, että se myös tekniseltä toimivuudeltaan vastaa sille sopimusasiakirjoissa asetettuja vaatimuksia. Urakkaan kuuluvat urakassa tarvittavien rakennusvälineiden hankkiminen, tekeminen, purkaminen ja poistaminen sekä kaikkien niistä johtuvien käyttö- ja muiden kulujen maksaminen. (Urakkaohjelma, 2011)

Rakentaminen sisältää suunnitelmien ja määrä- ja yksikköhintaluetteloiden mukaisesti muun muassa seuraavat työvaiheet (Urakkaohjelma, 2011):

- Rakentamisen työalueisiin rajoittuvien olevien rakennusten vauriokatselmusten suorittaminen.
- Vesihuoltotyöt kaivu-, putkitus- ja täyttötöineen sekä vanhan verkoston purku- ja käytöstä poisto.
- Vanhan sillan purku ja uuden sillan rakentaminen.
- Katu- ja aluerakennustyöt sisältäen muun muassa maanleikkauksen, rakennekerrosten rakentamisen, valaistuksen kaapelointien ja jalustojen rakentamisen, asfaltti- ja kiveystyöt, opastusjärjestelmien rakentamisen sekä kalusteiden hankinnan ja asennuksen.
- Kasvillisuusrakenteet ja vastuu kasvuun lähdöstä.
- Kaivantojen tuenta ja kuivana pito.
- Purettavien rakenteiden kuljetukset tilaajan varastoon tai kaatopaikalle kaatopaikkamaksuineen.
- Olemassa olevien rakenteiden poisto, siirto ja suojaus.
- Työn seurauksena purettavien ja rikkoutuvien päällysteiden, tierakenteiden, viheralueiden ja muiden vastaavien alueiden korjaus-, siistimis- ja viimeistelytyöt kuuluvat urakkaan eikä niistä aiheutuvaa työtä korvata erikseen.

- Urakkaan kuuluvat kaikki työmaan väliaikaiset tiejärjestelyt liikennemerkkeineen ja opasteineen sekä kiertoteiden ja väliaikaisten yhteyksien rakentaminen ja purku. Liikennejärjestelyistä tulee tehdä erilliset suunnitelmat ja hyväksyttää ne tilaajalla.
- Suojaputkien ja kaivojen asentaminen operaattoreiden ja Oulun Energian materiaaleista.
- Operaattoreiden ja Oulun Energian toimesta tehtävien sähkö-, puhelin-, tietoliikennekaapelointien sekä kaukolämpöputken rakentamisen yhteensovittaminen urakan töihin.
- Urakkaan kuuluvat kaikki kohteiden maastoon merkitsemiseksi tarvittavat, pätevän henkilön tekemät mittaustyöt sekä työn laadun toteutukseksi varten tehtävät mittaukset. Työhön kuuluvat myös rakenteiden toteutuma- ja tarkemittausten suorittaminen sekä työmäärien määrittämiseksi tarvittavat mittaukset työalueilla. Urakkakohteesta on laadittu numeerinen mittaussuunnitelma.
- Rakennuttaja tuo työmaalle pelkästään tarvittavat kiintopisteet.
- Istutusten hoitotyöt rakennus- ja takuuajana.
- Asiakirjoissa vaaditut luovutusdokumentit.
- Muut tässä urakkaohjelmassa ja muissa urakan asiakirjoissa mainitut työt ja veloitteet.

## 2.3 PROJEKTIN SUORITUSAIKA JA LAATUVAATIMUKSET

Seuraavassa on esitetty tilaajan asettamat välitavoitteet ja aikarajoitukset (Urakkaohjelma, 2011):

- Opintien sillan purku- ja rakennustyöt voi aloittaa aikaisintaan 6.6.2011. Sillan tulee olla valmis liikennöitäväksi 10.8.2011 mennessä ja täysin valmis 31.8.2011 mennessä.
- Opintien katutyöt rakennetaan murskepintaan 30.9.2011 mennessä ja päällystys- ynnä muut mahdolliset työt vuonna 2012.
- Terveystie ja siihen liittyvät katuosuudet rakennetaan murskepintaan pääosin vuonna 2011 ja loput työt tehdään vuonna 2012.
- Torialue rakennetaan valmiiksi 30.9.2011 mennessä.



- Kunnantalon piha rakennetaan 2.–31.7.2012 välisenä aikana (viraston kesäloma-aika).
- Urakan on oltava valmiina viimeistään 30.9.2012.

Urakan laadunvarmistuksen muotona on laatuvastuurakentaminen eli LVR. Hankkeen yleiset tekniset vaatimukset ja kelpoisuuden osoittaminen on esitetty Rakennustieto Oy:n julkaisussa InfraRYL 2010 Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset, Osa 1, Väylät ja alueet sekä osa 2. Järjestelmät ja täydentävät osat. Lisäksi tilaaja edellytti urakoitsijalta laatusuunnitelman, jossa esitettiin käytettävät työmenetelmät, laadunvalvonta ja valmiin työn kelpoisuuden osoittaminen. (Työkohtainen työselitys, 2011)

## 3 MITTAUSMENETELMIÄ

Tässä luvussa esitellään erilaisia infra-alalla käytössä olevia mittausmenetelmiä. Mukaan on otettu myös niin kutsuttuja vanhempia menetelmiä, koska niiden käyttöä ei uusien menetelmien kehityksestä huolimatta voida saneeraustyömailla kokonaan välttää.

### 3.1 TYÖKONEAUTOMAATIO

Yleisesti rakentamisen automaatiosta puhuttaessa viitataan työkoneautomaatioon eli työkoneiden varustamiseen paikannuslaitteilla ja ohjausjärjestelmällä, johon suunnitelmätieto tuodaan digitaalisesti kolmiulotteisena mallina. Useimmissa maa- ja väylärakentamisen työkohteissa maastoon merkintää ei tällöin juurikaan tarvita, vaan työkoneiden ohjaamiseen tarvittava tieto näkyy kuljettajan näyttöruudulta. Työkoneautomaation käytön myötä työn suoritus tehostuu ja työn tarkkuuden parantuessa materiaaleja säästetään. Mittausosaamisen tarve ei lopu, mutta sen luonne muuttuu. Työmaa, jolla käytetään työkoneautomaatiota, mittaustyömenekki kokonaisuutena vähenee, koska merkintämittausta maarakenteiden osalta ei tarvitse tehdä ja tarkemittausten määrä vähenee. (Jaakkola, 2010.)

Työkoneautomaatiota voidaan soveltaa muun muassa seuraaviin työmenetelmiin ja koneisiin (Heikkilä, 2009):

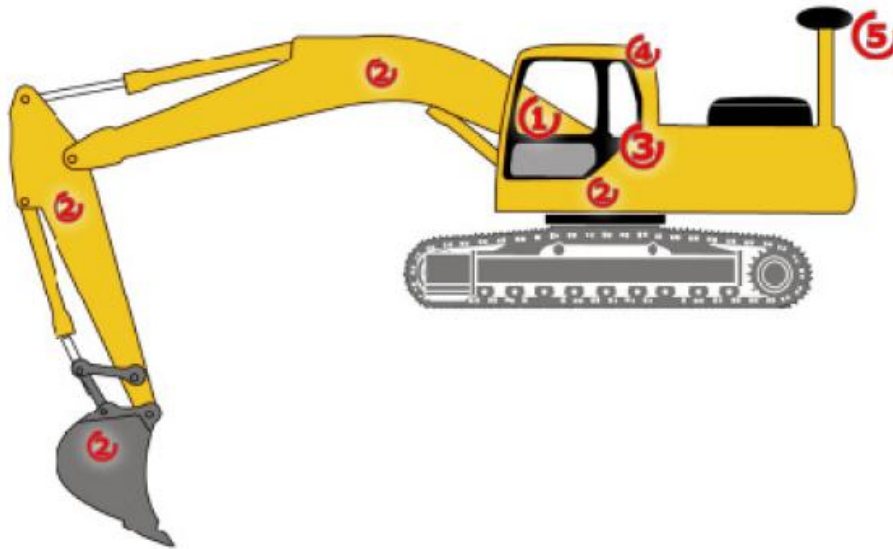
- pintamaan poisto; kaivinkone ja puskutraktori
- louhintatyöt; poravaunu
- pohjanvahvistus; syvästabilointikone ja paalutuskone
- leikkaus- ja pengerrystyöt; kaivinkone ja puskutraktori
- putkikaivannot ja rummut; kaivinkone
- päällysrakenteet; tiehöylä, murskeenlevitin, puskutraktori
- viimeistelytyöt, ojien ja luiskien muotoilut; kaivinkone
- päällystystyöt; asfaltinlevitin
- päällysteen korjaustyöt; tarkkuusjyrsin, remixer, tiemoto
- tunnelirakentaminen; tunneliporajumbo.

Työmaan näkökulmasta hyödyt realisoituvat parhaiten, kun kaikki päätyövaiheita tekevät työkoneet on varusteltu automaatiolla. Ongelmia tulee, jos osa työvaiheista tehdään perinteisesti. (Jaakkola, 2010.)



KUVA 1. Työkoneautomaation hyödyntäminen tierakenteen maanleikkauksessa ja täytössä

Työkoneiden tehokkuus kasvaa, koska automaatio mahdollistaa työkoneen tauottoman työskentelyn. Kuljettajan ei tarvitse odottaa puuttuvia mittatietoja ja yleensäkin virheistä johtuvia valmiiden tierakenteiden korjauksia tulee vähemmän. Suurin säästö saavutetaan rakennusmateriaalihukan vähentyessä, koska mahdollisuudet tehdä ryöstöjä maanleikkaustöissä vähenevät merkittävästi ja toisaalta rakenteet sekä luiskat voidaan tehdä kerralla tarkasti suunnitelman mukaan. (Jaakkola, 2010.)



KUVA 2. Työkoneautomaation antureiden ja laitteiston muiden osien sijoituspaikkoja kaivinkoneen rakenteissa

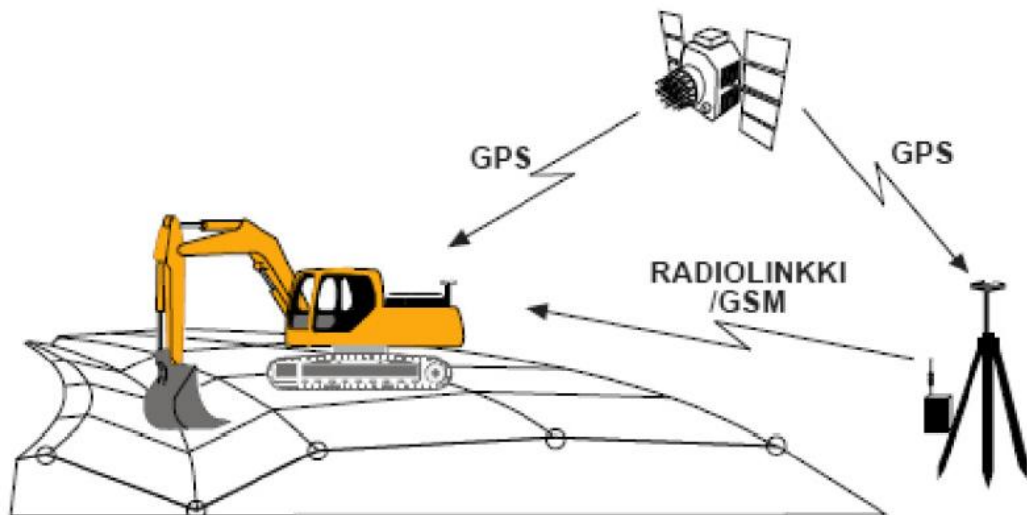
#### Anturit ja laitteet:

- 1: näyttö, jolta kuljettaja voi seurata koneen sijaintia suhteessa malliin (kuva 18),
- 2: kulma-anturit ilmaisevat sekä koneen että kauhan sijainnin ja asennon,
- 3: keskusyksikkö,
- 4: radioantenni ja
- 5: paikanninantenni.

3D-koneohjauksen edellyttämää paikkatietoa työkoneen sijainnista voidaan tuottaa satelliittien avulla. Satelliittipaikannuksella tarkoitetaan kohteen sijainnin määrittämistä maapalloa kiertävien satelliittien lähettämän signaalin avulla. Työkoneessa on kartoitusyksiköksi kutsuttu satelliittivastaanotin, joka pystyy määrittämään yksiselitteisen sijaintinsa maapallolla kolmiulotteisessa koordinaatistossa. Koneeseen kiinnitetty satelliittivastaanotin eli kartoitusyksikkö määrittää sijaintiaan maapallolla. Koneohjausjärjestelmä yhdistää kartoitusyksikön (1) tuottaman paikkatiedon ja antureiden tuottamat tiedot koneen puomin asennosta ja pystyy siten määrittämään koordinaatit kauhan sijainnille. (Jaakkola, 2010.)

Satelliittisignaalin pitkän kulkumatkan vuoksi paikannuksessa on aina virheitä. Mittaustarkkuutta parannetaan työmaalle sijainniltaan tunnetulle pisteelle sijoitetulla satelliittivastaanottimella eli tukiasemalla (kuva 4). Tukiasemalla mitataan tunnettujen ja satelliittien avulla määritettyjen koordinaattien eroa. Tukiasema lähettää kartoitusyksikölle tietoa kyseisellä hetkellä vallitsevasta koordinaattierosta satelliiteista määritetyn ja todellisen sijainnin välillä. (Jaakkola, 2010.)

Korjausdataa voidaan lähettää radioteitse, Internetin välityksellä tai GSM-verkkoa käyttäen. Tukiaseman avulla tarkennettua GPS-mittausta kutsutaan RTK-GPS-mittaukseksi (Real Time Kinematic). Tukiaseman ei tarvitse fyysisesti sijaita työmaalla ja laitevalmistajilla onkin sovelluksia, joissa virtuaalitu- kiasemalle laskettua korjausdataa voidaan lähettää puhelinyhteyden välityk- sellä kartoitusyksikölle. Kyseessä on kaupallinen palvelu. (Jaakkola, 2010.)



KUVA 3. GPS-järjestelmän periaate, taivaalla kiertää noin 30 satelliittia, joista dataa saa



KUVA 4. Työkoneautomaation tukiasema, jonka säteen kantavuus n. 3,5 km (Heikkilä, 2009.)

Työkoneautomaation käyttöönotto muuttaa työprosesseja ja työmaalla toimivien ihmisten työn sisältöä. Mittaajien tehtävät muuttuvat eniten, koneohjausmallien tekeminen sekä ohjausjärjestelmien tekninen tuki sekä kuljettajien opastaminen lisääntyvät. Tierakennesuunnitelman mallintaminen koneohjausmalliksi on uusi tärkeä tehtävä mittausalan ihmisille. Koneohjausmalleja voidaan hyödyntää myös muissa rakentamisprosessin vaiheissa kuten massanlaskennassa ja tuotannonohjauksessa. (Jaakkola, 2010.)

Jo vuodesta 2008 on varustettu kaivinkoneita, puskukoneita, pyöräkoneita, murskeenlevittäjiä, tiehöyliä sekä paalutuskoneita koneautomaatiolaitteilla. Työmaan kannalta haasteena on löytää työkoneohjausjärjestelmillä varustettuja työkoneita riittävästi. Monet koneurakoitsijat ovat lykänneet ohjausjärjestelmän hankintaa, koska mallinnus- ja paikannusteknologian osaaminen puuttuu. Isojen infra-alan yritysten projekteissa aliurakoitsijoiden työkoneohjausjärjestelmäinvestoinnit tulevat hyötykäyttöön. Lisäksi esimerkiksi Destia Oy on luonut toimintamallin, jossa koneurakoitsija saa koneeseensa Destia



Oy:n koneohjausjärjestelmän ja valmiit koneohjausmallit sekä teknisen tuen. (Jaakkola, 2010.) Myös kunta-alalla, kuten esimerkiksi Oulun kaupungin omassa infratuotannossa koneautomaatiota on viety eteenpäin samoilla periaatteilla.



KUVA 5. Koneautomaatio on erinomainen esimerkiksi talon pohja- ja perustusrakentamisessa (Heikkilä, 2009.)



KUVA 6. Rakennustyömaan pohja- ja perustusurakassa kaikki paitsi elementtien pulttien paikat voidaan mitata koneautomaation avulla (Heikkilä, 2009.)

Työkoneautomaation hyödyt:

- Työkoneiden tehokkuus kasvaa, koska automaatio mahdollistaa työkoneen tauottoman työskentelyn. Ei synny puuttuvien mittatietojen odottelua ja väärin tehtyjen rakenteiden korjauksia.
- Työmenetelmäkapasiteetti kasvaa ja läpimenoaika lyhenee. Kuljetuskapasiteetti ja muut resurssit mitoitetaan vastaamaan kasvanutta työkoneiden tehoa.
- Rakennusmateriaaleja säästetään, koska ryöstöt leikkaustyössä loppuvat ja rakennekerrokset sekä luiskat toteutetaan tarkasti suunnitelman mukaan.
- Mittaustyömenekki vähenee, koska merkintämittausta maarakenteiden osalta ei tehdä ja tarkemittausten tarve vähenee. (Jaakkola, 2010.)



### 3.2 MAASTOON MERKITSEMINEN

Maanrakennuskohteen mittaukset on hoidettu yleensä takymetrillä ja merkintä on tehty maastoon paaluin ja sihtilapuin. Myös vaaituskoje sekä taso- ja putkilaserit ovat maarakennustyömailla yleisesti käytettyjä mittausvälineitä.

#### Takymetri

Takymetri on yleinen mittausväline rakennusmittauksissa. Takymetrillä voi mitata rakennustyömaan lähes kaikki mittaukset, niin korkeus kuin paikkamittaukset. Ennen takymetryöryhmään tarvittiin kaksi henkilöä, mittaaja sekä prismamies, mutta nykyään niin sanottu robottitakymetrit ovat yleistyneet ja yksi mies voi suorittaa saman mittauksen, johon tarvittiin ennen kaksi miestä.



KUVA 7. Mittausta takymetrillä

Niin sanottu robottitakymetri on yhden miehen työasema. Se on etäkäyttöinen. Prismaa seuraava servotakymetri (kuva 8) on laite, jossa mittakojetta

voidaan ohjata muun muassa radiomodeemin kautta. Tällöin kojetta ohjataan mitattavalta pisteeltä eikä kojeen käytössä tarvita varsinaista apumiestä. (Kuvat 9-12.)



KUVA 8. Servotakymetri



KUVAT 9 – 12. Robottitakymetrillä mittaus



## Vaaituskoje, taso- ja putkilaser

Myös vaaitus vaaituskojeella on yleinen mittaustapa sekä talonrakennus- että infrarakennustyömaalla. Vaaituskojeella (kuva 13) mitataan vain korkeustasoja. Tasolaseria (kuva 14) käytetään myös paljon erilaisten tasojen ja kerroksien mittaukseen. On olemassa myös kaivinkoneita, joiden puomiin on kiinnitetty tasolaserin vastaanottopää. Tällöin mittaus tapahtuu automaattisesti, kun kaivetaan esimerkiksi jotain tasomaista leikkausta.



KUVA 13. Vaaituskoje ja latta



KUVA 14. *Tasolaser*

Putkilaseria käytetään lähes aina putkikaivantojen sekä putkilinjojen korkeusaseman mittaamiseen. Putkilaserilla (kuva 15) voidaan mitata vain suoria linjoja (kuvat 16). Työkoneautomaatiolla on jo korvattu näitä niin sanottuja perinteisiä mittausmenetelmiä ja tulevaisuudessa mittaustyöt automatisoituvat yhä enemmän laitteiden kehittyessä.



KUVA 15. Putkilaser



KUVA 16. Suoran putkilinjan korkeusmittaus





KUVA 17. *Perinteinen tierakenteen mittausmerkintä*

Perinteinen tierakenteen mittausmerkintä tehdään 20 metrin välein sijoitettavilla paaluilla. Leikkauspohja sekä rakennekerrokset katsotaan sihtilapuista. Kaivojen, siltarumpujen, valaisin- ja muiden pylväsjalustojen sekä muiden vastaavien rakenteiden merkkäus tehdään maastoon myös paaluin ja sihtilapuoin.

## 4 MITTAUSMENETELMÄT KOHTEESSA

### 4.1 TYÖKONEAUTOMAATIO

Kiimingin työmaalla putkikaivantojen sekä katujen tasoleikkausten mittauksessa käytettiin pääsääntöisesti työkoneautomaatiota. Leikkaukset tehtiin laadittujen 3D-mallien mukaisesti. Koneohjausjärjestelmässä ei käytetty automaattista koneen hallintaa, vaan koneen kuljettaja teki itse tarvittavat toimenpiteet.

#### 4.1.1 Rakennussuunnitelmamallit ja 3D-mallien laadinta

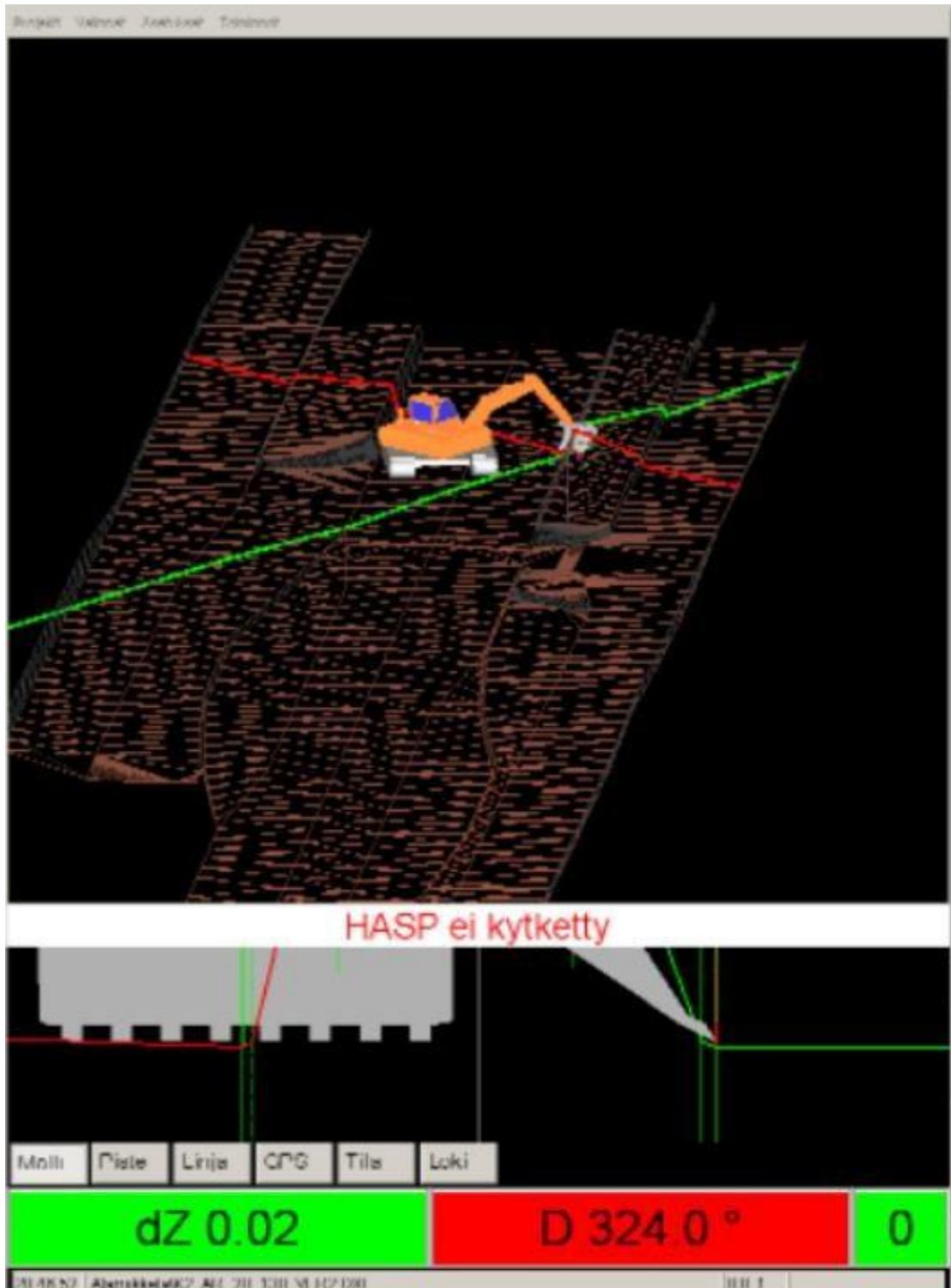
Työkoneautomaatio edellyttää rakennussuunnitelmien muuttamista vastaanottokoneiden ja automaatiolaitteiden käyttämään muotoon. Tätä sanotaan rakennussuunnitelmamallien laadinnaksi. Näitä malleja kutsutaan 3D-malleiksi. Työkoneautomaatiolle voidaan laatia sekä pintamalleja että linjamalleja. Pintamalleissa mallinnetaan esimerkiksi tasoleikkausten (kuva 18) syvyydet. Pintamalleilla voidaan mallintaa myös viistoja pintoja. Linjamalleilla mallinnetaan esimerkiksi putkilinjoja ja tienreunoja.

3D-mallien laadinta vaatii suunnitteluosaamista ja eri suunnitelmaohjelmien käytön tuntemista, sillä mittaus suunnitelmat eivät vielä sisällä tämänkaltaista tietoa valmiiksi. Suunnittelutyön määrän lisääntymisestä on tullut eräs koneautomaation käyttöönoton suurimmista ongelmista ja kynnyksysymyksistä. Destia Oy on ratkaissut ongelman kouluttamalla mittausyöntekijöitä työkoneautomaatio-operaattoreiksi, jotka hallitsevat mallien teon. Siksi Destia onkin ollut työkoneautomaation käytössä edelläkävijä Suomessa.

Työkoneautomaation mallien laadintaa suoritettiin Destia Oy:n oman mittausorganisaation Infratieto asiantuntijapalveluiden toimesta. Lähtötietoina käytettiin RAMBOLL Finland Oy:n suunnittelijalta saatua 3D-maastomallia sekä muita suunnittelun pohjana käytettyjä mittausaineistoja. Mallien laadinnassa työkaluna käytettiin 3D-Win suunnitteluohjelmaa, josta on käytössä versio 5. Työkoneautomaatiomallien tarkkuus ja kattavuus



vaikuttavat olennaisesti sekä työskentelyn nopeuteen että tarkkuuteen. Edellä mainittu vaikuttaa aikatauluissa pysymiseen ja myös työn lopputuloksen laatuun.



KUVA 18. Leikkausmalli Terveystien paaluvälille 20 – 130



KUVA 19. Hulevesiviemärin kaivantoa, Terveystie



KUVA 20. Leikkauspohjaa ja rakennekerroksia, Terveystie

#### 4.1.2 Käytetyt työkoneet ja työkoneautomaation ongelmia

Työkoneina työmaalla käytettiin kaivinkoneita, pyöräkuormaajia ja täryjyrää ilman työkoneautomaatiota. Kaivinkoneita oli työmaalla käynyt kesäkuun 2011 ja syyskuun 2011 välisenä aikana kymmenen eri konetta. Yhdeksän kappaletta kokoluokkaa 20–25 tonnia, joista yksi oli pyöräalustainen ja kahdeksan tela-alustaista. Lisäksi työmaalla vieraili yksi 32,5-tonninen. Pyörivällä kauhalla oli varustettu kahdeksan konetta. Niistä kuusi konetta oli valmiiksi varustettuna koneautomaatiolaittein, joka mahdollisti leikkausmallien mukaisen kaivuun. Yhtäaikaisesti työmaalla oli enintään viisi kaivinkonetta, keskustan alueella kolme ja Opintiellä kaksi.

Pyöräkuormaajia oli edellä mainittuun päivämäärään mennessä ollut työmaalla kaksi kappaletta, joista toisessa oli käytössä työkoneautomaatio. Työkoneautomaatiolla varustettua pyöräkuormaajaa voitiin käyttää hyväksi katujen kerrosten täytöissä, koska sen automaatiossa voidaan käyttää samoja malleja kuin kaivinkoneissakin. Toista pyöräkuormaajaa oli järkevää käyttää avustaviin massojen ja tarvikkeiden siirtoihin, sisäisten siirtojen kuormauksiin ja tarvikekuormien purkuun. Lisäksi molemmilla voitiin suorittaa työmaa-alueella sijainneiden liikennöitävien sorapinnalla olleiden katujen kunnossapitoa.

Työkoneautomaatiossa esiintyi ongelmia. Yksiantennisuus eli yhden paikanninantennin omaavat kaivinkoneet hukkasivat helpommin sijaintitietonsa kuin kaksiantenniset kaivinkoneet. Ongelma syntyi tilanteissa, joissa yksiantenninen kaivinkone siirtyi tai kääntyi sellaiseen asemaan, jossa antenni ei saanut satelliitin signaalia. Ongelmia satelliittiyhteyksien kanssa syntyi myös silloin, kun tukiaseman (kuva 4) laitteiden virran saanti häiriintyi tai tukiaseman sijainti ei ollut optimaalinen eli paras mahdollinen kaivinkoneen sijaintiin nähden. Virransaanti ongelma johtui usein siitä, ettei aurinkokenno toiminut odotetulla tavalla pölyntymisen takia tai se ei saanut muuten riittävästi auringon valoa. Viimeksi mainittu tilanne syntyi syksyn edetessä. Toinen virran saantiin vaikuttanut asia oli akkujen vanheneminen eli ne eivät ottaneet vastaan riittävästi virtaa eivätkä siten pystyneet myöskään luovuttamaan riittävästi virtaa. Virransaantiongelmaan riitti aluksi

aurinkokennon pesu. Seuraavassa vaiheessa uusittiin akkukalustoa ja viimeisessä vaiheessa jouduttiin käyttämään lisälatausta. Sijaintiongelma ratkaistiin muuttamalla tukiaseman paikkaa. Jonkin verran ilmeni myös laiteongelmia. Ongelmia oli muun muassa antureiden kanssa. Anturien kalibrointia ei tarvinnut suorittaa, mutta antureiden fyysistä asentoa jouduttiin säätämään, oikean mittausarvon saamiseksi.

## 4.2 MUUT MITTAUSMENETELMÄT JA LISÄTÖIDEN VAIKUTUS

Katualueiden ulkopuolisten alueiden sekä niissä olemassa olevien kaivojen sijainti- ja korkomittauksessa käytettiin takymetrimittausta. Putkistojen asennuksen mittauksessa hyödynnettiin sekä tasolaseria että putkilaseria. Niiden käyttö oli välttämätöntä putkilinjojen vaaka- ja pystysuuntauksen ja putkiarinoiden ehdottoman tasaisuuden varmistamiseksi.

Oman lisänsä käytettyjen mittausmenetelmien valintaan antoi rakentamisen edetessä ilmenneet lisä- ja muutostyötarpeet. Yleensä mittaustarvetta oli silloin, kun jouduttiin rakentamaan putkistoon viettoa. Tällöin tarvitaan tieto lähtöpisteen ja loppupisteen korkoerosta. Lisätyön sijainnilla oli myös merkitystä. Jos lisätyö tai osa siitä jouduttiin suorittamaan urakkarajan ulkopuolella, käytettiin takymetrimittausta sijainnin ja korkojen mittaukseen. Urakkarajan sisällä selvittiin korkojen mittauksesta yleensä tasolaseria käyttämällä. Paikan mittaus voitiin tehdä myös työkoneautomaatiolla.

## 5 TYÖMAAN ONGELMIA

Yleisesti katsottuna suuria ongelmia oli vähän työmaalla. Eniten ongelmia aiheuttivat malleista uupuneet tiedot. Näitä olivat yleensä työkohteessa uusien putkilinjojen kanssa risteävien vanhojen putkilinjojen puutteelliset korko- ja sijaintitiedot. Ne olivat epätarkkoja tai ne uupuivat kokonaan. Tietojen puuttuminen johtui pääsääntöisesti vanhojen monivaiheisesti toteutettujen putkiverkostojen dokumentoinnin puutteista.

Pintavesiviemäröintien suunnittelussa ilmeni joitakin kohtuullisen kattavia puutteita. Sekä Keskustielle että Opintielle jouduttiin projektin aikana suunnittelemaan kokonaan uudet kuivatus järjestelmät. Keskustien järjestelmään rakennettiin noin 80 metriä putkistoa ja lisättiin kaksi uutta kaivoa. Vanhaan järjestelmään liitettiin betonikaivon kautta. Opintielle rakennettiin noin 200 metriä uutta putkistoa ja asennettiin 7 uutta kaivoa.

Vesijohtojen rakentamisessa suurimman ongelman synnytti taloliittymien asentaminen uuteen vesijohtoverkkoon. Ensimmäisenä ongelmana oli se, ettei liittyminen voinut olla mahdollista ennen uuden putkiston huuhtelua ja koeponnistusta. Tämä mahdollistui vasta, kun uuteen päälinjaan lisättiin niin sanotut väliventtiilit. Toisena ongelmana oli, ettei aina voinut olla varma, minkä kokoinen taloliittymän putki oli.

Lisäksi ongelmia aiheutti maaperän runsas louhikkoisuus. Louhikkoisuus hidasti työskentelyä ja aiheutti lisäksi niin sanottua ylikuivuuta eli kaivannoista tuli joko suunniteltua syvempiä tai leveämpiä. Vanhat maaperässä olleet rakenteet ja rakennusten perustukset aiheuttivat myös ongelmia. Joistakin ei tiedetty lainkaan ja joidenkin koko oli suurempi tai rakenne oli erilainen kuin oli tiedossa. Kaikki poikkeamat ennakkotiedoista aiheuttivat töiden viivästymistä. Kaivualueelta löytyi myös pilaantuneita maita. Ne olivat syntyneet vanhan polttoaineenjakepaikan vuodoista. Pitoisuuksien tutkimukset sekä pois kuljettaminen viivästyttivät töiden etenemistä.



## 6 JOHTOPÄÄTÖKSIÄ

Tässä luvussa kuvataan työkoneautomaatiosta Kiimingin työmaalla saavutettuja etuja ja haittoja. Lisäksi käydään läpi työkoneautomaation käytössä ilmenneitä ongelmia sekä käsitellään toteutukseen vaikuttaneita seikkoja ja arvioidaan eri työkoneiden soveltuvuutta työmaan eri tehtäviin. Lopuksi esitellään työkoneautomaation käytön tehostamiskeinoja Kiimingin kaltaisessa saneerausprojektissa.

### 6.1 TYÖKONEAUTOMAATION ETUJA JA HAITTOJA

Työkoneautomaatiolla varustetuilla koneilla voitiin pääsääntöisesti ennakoida ja varoa sekä eteen tulleita tai vieressä sijainneita vanhoja putkistoja että muita rakenteita. Kaivantojen syvyydet ja sivujen pystyleikkausten sijainnit ja kaltevuudet olivat hyvin hallinnassa. Kuten Jaakkola jo artikkelissaan 2010 mainitsi, työkoneautomaation avulla työn suoritus tehostui ja mittaustyön menekki väheni. Paalujen kaatumisten, katoamisten sekä niiden tai sihtilappujen vaurioitumisista johtuneilta uusintamittaustarpeiden syntymisiltä vältyttiin. Ylikaivutapauksissa (luku 5) koneen oli helppo suorittaa liian syvän kaivannon täyttö takaisin oikeaan korkoon.

Haittaa työkoneautomaatiosta oli silloin, kun satelliittitukiasemaongelmien takia järjestelmä ei saanut paikannustietoa. Tämä saattoi huonoimmassa tapauksessa seisauttaa koneen työskentelyn kokonaan. Koska paalutuksia ja laputuksia ei ollut eikä mittamiestä aina ollut työmaan käytössä, ei kuljettaja ilman sijaintitietoja voinut tietää, mistä kaivaa ja kuinka syvälle.

### 6.2 TYÖKONEAUTOMAATIOKONEIDEN SOVELTUVUUS KOHTEESEEN

Tela-alustaisilla kaivinkoneilla, jotka oli varusteltu työkoneautomaatiolla sekä pyörivällä kauhalla, voitiin teettää töitä lähes kokonaan ilman lisämittauksia. 32,5-tonninen kaivinkone oli tehokkuudestaan huolimatta muilta ominaisuuksiltaan liian rajoittunut työskentelemään tällaisessa

kohteessa. Alueilla, joilta kantava materiaali oli poistettu, pyöräalustaista kaivinkonetta ei ollut turvallista käyttää putkiasennusten avustamiseen. Pyöräalustaisella voitiin teettää asfaltin kuorintaa sekä kaivuuta että kuormausta, joka tapahtui kovalta alustalta.

Työkoneautomaation omaava pyöräkuormaaja soveltui hyvin katuleikkausten kerrosten täyttöihin. Sillä voitiin tarkkailla kerrosvahvuuksia ja tehdä vaadittuja kallistuksia. Lisäksi sillä voitiin teettää työmaan siirtoihin ja kuormaukseen kuuluvia tehtäviä. Kaivu- ja täyttötyön laatu työn tarkkuutena sekä toteutuksen nopeutena vaikutti säästettyinä materiaalikuluina ja pienentyneinä työkustannuksina sekä kokonaiskustannusten määrään että sitä kautta myös työn kannattavuuteen.

### 6.3 TYÖKONEAUTOMAATION KÄYTÖN TEHOSTAMISKEINOJA

Koska olemassa olevan tiedon laatu ja kattavuus ovat yksiselitteisen tärkeitä työkoneautomaation tehokkaalle käytölle, voidaan työkoneautomaation käytön yhtenä tehostamisen keinoina esittää esitutkimuksen kattavuuden parantamista 3D-mallien laadintaa varten. Työkoneautomaatiossa käytettävien 3D-mallien tarkkuutta ja laatua parantamalla nostetaan työn tarkkuutta ja varmistetaan työn joustava eteneminen.

Toisena keinona tulee työmaan työnjohdon yhdessä mittaushenkilökunnan kanssa huolehtia ennen töiden aloittamista että työkoneiden automaatiolaitteistot ja laitteistojen tarvitseman paikannustiedon välittämiseen tarkoitettu laitteisto tukiasemineen ovat varmasti toimintakuntoisia. Tästä tulisi huolehtia myös koko ajan työn edetessä. Helpoin keino toimintakunnon ylläpitämiseen on laitteiden virransaannin turvaaminen. Ongelmien sattuessa tämä voidaan tehdä käyttämällä varavirransaantijärjestelmää. Tutkimuksen perusteella voidaan suositella niin sanottujen kaksi antennisten järjestelmien käyttöä työkoneissa. Ne eivät ole niin epästabilleja satelliittisignaalin suhteen työmaa olosuhteissa.

## 7 LOPPUSANAT

Tutkimus paljastaa selkeästi, että työkoneautomaatio soveltuu tiettyjen osioiden osalta hyvin Kiimingin keskustan tyyppisen saneerauskohteen mittausmenetelmäksi. Tutkimuksessa käytetyn menetelmän toimivuutta voidaan perustella työmaalla työskennelleiden työkoneiden runsaan kappalemäärän antamalla kattavalla aineistolla. Rajoituksena tai heikkoutena voidaan pitää tutkimuksen suhteellisen lyhytaikaista kestoa kesäkuun alusta syyskuun loppuun. Tutkimustulosten voidaan katsoa vahvistavan vallalla olevaa käsitystä työkoneautomaation työn tuottavuutta lisäävästä vaikutuksesta. Lisäksi voidaan katsoa ennakkomittausten ja –tutkimusten merkityksen vahvistuvan, mitä useampivaiheisena saneerattava kohde on toteutettu. Edellä mainitun johdosta työkoneautomaation käyttö saneerauskohteessa toimii sitä paremmin mitä kattavammin maan alla olevien johtojen ja putkistojen sijainti on kartoitettu. Mikäli kaikki tieto saadaan työmaan työkoneautomaatiomalleihin, näkyy kartoitustieto työkoneen näytöllä ja tämän ansiosta vanhoja rakenteita pystytään ennakoimaan paremmin. Suurimmat jatkokehitystarpeet lienevät laitteistopuolella. Laitteistoja teknisellä tasolla tässä tutkimuksessa käsiteltiin vain hyvin kevyesti.

Koneautomaation käyttöönotto on aiheuttanut joissakin yrityksissä muutosvastarintaa. Tämä on aiheutunut työkoneautomaation käytön synnyttämästä koneiden kuljettajien sekä mittaushenkilöstön koulutustarpeesta, johon kaikki eivät haluttaisi panostaa. Koneautomaatiolaitteistot kuitenkin yleistyvät ja niiden hankintahinnat laskevat. Hintojen lasku johtuu erimerkkisten laitteiden tulosta markkinoille sekä teknologian kehitymisestä. Erimerkkisten laitteistojen yhteensovittaminen työmaan tukiaseman lähettämään dataan onnistuu korjaussignaalin avulla. Eli käytännössä samalla työmaalla voi työskennellä koneita, joissa on erimerkkisiä koneautomaatiolaitteita.



## LÄHTEET

Heikkilä, R., 2009. Talon- ja sillanrakentaminen ja niiden automaatiosovellukset (Automation of Building and Bridge Construction), Luento 5: Automaatio rakentamisen ohjauksessa ja toteutuman tarkistamisessa, Oulun yliopisto, PDF-dokumentti, 52 s.

Jaakkola, M., 2010. Työkoneautomaatio hyötykäyttöön - haaste työnjohdolle, Tierakennusmestari -lehti 4/2010, HTML-asiakirja, 3 s.

Urakkaohjelma, 14.4.2011. Kiimingin kunta.

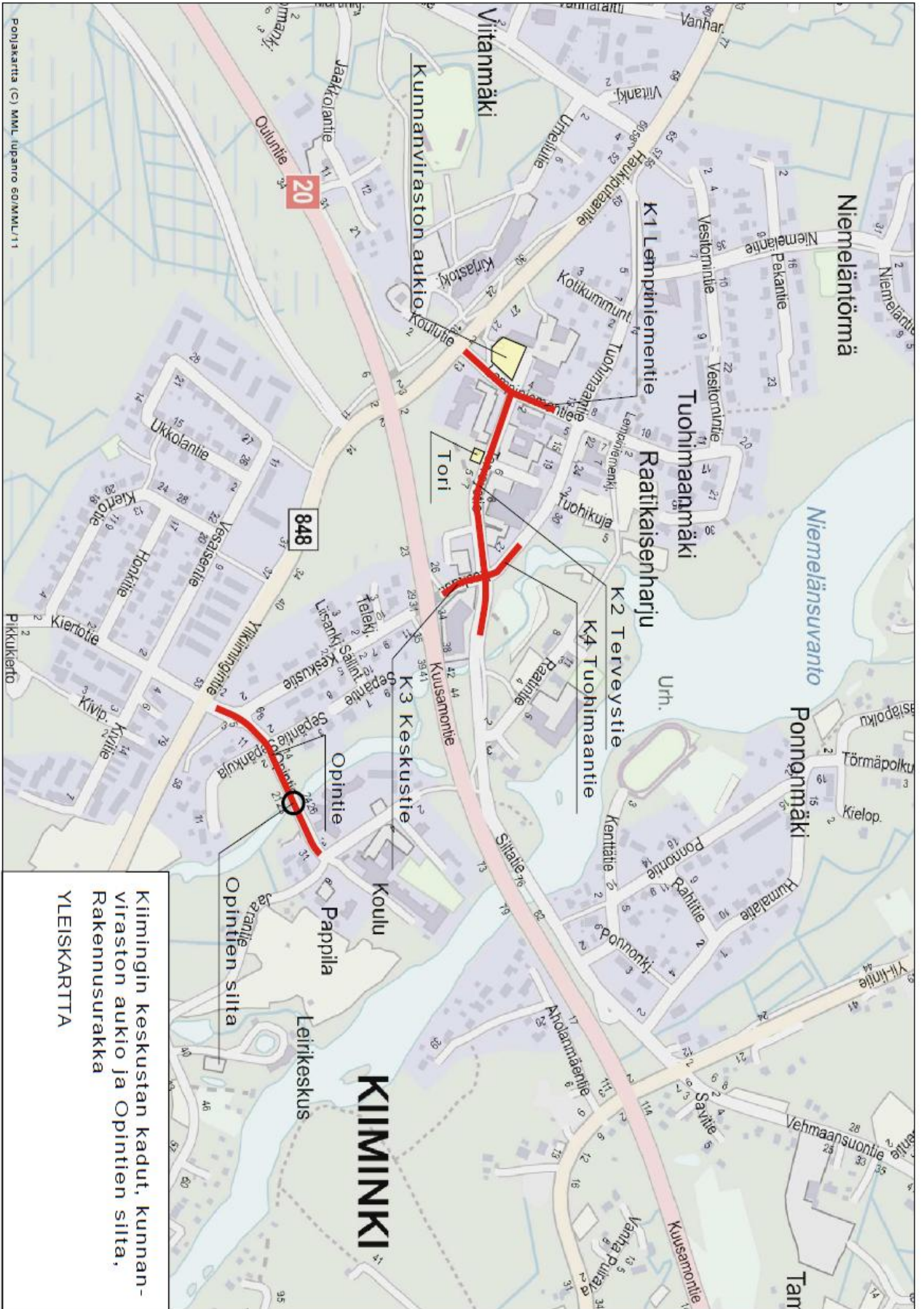
Työkohtainen työselitys, 14.4.2011. Yhdyskuntapalvelut, Kiimingin kunta.

RAMBOLL Finland Oy, Urakkatarjousten arviointi, laatu- ja hintapisteytys 2011.

Rakennustieto Oy, InfraRYL 2010 Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset, Osa 1, Väylät ja alueet sekä osa 2. Järjestelmät ja täydentävät osat.

# LIITTEET

Liite 1. Kiimingin työmaan yleiskartta



Ponjakarta (C) MML Iupano 60/MML/11

Kiimingin keskustan kadut, kunnanviraston aukio ja Opintien silta, RAKENNUSURAKKA YLEISKARTTA