

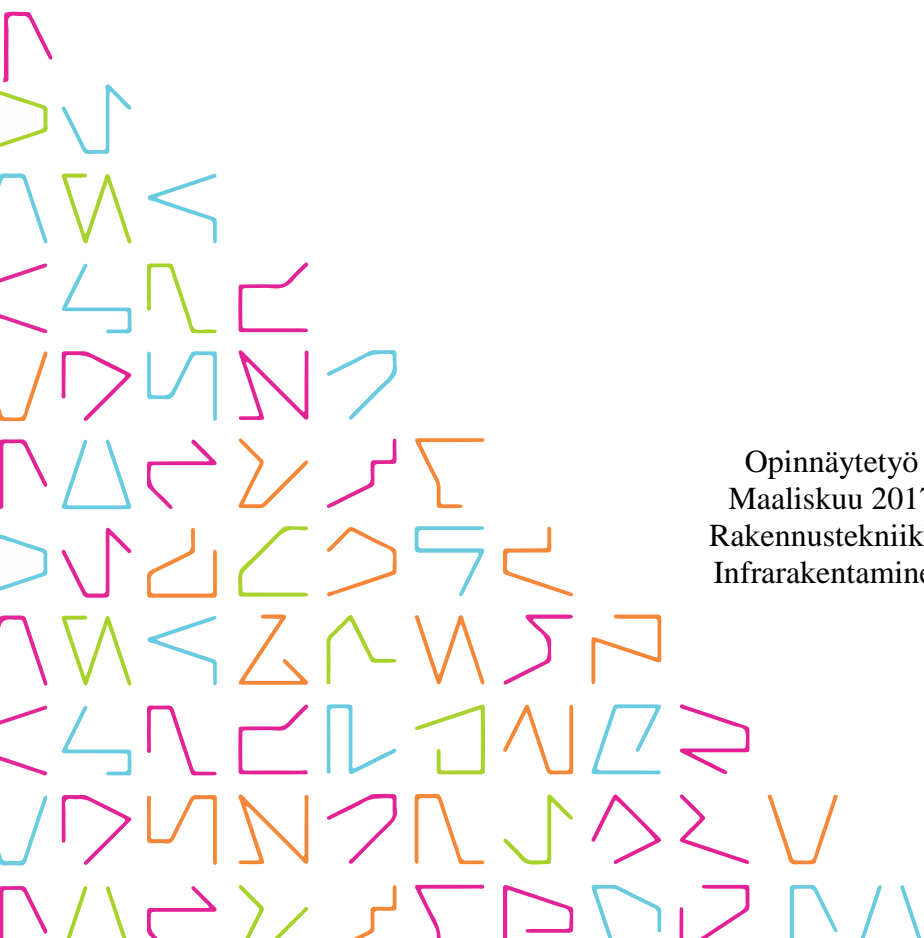


TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

VILKKAAN KAUPUNKIYMPÄRISTÖN VAIKUTUKSET INFRARAKENNUS- HANKKEESEEN

Henna Pasi

Opinnäytetyö
Maaliskuu 2017
Rakennustekniikka
Infrarakentaminen



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikka
Infrarakentaminen

PASI, HENNA:

Vilkkaan kaupunkiympäristön vaikutukset infrarakennushankkeeseen

Opinnäytetyö 28 sivua, joista liitteitä 2 sivua
Maaliskuu 2017

Opinnäytetyön tilaajana oli Destia Oy. Työssä oli tarkoituksena selvittää miten kaupunkiympäristö vaikuttaa infrarakennushankkeen kustannuksiin ja aikatauluihin sekä miten näitä vaikutuksia tulisi huomioida tarjouslaskenta- ja toteutusvaiheissa. Lähteenä työssä käytettiin pääosin havainnointia työmaakohteessa ja kyseessä olevan kohteen toteutusorganisaation haastattelua, sillä aiheeseen liittyvää kirjallisuutta löytyi erittäin vähän. Työ sisältää liitteitä, joita ei julkaista työn julkisessa versiossa kilpailullisista syistä.

Tutkimuksessa selvisi, että kaupunkiympäristössä rakentamisen ongelmia ovat esimerkiksi runsaslukuiset olemassa olevat rakenteet, tarkat viranomaismääräykset sekä työmaa-alueen ahtaus, josta aiheutuu logistiikka- ja varastointiongelmia. Suurin vaikutus kohdistuu työkapasiteetteihin. Kapasiteetit pienenevät merkittävästi toimittaessa ahtaassa kaupunkiympäristössä, jolloin myös kustannukset nousivat. Tärkeä tekijä vaikutti olevan myös yksityiskohtainen hankinta- ja aikataulusuunnittelu.

Johtopäätöksiksi saatiin, että kaupunkiympäristössä rakennustyö vaatii tavanomaista tarkempaa etukäteissuunnittelua toteutusorganisaatiolta. Tarjouslaskentavaiheessa on erityisesti kiinnitettävä huomiota kapasiteetteihin ja siihen, että varalla olevaa työkohdetta ei välttämättä ole pienellä työalueella. Laajemman käsityksen saamiseksi aiheesta voitaisiin tehdä jatkotutkimusta useammilla ja erityyppisillä infratyömailla eri kaupungeissa. Näin saataisiin tarkempaa tutkimustietoa ympäristön vaikutuksesta erityisesti kustannuksiin.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Construction Engineering
Infrastructures

PASI, HENNA:

Effects of a Lively City Environment on Infrastructure Building Project

Bachelor's thesis 28 pages, appendices 2 pages

March 2017

This study was commissioned by Destia Ltd. The objective of this thesis was to inspect the effects of a lively city environment on infrastructure building projects costs and schedules. There was also a purpose of finding out how these effects should be perceived on calculating the tender price and on execution phase. The data for this thesis was mainly collected by observing on the construction site and interviewing project's execution organization. Only few literature sources were found about this subject. This study contains appendices which are not published due to competitive reasons.

The results state that the main influence focuses on working capacities. The decrease of capacities causes increasing costs and extending schedules. There should be further research in different kind of infrastructure construction sites for more accurate results. Then it could be seen which costs seem to increase in all kind of infrastructure projects and which are typical only for example road construction.

Key words: city environment, infrastructure building project

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	KAUPUNKIYMPÄRISTÖN RAJOITTEET.....	6
	2.1. Viranomaismääräykset.....	6
	2.1.1 Melu, pöly ja tärinä	6
	2.1.2 Pilaantuneet maat (PIMA).....	7
	2.2. Rakennusaikaiset olosuhdetekijät	7
	2.2.1 Yleisimmät maanalaiset kunnallistekniset järjestelmät	8
	2.2.2 Kaivantojen tukeminen	8
	2.3. Aikataulukäsitteet	10
3	ERITYISPIIRTEIDEN HUOMIOINTI TARJOUSLASKENTA- JA TOTEUTUSVAIHEISSA	12
	3.1. Aikataulutus	12
	3.2. Olemassa olevat rakenteet	13
	3.2.1 Kaapelit	14
	3.2.2 Vesihuolto	14
	3.3. Työmaa-alue	15
	3.3.1 Varastointi	15
	3.3.2 Hankinta-aikataulu	16
	3.3.3 Työmaaliikenne.....	16
	3.3.4 Liikennejärjestelyt.....	17
	3.4. Kapasiteetit	18
	3.4.1 Maaleikkaus	18
	3.4.2 Kallioleikkaus	20
	3.4.3 Kunnallistekniset järjestelmät	20
	3.4.4 Täyttö- ja tiivistystyöt	21
4	YHTEENVETO TULOXSISTA.....	23
5	JOHTOPÄÄTÖKSET	24
	LÄHTEET.....	25
	LIITTEET	27

1 JOHDANTO

Ympäristö vaikuttaa rakennushankkeeseen koko rakennuskohteen elinkaaren ajan toteutus päätöksestä kunnossapitoon. Päätöksen teossa suuret ja näkyvät hankkeet kaupunkien keskustoissa herättävät enemmän mielipiteitä kuin pienemmät hankkeet kauempana kaupunkien ulkopuolella. Suunnittelussa ja selvityksissä puolestaan on kiinnitettävä huomioita alueen eläimistöön, kasvistoon, pohjaolosuhteisiin ja pohdittava myös suunnitelmien toteutuskelpoisuutta. Kaupunkiolosuhteissa tulee harvemmin ongelmia eläimistön ja kasviston kanssa. Sen sijaan alueella asuvat henkilöt, liikenne ja rakennukset aiheuttavat omat haasteensa hankkeelle.

Rakentaminen vilkkaassa ja tiiviisti rakennetussa kaupunkiympäristössä tulee lisääntymään tulevaisuudessa varsinkin isoimmista kaupungeista. Kaupunkien keskustat ovat jo valmiiksi tiiviisti rakennettuja, mutta uutta rakennuskantaa halutaan lisätä jatkuvan kaupungistumisen myötä. Tällöin on purettava vanhaa pois uuden tieltä tai suunniteltava liityntä vanhaan.

Tässä opinnäytetyössä keskitytään kaupunkiympäristön vaikutuksiin infrarakennusurakoitsijan näkökulmasta tarjouslaskenta- ja toteutusvaiheissa. Työn tavoitteena on selvittää kaupunkiympäristön vaikutus projektin kustannuksiin ja aikatauluihin. Menetelminä selvitykseen on käytetty alan kirjallisuutta, haastatteluita sekä havainnointia. Havainnointi on ollut menetelmistä merkityksellisin, sillä aiheeseen perehtynyttä kirjallisuutta oli saatavilla heikosti.

Työn tilaajana on Destia Oy, joka on Suomen suurin infra-alaan keskittynyt rakennusyritys. Destia tarjoaa suunnittelu-, rakentamis- ja ylläpitopalveluita kaikilla infrarakentamisen osa-alueilla (poislukien asfaltointityöt.) Destian asiakkaita ovat teollisuus- ja liikeyritykset, kunnat ja kaupungit sekä valtionhallinnon organisaatiot. Opinnäytetyötä varten on tehty havaintoja vuosien 2016 ja 2017 aikana Destian urakassa Skanskan As. Oy. Tampereen Luminary -hankkeessa, jossa Destia urakoi maa- ja pohjarakennustyöt. Kyseinen urakka-alue sijaitsee Tampereella vilkkaasti liikennöidyn Itsenäisyydenkadun varressa keskustan välittömässä läheisyydessä. Kyseinen tontti on malliesimerkki kaupunkirakentamisesta; vilkas katu vieressä, paljon kevyttä liikennettä ja asuintalot välittömässä läheisyydessä.

2 KAUPUNKIYMPÄRISTÖN RAJOITTEET

2.1. Viranomaismääräykset

Rakennushanketta varten on haettava sen luonteesta riippuen erilaisia lupia, joissa usein määrätään hanketta koskevista asioista, kuten työaika, sallitut melu- ja tärinärajat ja mahdollisesti myös voidaan antaa kalustoa koskevia määräyksiä. Keskusta-alueella tarpeelliseksi tulee myös yleensä katuluvan hakeminen, mikäli on tarpeen työskennellä kadulla tai muilla yleisillä alueilla.

Yleisimmin haettavia lupia ja tehtäviä ilmoituksia ovat rakennuslupa, rakennustyön ennakkoilmoitus, meluilmoitus, ilmoitus pilaantuneen maaperän puhdistamisesta ja louhintatöihin tarvittavat luvat.

2.1.1 Melu, pöly ja tärinä

Kunnan ympäristönsuojeluviranomaiselle on tehtävä kirjallinen ilmoitus tilapäistä melua tai tärinää aiheuttavasta työstä 30 vuorokautta ennen toiminnan aloittamista. Ilmoituksen vastineeksi ympäristönsuojeluviranomainen laatii melupäätöksen, jossa hän voi määrätä muun muassa sallitun työajan meluaville töille ja saako työtä tehdä myös viikonloppuisin. Aikarajoituksena on yleisimmin arkipäivinä 7-18. Melupäätöksessä vaatimuksena voi olla myös lähialueen asukkaiden informointi urakoitsijan toimesta. Informointi voidaan toteuttaa esimerkiksi sähköpostitse talojen isännöitsijöiden kautta. (Suomen ympäristökeskus 2016b.)

Tyypillisesti myös melupäätöksessä todetaan, että melu- ja pölyhaitat on estettävä tai ainakin tehtävä mahdollisimman vähäisiksi. Myöskään tärinästä ei saa aiheutua kohtuutonta haittaa, ja tärinän vaikutuksia on pyrittävä vähentämään ja seurattava. Yleensä todetaan, että rakennustyöt on suoritettava mahdollisimman vähäistä haittaa aiheuttaen. Kunkin kohteen sallitun tärinämäärän määrittää tärinäasiantuntija, joka huomioi ympäröivien rakenteiden kunnon, rakennustavan ja vahingoittumisalttiuden. Tärinälle herkimpiä laitteita (esimerkiksi merkittävät tietotekniset laitteet tai sairaaloiden laitteistot) voidaan joutua suojaamaan tärinää vastaan. Suojaus voidaan toteuttaa esimerkiksi tekemällä laitteen alle tärinää pienentävä rakenne, joka nostaa se irti lattiasta. (Salonen 2017.)

2.1.2 Pilaantuneet maat (PIMA)

Kaupunkialueella rakennettaessa löytyy usein pilaantuneita maita, joka voi johtua monista syistä. Paikalle on esimerkiksi voitu tuoda aikoinaan täyttömaita, jotka ovat olleet pilaantuneita tai paikalla on voinut olla huoltoasema tai teollisuutta. PIMA-ohjearvoihin vaikuttaa alueen käyttötarkoitus. Pilaantuneisuuden vertailuun on olemassa kaksi ohjearvoa: ylempi, jota käytetään teollisuus-, varasto- ja liikennealueilla tai muilla vastaavilla alueilla sekä alempi, jota käytetään asuin- ja virkistysalueilla. Maiden haitta-ainepitoisuudet tulee selvittää, jotta voidaan varautua niiden mahdollisiin käsittely- ja kuljetuskustannuksiin. (Suomen ympäristökeskus 2016a.)

PIMA-maiden kaivutöissä on varmistettava se, ettei työalueelta kulkeudu haitallisia päästöjä ympäristöön. Tähän suojaustyöhön on panostettava erityisesti työskenneltäessä tiiviisti asutulla alueella. Asutulla alueella tulee välttää maamassojen kasausta, jotta kemikaalit eivät haihdu ympäristöön. Mikäli maamassat kuitenkin kasataan, tulee kasa peittää. Kuljettaessa kuorman pölyäminen tulee estää yleensä peittäen. Joissakin tapauksissa voi olla tarpeen jopa pestä kuljetusajoneuvon renkaat ja alusta, jotta haitta-aineet eivät kulkeudu ympäristöön. Tällaista pesupaikkaa voi olla vaikeahkoa järjestää jo muutenkin tiiviisti rakennetulla kaupunkialueella, sillä pesuvedelle täytyy järjestää oma keräys. (Leino-Forsman, Mroueh, Sarkkila 2004, 110.)

2.2. Rakennusaikaiset olosuhdetekijät

Rakennusaikaisilla olosuhdetekijöillä tarkoitetaan esimerkiksi työmaajärjestelyitä, etäisyyttä maiden läjitys paikalle, vuodenajan vaikutuksia (talvityöt), geoteknisiä ominaisuuksia (esim. pohjavesi), liikenne ja olemassa olevat rakenteet. Nämä tekijät tulee ottaa kustannuslaskennassa huomioon, sillä niiden kustannusvaikutus on 100 – 200 %:a tapauksesta riippuen. (Katu 2002 2003, 163.)

Katu 2002-ohjeessa (2003, 163) kerrotaan kaksi esimerkkiä olosuhdetekijöiden kustannusvaikutuksista. Esimerkit ovat seuraavat:

Pieni kustannusnousu: Uuden asumalähiön katu-, vesihuolto-, sähkö- ja tiedonsiirtoverkoston rakentaminen kaupungin reuna-alueelle, joustava työmaaliikenne ja ylijäämämaiden vastaanottopaikka tai hyödyntämismahdollisuus lähellä.

Suuri kustannusnousu: Kadun saneeraustyö keskusta-alueella, työ toteutetaan vaiheittain pieninä kokonaisuuksina, työmaajärjestelyt erittäin vaikeat, yksisuuntainen ja erittäin ahdas työmaa-alue, ylijäämämaiden vastaanottopaikka kaukana työkohteesta, katu yleisessä käytössä koko ajan, paljon eri laitosten johto- ja putkisiirtoja, paljon työvaiheiden yhteensovituksia. (Katu 2002 2003, 163.)

Rakennusaikaisiin olosuhteisiin vaikuttaa myös urakka-alueella työskentelevät muut osapuolet. Eri osapuolten tulisi olla tiiviissä yhteyden pidossa keskenään, jotta jokaisella osapuolella on samanlaiset mahdollisuudet aikatauluttaa työtään ja reagoida mahdollisiin viivästyksiin (Laakso 2017).

2.2.1 Yleisimmät maanalaiset kunnallistekniset järjestelmät

Kunnallistekniset järjestelmät ovat yleisimpiä olemassa olevia rakenteita kaupunkiympäristöissä. Nämä rakenteet sijaitsevat yleensä alle viiden metrin syvyydessä maan pinnasta. Jäte- ja hulevesi- sekä vesijohtoverkostot ovat näistä suurimpia. Niiden lisäksi maan alla kulkee sähkö- ja telekaapeleita. Nykyään kaapelit rakennetaan kulkemaan suojaputkien tai -kourujen sisällä, mutta vastaan voi tulla myös kaapeleita ilman suojaa. Myös merkittäviä ja tällä hetkellä kasvavia järjestelmiä ovat kaukolämpö ja -jäähdytys sekä maakaasu. Kaikki edellä mainitut järjestelmät merkitään nykyään varoitusnauhalla alkutäytön päällä. Kaupungissa on yhden johdon tai putken päässä jopa useita satoja henkilöitä, jolloin järjestelmän vaurioituminen rakennustyön takia aiheuttaa suuria vahinkoja. (InfraRYL Järjestelmät 2009.)

2.2.2 Kaivantojen tukeminen

Kaivannon tuki rakennetaan joko sen sisä- tai ulkopuolelle. Sisäpuolisena tukena käytetään yleensä vastakkaisiin seiniin tukeutuvaa vaakatukea. Sisäpuolinen tuenta sopii yleensä vain pienille ja matalille kaivannoille. Suurempi alaiset kaivannot tuetaan ulkopuolisesti ankkuroimalla tukirakenne ympäröivään maahan. (Harju, Norokorpi, Rantanen, Uusitalo 2013, 29–37.)

Kevyttä tuentaa vaativissa paikoissa voidaan käyttää esimerkiksi vain harvaa pysty- tai vaakalaudoitusta. 2 -3 metriä syviin kaivantoihin sopii tukiseinäelementti, joka estää

sortumistapauksessa maan sortumisen työntekijöiden päälle. (Harju, Norokorpi, Rantanen, Uusitalo 2013, 29–37.)

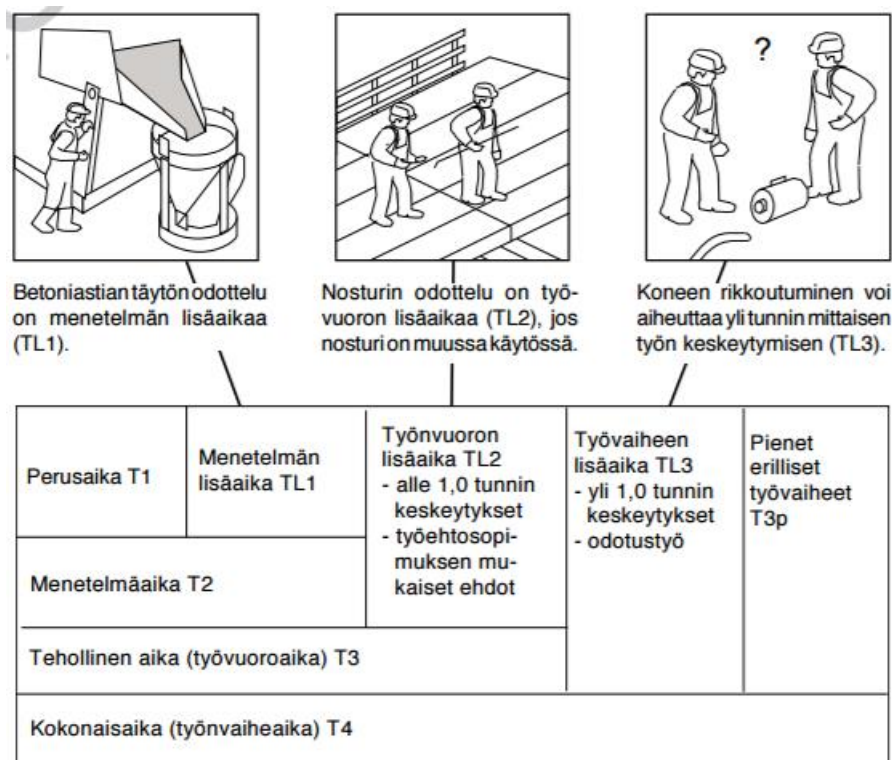
Edellä mainitut menetelmät eivät sovellu käytettäväksi syvissä kaivannoissa joissa yleensä suositetaan syvästabilointia, pontti- porapaalu- tai settiseiniä tai muuta vastaavia tukiseinärakenteita. Alustavaan valintaan saadaan apua taulukosta 1. Lopulliseen valintaan tarvitaan kuitenkin asiantuntijan suunnitelmaa, jotta voidaan varmistua rakenteen kestävyydestä maan massaa vastaan. (Harju, Norokorpi, Rantanen, Uusitalo 2013, 29–37.)

TAULUKKO 1. Tukiseinän alustava valinta syville kaivannoille (Harju, Norokorpi, Rantanen, Uusitalo 2013, 30).

Vaatus tai olosuhdetekijä	Pontti-profiliseinä	Combi-seinä	Putkiponttiseinä	Kaivinpaaluseinä	Kaivanto-seinä	Settiseinä
Käyttötarkoitus						
▪ työnaikainen tukiseinä	X	(X)	(X)			X
▪ pysyvä tukiseinä	(X)	X	X	X	X	X
▪ toimii myös rakenteen perustuksena	(X)	X	X	X	X	(X)
Vesitiivisyysvaatimus						
▪ vesitiivis seinä	X	X	(X)	X	X	
▪ työskentely avovesiolosuhteissa	X	X	(X)			
Pohjasuhteet						
▪ pehmeä tai vetelä	X	X	X	X	X	
▪ kiinteä ja kivetön	X	X	X	X	X	X
▪ kova ja kivinen		(X)	(X)	X		(X)
Ympäristö ei saa liikkua tai painua	(X)	X	X	X	X	(X)
X = Seinä soveltuu yleensä käytettäväksi (X) = Seinää voidaan joskus käyttää						

2.3. Aikataulukäsitteet

Suurten ja/tai hankalissa olosuhteissa toteutettavien hankkeiden aikataulu- ja kapasiteetilaskenta vaatii kokemusperäistä tietoa seuraavaksi esiteltävien menetelmien lisäksi. Kuvassa 1 esitellyt aikataulukäsitteet ovat talonrakennustyömaalta, mutta samaa ajatusta voidaan soveltaa esimerkiksi täyttötöihin, jotka voidaan joutua tekemään nostoastialla ("nostojassikka") tiiviisti rakennetussa ympäristössä. Näitä täyttötöitä sovelletaan esimerkiksi tapauksena työvaiheajan kuvaamisessa. (Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus 2011, 62.)



KUVA 1. Aikataulukäsitteitä rakennustyössä. (Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus 2011, 63).

Aikataulusuunnittelu alkaa työn perusajan määrittelyllä (kuvassa T1.) Perusaika mietitään huomioimatta hidastavia tekijöitä. Esimerkkitapauksessa perusajaksi voitaisiin miettiä esimerkiksi, että täyttötöitä pystytään tekemään kaivinkoneella ja kuorma-auto pääsee ajamaan täyttömateriaalin kaivinkoneen välittömään läheisyyteen. (Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus 2011, 63.)

Perusaikaan lisätään menetelmän lisäaika (TL1), jolloin saadaan menetelmäaika T2, joka ei huomioi minkäänlaisia mahdollisia taukoja. Esimerkkitapauksessa menetelmän lisäaikaa tulee siitä, että täyttötöitä joudutaankin tekemään nostoastialla, jonka täyttöö-

ja tyhjennykseen tulee varata aikaa. Täyttötöissä menetelmän lisääjällä on merkittävä vaikutus kokonaistyövaiheeseen. Menetelmän lisäämään on huomioitava lisäksi työvuoron lisäaika (TL2.) Tällä tarkoitetaan esimerkiksi nosturin odottelua, mikäli se on muussa käytössä, tai muita alle tunnin mittaisia tai työntekijöiden lain mukaisia taukoja. Tällöin saadaan tehollinen aika (työvuoroaika) T3, joka muodostuu perusajasta, menetelmän lisääjasta ja työvuoron lisääjasta. Tehollinen aika on tavoitteellinen, eikä huomioi konerikkojen tai muiden pidempiaikaisten keskeytysten vaikutusta. (Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus 2011, 63.)

Edellä mainittujen lisäksi on hyvä huomioida myös työvaiheen lisäaika (TL3), joka voi aiheutua esimerkiksi konerikosta tai muusta keskeytyksestä, joka kestää yli tunnin. Esimerkkitapauksen täyttötöissä tätä voisi aiheutua esimerkiksi nostoastiaa täyttävän kaivinkoneen hydraulikkaletkun hajoamisesta. Lisäaikojen lisäksi täytyy huomioida pienet erilliset työvaiheet, joita voi aiheutua esimerkiksi siitä, että kaivinkonetta tarvitaan materiaalikuorman purkuun hetkellisesti toisaalla. Kun työvaiheen lisäaika ja pienet erilliset työvaiheet lisätään teholliseen aikaan, saadaan kokonaisaika, joka on työvaiheen kokonaiskesto. Kun työvaiheiden kokonaiskesto suhteutetaan koko hankkeen keston, voidaan laskea tarvittavat kapasiteetit. Kapasiteetteihin palataan myöhemmin tässä työssä. (Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus 2011, 63.)

3 ERITYISPIIRTEIDEN HUOMIOINTI TARJOUSLASKENTA- JA TOTEUTUSVAIHEISSA

3.1. Aikataulutus

Aikataulua laadittaessa on pyrittävä varmistamaan niin pitkälle kuin mahdollista, että rakentamistehtävien edellytykset täyttyvät. Tehtävien edellytyksiä ovat seuraavat:

- suunnitelmat
- materiaalit
- työntekijät
- kalusto
- mesta eli vapaa työkohte
- edeltävät työvaiheet
- olosuhteet (Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus 2011, 95).

Suunnitelmat, materiaalit, työntekijät ja kalusto ovat harvemmin työtä estäviä tekijöitä. Tarjouslaskentavaiheessa koko hankkeen ja eri työvaiheiden suunnittelussa täytyy kiinnittää erityistä huomiota siihen, että työkoneille on varattava odotusaikaa. Työkoneet pääsevät harvoin työskentelemään täydellä työteholla tiukasti rajatulla työmaa-alueella. Työtehon lasku johtuu usein siitä, että varalla olevaa työkohteetta ei voida järjestää pienellä tontilla. Tämä voi olla syynä erityisesti silloin, kun samalla työskentelyalueella toimii useita muita urakoitsijoita. Työtehon maksimoimista auttaa hyvä työnsuunnittelu ja aikataulun tarkentaminen töiden edetessä. (Laakso 2017.)

Mikäli samalla työmaalla työskentelee useita urakoitsijoita, jotka eivät ole sopimussuhteessa keskenään, on tärkeää sitouttaa toimijat yhteisiin pelisääntöihin. Myös avoin yhteydenpito urakoitsijoiden välillä auttaa työnsuunnittelussa. Aikataulusta on syytä tehdä mahdollisimman realistinen, sillä meluavia töitä saa usein tehdä vain päiväsaikaan, joten kiireen tullessa työvuoroa ei välttämättä voida pidentää. (Syvänen 2017.)

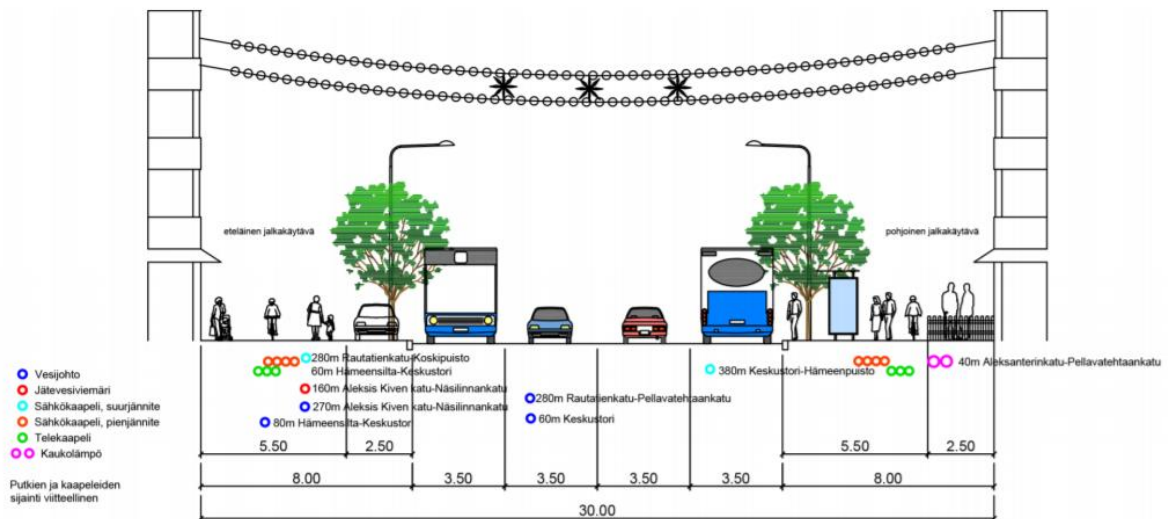
Suunnitellusta aikataulusta on syytä myös informoida kolmansia osapuolia, eli tässä tapauksessa lähitalojen asukkaita ja yrityksiä. Heille voidaan pitää urakan alkuvaiheessa oma tiedotustilaisuus, jonka jälkeen informointi voidaan hoitaa esimerkiksi

sähköpostein isännöitsijöille, kirjallisesti rakennusten rappukäytävissä tai kulkuväylillä. Kun kolmas osapuoli kokee tulleen huomioduksi saatuaan informaatiota, pienenee saatavien valitusten määrä. Informoinnissa voidaan kertoa esimerkiksi meluavampien työvaiheiden kestosta ja aloituksesta. (Salonen 2017.)

3.2. Olemassa olevat rakenteet

Kaupunkiympäristössä työtä rajoittavat olemassa olevat maanpäälliset ja maanalaiset rakenteet. Rakenteiden sijainti vaikuttaa esimerkiksi pienentämällä louhintatöissä sallittuun momentaaniseen räjähdysmäärään tärinärajojen kautta. Myös kenttien peittely on tehtävä erityistä huolellisuutta noudattaen vilkkaassa kaupunkiympäristössä. Nämä asiat merkitsevät louhintatöiden kustannusten nousua, sillä porareikien välit pienenevät, jolloin kerralla irrotettavan kallion määrä pienenee ja kenttien peittely vie enemmän aikaa. (Salonen 2017.)

Seuraava kuva 2 on todellinen esimerkki Tampereen Hämeenkadun maanalaisista rakenteista.



KUVA 2. Tampereella Hämeenkadun alla kulkevat rakenteet (Hämeenkadun yleissuunnitelma 2015, 8).

3.2.1 Kaapelit

Kaupungeissa sähkö- ja tietoliikennekaapelit sekä kaukolämpö ja jäähdytysputket menevät maan alla. Niiden sijaintitietojen selvittämiseen ja kaapelinäyttäjän tilaamiseen työkohteeseen on tärkeää varata riittävästi aikaa ja rahaa. Kaapelit voivat hidastaa kaivutöitä, joiden yhteydessä myös voi tulla tarpeelliseksi erilaiset tukirakenteet kaapeliputkilautoille. Alla kuvassa 3 on esitetty toimiva ja edullinen kaapeleiden tukirakenne.



KUVA 3. Esimerkkikuva kaapelien tuennasta (Matikainen 2015, 11).

Mikäli kaapeleiden välittömässä läheisyydessä täytyy suorittaa pidempikestoisesti kaivutöitä, voidaan siitä tehdä oma erillinen työvaihekohtainen työ- ja laatusuunnitelma. Suunnitelmaan voidaan selvittää kaapeleiden katkeamisen varalta kaapeleiden omistajien ”häätänumerot”, jolloin yhteystiedot löydetään helposti ja kootusti yhdestä paikasta vahinkotilanteessa.

3.2.2 Vesihuolto

Kuten kaapeleitakin, niin myös vesihuoltoverkoston putkia kulkee useita eri tasoissa kaupunkien katujen alla. Niiden lähistöllä työskentelyyn tulee varata aikaa, jotta työ voidaan tehdä rauhassa vaurioita välttämällä, sillä tiiviisti rakennetulla alueella yhdenkin putken vaikutusalueella on useita kymmeniä ihmisiä. Hyvä ja yksityiskohtainen työn etukäteissuunnittelu, johon sitoutetaan työntekijät, on vesihuollon rakennustyössä tärkeä laadunvarmistustekijä ja työturvallisuuden lisääjä.

Toinen kunnallistekniikkaa rakennettaessa tärkeä tekijä on olemassa olevaan verkostoon liittyminen. Nämä liitokset tulee tehdä ammattitaitoisen tekijän toimesta, jolloin työ valmistuu nopeasti ja haitat asukkaille ja liikenteelle jäävät mahdollisimman lyhyiksi. Liitoskohdat joudutaan usein tekemään liikennöidyillä alueella, jolloin työn on valmistuttava nopeasti. Usein tällaiset liitostyöt täytyy tehdä juuri ennen asfaltointitöitä, sillä kaupunki usein määrää, ettei katualue saa olla asfaltittu esimerkiksi viikkoa pidempään.

3.3. Työmaa-alue

Työmaa-alueet ovat kaupunkiympäristöissä yleensä niin pieniä kuin suinkin mahdollista, sillä rakennukset rajaavat alueen. Vilkkaasti liikennöidyillä katualueilla pyritään pitämään liikenteenvälityskyky mahdollisimman suurena, jolloin työmaan aiheuttamat lieveilmiöt (ruuhkat yms.) jäävät paikallisemmiksi. Tällöin katulupa myönnetään yleensä vain yhden kaistan sulkemiseen kerrallaan, mikäli kyseessä on monikaistainen katu. Talviaikaan työskennellessä on huomioitava myös lumenpoisto ja sen pois kuljetus työmaa-alueelta.

3.3.1 Varastointi

Erityisesti tarjouslaskentavaiheessa on kiinnitettävä huomiota siihen, että pienellä tontilla ei ole suuria säilytystiloja. Tästä johtuen toimitettavat materiaalkuormat joudutaan jakamaan tavallista pienempiin osiin, niin että ihannetilanteessa työmaalla olisi vain maksimissaan muutamien tulevien työvaiheiden materiaalit. Pienistä kuormista johtuen voivat kuljetuskustannukset nousta suuremmiksi, kuin työmaalla, jolla on mahdollisuus tavaroiden pitkäaikaiseen varastointiin. Kun toimitaan ahtaalla tontilla, jolla on monia toimijoita ja mahdollisesti paljon liikennettä, vähenee myös materiaalien rikkoutumisriski, kun pidetään tontilla vain välttämättömät tarvikkeet. Järkevä varastointi lisää myös työturvallisuutta ja parhailtaan voi vähentää työkustannuksia, kun tavarat ovat selkeästi omilla paikoillaan helposti saatavissa. Hyvä aluesuunnitelma auttaa järkevien varastointiratkaisujen löytämisessä.

Kaivutöiden yhteydessä voi löytyä kiviaineksia, joita voitaisiin hyödyntää täyttötöissä. Kaivumaat kuitenkin vaativat melko suuren välivarastointitilan, joka pitää myös miettiä ennen työn aloitusta, mikäli aikeena on hyötykäyttää maata. Mikäli työskennellään talviaikaan, voi ongelmana olla myös lumenvarastointi ja suojausmateriaalien varastointi.

3.3.2 Hankinta-aikataulu

Pienistä varastointitiloista johtuen nousee toteutusvaiheessa tärkeäksi töiden suunnittelu etukäteen, jotta tiedetään milloin materiaaleja (esimerkiksi kaivot, viemäriputket) tarvitaan työmaalla. Tämä edellyttää yhteydenpitoa urakoitsijan ja materiaalitoimittajien välillä ja materiaalien tilaamista riittävän aikaisin, jotta voidaan varmistua siitä, että ne ovat oikea aikaisesti valmiina ja kuljetuksessa. Tällaisen toiminnan varmistamiseksi urakoitsijan kannattaa tehdä jo urakan alkuvaiheessa hankinta-aikataulu, joka on ajoitettu työaikataulun mukaisesti. (Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus 2011, 51.)

Hankinta-aikataulun ja viikkoaikataulun avulla voidaan työmaalla valmistautua siihen, että kuormat saadaan purettua nopeasti vilkkaasta ympäristöstä huolimatta. Tällöin materiaalitoimituksen aiheuttama haittaa liikenteelle jää mahdollisimman vähäiseksi eikä ylimääräisiä laskutettavia odotustunteja tule.

3.3.3 Työmaaliikenne

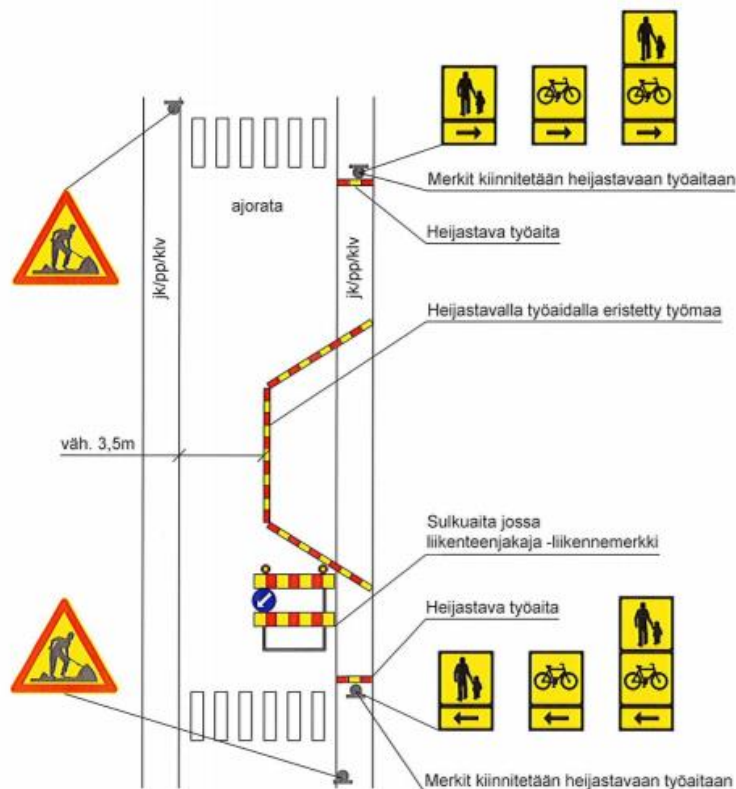
Infratyömailla on usein tarve maanleikkausmaiden poiskuljetukselle ja täyttömateriaalien kuljetukselle työmaalle, joka tapahtuu pääsääntöisesti kuorma-autoilla keskusta-alueilla. Näin ollen on syytä varmistaa, että työmaalle/työmaalta johtavat kadut ovat kantokestävyydeltään ja leveydeltään, sellaisia, että ne kestävät kuorma-auton lasteiden. Ajoneuvoliikennettä varten olisi hyvä varata vähintään kolme porttia työmaalle: sisään- ja ulosajolle sekä varalle. Tällä menetelmällä nopeutetaan kuorma-autoliikennettä, kun kääntämisen tarve vähenee. Varaportilla pyritään varmistamaan, että työmaaliikenne pääsee kulkemaan sujuvasti, vaikka yksi kulkuväylistä olisikin tukittuna esimerkiksi materiaalikuormien purun aikana. Tarjouslaskennassa on kuitenkin syytä huomioida kuorma-autoille mahdollisesti aiheutuva odotusaika, jota voi aiheutua kulkuväylien tukkeutumisesta.

Liikenneturvallisuuden varmistamiseksi olisi hyvä, mikäli työmaalle ajajille saataisiin oma erillinen kääntymiskaista, mikäli työmaan vieressä kulkee vilkkaasti liikennöity tie tai katu. Tällä ratkaisulla pystyttäisiin varmistamaan turvallinen odotustila esimerkiksi työmaan porttien avautumisen ajaksi.

Työmaaliikenteen kulkua suunniteltaessa täytyy huomioida myös kiviaineksen ja hiekan kulkeutuminen työmaa-alueen ulkopuolelle renkaiden mukana. Koska tätä voidaan harvoin estää, täytyy laskennassa huomioida myös kulkuväylien puhdistustarpeesta aiheutuvat kulut.

3.3.4 Liikennejärjestelyt

Kaupunkiympäristön hyvä puoli liikennejärjestelyiden kannalta ovat jo valmiiksi alhaiset ajonopeudet. Tällöin erillisiä nopeuden porrastettuja alentamismerkkejä ei tarvitse asentaa. Haittapuolena ovat suuret liikennemäärät, joista johtuen esimerkiksi kaistan sulkemisesta täytyy tiedottaa riittävän aikaisin, jotta autoilijat ehtivät valmistautumaan siirtymiseen viereiselle kaistalle. Mikäli kevyen liikenteen väylä täytyy sulkea liikenteeltä, täytyy liikennejärjestelyistä tehdä riittävän selkeät ja kiertoreiteistä täytyy kertoa selvästi. Kevyen liikenteen kulku on estettävä jämäköin aidoin edellisen laillisen kadun ylityspaikan kohdalta, joita ei saa ilman apuvälineitä auki. Muutoin kevyt liikenne kulkeutuu ajoradalle tai ylittää ajoradan luvattomasta paikasta. Alla oleva esimerkki (kuva 4) esittää melko yksinkertaista, mutta hyvää liikennejärjestelyä kevyen liikenteen kannalta.



KUVA 4 Esimerkkikuva hyvistä liikennejärjestelyistä kaupungissa. (Tampereen kaupunki 2016).

Kaupunkiympäristössä, jossa on paljon väestöä, on riskinä myös työmaa-alueelle tunkeilijat erityisesti aikana, jolloin työmaalla ei ole toimintaa. Tämän takia työmaa-alueelle asiattomilta on estettävä pääsy riittävän liikennejärjestelyin ja aidoin, jotta vältetään tapaturmilta ja ilkeilyiltä.

Infrarakennustyömaa vaikuttaa usein tonttien ja rakennuksien kulkuväyliin. Kiertoreiteistä on tiedotettava riittävän etäällä, jotta kuljija osaa hakeutua oikealle kaistalle ajoissa. Mikäli kulkuyhteys katkaistaan aivan talon oven tai vaikkapa parkkipaikan edestä, täytyy varata aikaa ja rahaa väliaikaisiin kulkujärjestelyihin.

3.4. Kapasiteetit

Työkoneiden ja rakennusmiesten työskentelykapasiteetit vaikuttavat merkittävästi urakan kustannusten syntymiseen. Seuraavassa käsitellään kapasiteetteja yleisimmissä työvaiheissa.

3.4.1 Maaleikkaus

Keskusta-alueella työskenneltäessä kaivinkoneen valinnassa täytyy huomioida olemassa olevien katurakenteiden kantokyky. Kaikista suurimmat koneet eivät ole käytännöllisiä eivätkä välttämättä edes mahdollisia valmiiksi olemassa olevien rakenteiden lähellä, vaikka maanleikkausta olisikin kohteessa paljon. Hyvä ratkaisu olisi ottaa keskikokoinen (17...25tn) tela-alustainen kaivinkone tai iso (15...21tn) pyöräalustainen kaivinkone, mikäli olosuhteet eivät mahdollista telakoneen käyttöä tai tarvitaan nopeaa materiaalien siirtoa työmaalla. Alla olevassa taulukossa 2 on esitetty maanrakennuksen kapasiteetit normaaliolosuhteissa. Taulukossa 3 on esitelty maalajiryhmät kaivuluokkineen. Maanrakennuksen kapasiteettiin vaikuttaa siis kaivinkoneen koko, maalaji ja mahdollinen routa. (RATU Ohjeet 2003a).

TAULUKKO 2. Maankaivun kapasiteetit normaaliolosuhteissa. (RATU Ohjeet 2003a, 2).

Kaivuluokka	Hydraulisen kaivukoneen paino (tonnia)					
	11	14	17	21...25	30...35	
(A) E1-E3, H1, H2, K1	95	105	115	135		m ³ itd/h
	59	66	72	84		m ³ ktr/h
(B) K2 tai (A) + routaa 40 cm	85	95	105	130	160	m ³ itd/h
	65	73	81	100	123	m ³ ktr/h
(C) H3, M1, M2 tai (B) + routaa 40–50 cm		85	95	115	150	m ³ itd/h
		57	63	77	100	m ³ ktr/h
(D) M2, M3 tai (C) + routaa 50–60 cm			80	100	135	m ³ itd/h
			53	67	90	m ³ ktr/h

TAULUKKO 3. Maalajiryhmät (RATU Ohjeet 2003a, 3).

Maalajiryhmä	Kaivuluokka	Maalajit	Suhteellinen kaivuvastus
E	E1	Liejut, muta	5...15
	E2	Turpeet	10...30
	E3	Turpeet	30...40
H	H1	Savet	15...30
	H2	Siltit	20...50
	H3	Kuivakuoret	>50
K	K1	Hiekat	50...150
	K2	Sorat	50...150
	K3	Somero	200...300
		Kivikko	200...300
M	M1	Löyhät, kivettömät tai kiviset moreenit	150...300
	M2	Keskitiiviit, kivettömät tai kiviset moreenit	250...500
	M3	Tiiviit moreenit Runsaskiviset moreenit Lohkareiset ja runsaslohkareiset moreenit Louhikot	>450

Tässä työssä käytetyssä havainnointikohteessa maaleikkauksen kapasiteetti on noin 10 prosenttia taulukon 2 arvoista. Tarkemmat laskelmat on esitetty liitteessä 1.

Ennen kaivutöiden aloittamista täytyy myös miettiä, miten kaivannot pidetään kuivana. Kaupungissa on yleensä lähistöllä hulevesikaivo, johon vedet voidaan johdattaa. Mikäli maaperä on pilaantunutta, ei vesiäkään todennäköisesti saa pumpata hulevesiverkoston. Tällöin on keksittävä vaihtoehtoisia ratkaisuja (esimerkiksi säiliö.)

3.4.2 Kallioleikkaus

Kallioleikkauksen kapasiteetin määrittävät erityisesti sallitut värinäarvot. Sallittuun värinäarvoon vaikuttaa ympäröivän asutuksen rakennustapakerroin, jonka arvona voidaan suuntaa antavissa laskuissa käyttää arvoa $K_F=1$, pilariperustuksille rakennetut elementtirakenteiset teräs-betonirakenteet, teräs- ja puurakenteiset toimisto- ja asuinrakennukset, muut puu- ja teräsrakennukset, johdot ja maakaapelit. Toinen sallittuun värinäarviin vaikuttava tekijä on rakenteen etäisyys ja perustusmaalaji. (Salonen 2017.)

Koska tiiviisti rakennetussa ja vilkkaassa kaupunkiympäristössä kaikenlaiset rakenteet sijaitsevat yleensä lähellä louhintakohdetta, tulee sallituksi värinäarvoksi pienehkö luku verrattuna asuttamattomaan ympäristöön. Louhinnan lopullisen kapasiteetin määrittää kuitenkin samanaikaisesti räjähtävä räjähdysainemäärä, johon vaikuttaa sallitun värinäarvon lisäksi etäisyys ja kallion värinän johtavuusvakio. Samanaikaisesti räjähtävän räjähdysainemäärän arvo vaikuttaa mm. porareian koon valintaan ja sitä kautta reikävyyteen. Kun sallittu samanaikaisesti räjähtävä räjähdysainemäärä on pienehkö, kuten usein tiiviisti asutulla alueella, tarvitaan enemmän pintahidasteita. Nämä tekijät ja kentän peittämisen tarve kasvattavat kuluja ja laskevat kapasiteettia.

Edellä mainituista tekijöistä johtuen kysyttäessä tarjouksia louhintatyöstä on syytä korostaa tarjouksien antajille kohteen luonnetta. Rakennetulla alueella voidaan myös määrätä, montako räjäytystä päivää kohden saa tapahtua ja mihin kellonaikoihin. Tällöin saadaan mahdollisimman realistisia tarjouksia ja aikatauluja sekä säästyään yllätyksiltä toteutusvaiheessa. (Salonen 2017.)

3.4.3 Kunnallistekniset järjestelmät

Tässä kappaleessa käsitellään vesihuolto-, tele-, sähkö- ja lämpöjärjestelmien rakentamista. Kaupunkiympäristössä vesihuollon ja sähkö- sekä lämpöteknisten järjestelmien rakentamisen haasteina ovat olemassa olevat putki- ja kaapelilinjat sekä ahtaat kaivannot. Kaupungissa rakennettaessa käyttöön täytyy ottaa usein erilaisia tukirakenteita, kuten esimerkiksi pontit, kapeiden kaivantojen vuoksi. Tukirakenteiden asennus- ja siirtotyö kasvattaa putkitustyön työmenekkiä. Uutta putkilinjaa rakennettaessa kaupungissa ongelmana on olemassa olevien rakenteiden kohtaaminen ja niihin liittyminen. Raken-

teet on usein myös peitettävä heti, jotta (katu)alue saadaan mahdollisimman nopeasti käyttöön.

Taulukossa 4 on esitetty teoreettisia putkiasennustyön työmenekkejä metriä kohden. Havainnointikohteessa putkitustyön kapasiteetit ovat olleet lähellä taulukon arvoja työmaapäällikön arvion mukaan. (Laakso 2017.)

TAULUKKO 4. Putkiasennusmenekkejä (RATU Ohjeet 2003b, 2).

Työnosa	Työryhmä	Työmenekki
Salaojitus	2	0,10 tth / m
Viemäröinti	2	
- muoviputki, halkaisija \leq 300 mm		0,15 tth / m
- muoviputki, halkaisija $>$ 300 mm		0,26 tth / m
Kaivojen asennus	2	
- muovikaivo		1 tth / kpl
- betoninen kaivonrenkas		1 tth / kpl
Lämpökanavien rakentaminen	2	0,50 tth / m
Kaapelikourujen asennus	1	0,05 tth / m
Rumpujen teko	2	
- muoviputki		0,12 tth / m

3.4.4 Täyttö- ja tiivistystyöt

Täyttö- ja tiivistystöiden työsaavutuksen määrääviä tekijöitä ovat seuraavat:

- täyttömateriaalin tuontinopeus
- täyttömateriaalien kantomatka kasasta täyttökohteeseen
- koneen ulottuvuus/siirtelytarve
- täytön tiivistystarve
- kohteen monimuotoisuus. (RATU Ohjeet 2003c, 3).

Kuten jo aiemmin todettua, kaupunkityömailla ei yleensä ole suuria varastointitiloja. Tällöin materiaalia ei usein voida varastoida työmaalle, vaan sen on saavuttava juuri ennen täyttötöiden aloitusta tai vaihtoehtoisesti varastointipiste voi olla kaukana täyttöpisteeseen nähden. Täyttötöitä tekevä kone voi ahtaalla työmaalla joutua väistelemään muuta työmaan liikennettä, jolloin täyttötöiden hidastuu. Havainnointikohteen työmaalla täyttötöiden jouduttiin tekemään nostoastian avulla, joka pidensi työvaiheikaa.

Taulukossa 5 on esitetty täyttötöiden teoreettiset työmenekit. Työmenekki kertoo kuinka monta työntekijätuntia (tth) tarvitaan yhden yksikön (esimerkiksi kuutio tai neliö) valmiiksi saamiseksi. Liitteessä 2 on esitetty havainnointikohteen toteutuneet työmenekit, joista voidaan todeta, että täyttötöiden työmenekki on ollut noin kolminkertainen teoreettiseen nähden.

TAULUKKO 5. Täyttötöiden työmenekit (RATU Ohjeet 2003c, 3).

Työnosa	Työryhmä	Työmenekki
Kuitukankaan asennus	1	0,004 tth / m ²
Perustusten alustäyttö ja tiivistys	1	0,063 tth / m ³ rtr
	kone	0,063 kone-h / m ³ rtr
Perusmuurin vierustäyttö ja tiivistys	1	0,058 tth / m ³ rtr
	kone	0,058 kone-h / m ³ rtr
Alapohjan alustäyttö ja tiivistys	1	0,061 tth / m ³ rtr
	kone	0,061 kone-h / m ³ rtr
Kanaalien alustäyttö ja tiivistys	1	0,040 tth / m ³ rtr
	kone	0,040 kone-h / m ³ rtr
Täyttö rakennusalueella	1	0,022 tth / m ³ rtr
	kone	0,022 kone-h / m ³ rtr
Liikennealueiden rakennekerrokset ja tiivistys	1	0,038 tth / m ³ rtr
	kone	0,038 kone-h / m ³ rtr
Tiivistys tärylevyllä, 3...4 ajokertaa	1	0,050 tth / m ²

4 YHTEENVETO TULOKSISTA

Havainnointikohteessa kaupunkirakentamisen erityispiirteiksi havaittiin erityisesti täyttötöiden hitaus. Tämä on johtunut siitä, että täyttötöistä arvioitua suurempi osa on täytynyt tehdä nostoastialla. Nostoastian käyttöön on tarvittu torninostureita, jotka ovat olleet myös monien muiden urakka-alueella työskentelevien urakoitsijoiden käytössä. Nosturiaikataulujen sopimisessa on ilmennyt viikkoaikataulujen tärkeys. Viikkoaikataulut tulisi luoda niin, että kaikki urakoitsijat olisivat paikalla. Tällöin kaikkien osapuolten tarpeet tulevat todennäköisemmin huomioiduiksi.

Toinen tärkeäksi havaittu asia on hankkeen eri osapuolten välinen avoin ja ajantasainen viestintä. Avoimen viestinnän avulla toisiinsa työvaiheiden kautta linkittyvät urakoitsijat pystyvät paremmin ja nopeammin reagoimaan aikataulumuutoksiin ja muiden mahdollisiin myöhästymisiin. Yhteydenpito helpottaa myös logistiikkasuunnittelua, kun tiedetään milloin jokin kulkuväylistä on suljettuna esimerkiksi kuorman purkamisen ajan. Tällöin pystytään ajoissa tiedottamaan esimerkiksi kuorma-autoilijoita kiertoreiteistä eikä turhaa odotusaikaa tule. Monien toimijoiden toimiessa pienellä työmaalla informaatio voi myös muuttua matkalla tai se ei välttämättä kulkeudu kaikille osapuolille. Vastaavanlaisia tulevia hankkeita ajatellen on syytä huomioida Tampereen alueella vaadittava LVI-alan valvoja talon pohjaviemäreitä varten. Valvojalla tulee olla esimerkiksi LVI-insinöörin tutkinto.

Varastointitilojen pieni koko tai puute on nousut myös paikoin ongelmaksi havainnointikohteessa. Tästä johtuen materiaaleja on tuotu työmaalle pienissä erissä. Tämä yhdistettynä aikataulumuutoksiin on aiheuttanut sen, ettei yllättäen eteen tulleen työvaiheen kaikkia materiaaleja ole ollut työmaalla. Täyttötöitä varten täytesoraa täytyisi olla varastossa työmaalla, jolloin nosturin vapaita hetkiä saataisiin hyödynnettyä tehokkaasti.

Työturvallisuuteen on kyseisen hankkeen kaltaisilla työmailla kiinnitettävä erityistä huomiota. Kun alueella on monia toimijoita, on syytä huolehtia, että kaikki toimivat yhteisten sääntöjen mukaisesti. Työmaan siisteys on pienellä alueella erittäin tärkeää, jotta kulku onnistuu turvallisesti. Työturvallisuudenkin kannalta osapuolten välinen viestintä on merkittävässä roolissa. Kaikkien osapuolten osallistuessa aikataulujen luontiin voidaan varmistaa, että jokainen saa työskennellä rauhassa omalla alueellaan turvallisesti ja tehokkaasti.

5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää, miten kaupunkiympäristön vaikutuksia tulisi huomioida urakoiden tarjouslaskenta- ja toteutusvaiheissa aikatauluissa ja kustannuksissa. Aiheesta löytyi erittäin vähän kirjallista aineistoa, joten työ perustuu pitkälti havainnoiteihin työmaalla ja havainnointiprojektin toteutusorganisaation haastatteluihin. Tästä johtuen vaikutusten arviointi on vain suuntaa antava, sillä sopivia vertailukohteita ei löydetty.

Työn perusteella voidaan todeta, että kaupunkiympäristön vuoksi työmaa-alue on ahdas ja toteutuskapasiteetit pienenevät, jonka takia myös kustannukset nousevat. Erityisesti tämä vaikutus tuntuu maaleikkaus- ja täyttötöissä. Kustannuksia edellä mainituissa työvaiheissa nostavat myös kuorma-autojen keikka-ajan pituus, sillä harvoin maankaato-paikat tai soranottoalueet ovat aivan lähellä keskusta-alueita ja myös kulkeminen vilkkaassa katuverkostossa on hidasta. Kapasiteettien maksimoimiseksi realistinen aikataulusuunnittelu on ahtaalla työmaalla tärkeää. Tällöin vältetään todennäköisemmin työryhmien odotteluajalta, kun työt on hyvin suunniteltu ja materiaalit sekä työkoneet ovat oikeaan aikaan oikeassa paikassa.

Laajemman käsityksen saamiseksi aihetta tulisi tutkia erityyppisillä infratyömailla kaupunkiympäristöissä, jotta saataisiin kattavammin tietoa. Kustannusvaikutusten yksityiskohtaisempaa selvitystä varten olisi tarvittu havainnointikohteen sekä jonkin toisen kaupunkirakennuskohteen jälkilaskennat. Tällöin tiedettäisiin varmemmin, mitkä kustannustekijät ovat tyypillisiä kaupunkirakentamiselle ja mitkä ovat olleet vain havainnointikohteen tapauskohtaisia kustannustekijöitä. Työ on kuitenkin pyritty tekemään niin, että sitä voi hyödyntää monenlaisissa kaupunkirakennuskohteissa ikään kuin muis-tilistana laskenta- ja toteutusvaiheessa.

LÄHTEET

Harju M., Norokorpi L., Rantanen E., Uusitalo J.. 2013. Vaara vaanii kaivannossa. Tutkimushanke kaivantojen turvallisuudesta. Luettu: 7.3.2017.
http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lts_2013-09_vaara_vaanii_web.pdf

Hämeenkadun yleissuunnitelma. 2015. Tampereen kaupunki. Luettu: 6.2.2017.
http://www.tampere.fi/tiedostot/h/vVqyShfBc/Hameenkadun_yleissuunnitelma_raportti_2015-11-10.pdf

InfraRYL Järjestelmät. 2009. Rakennustieto. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Katu 2002. 2003. Suomen kuntatekniikan yhdistys ry. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.

Laakso E. Työmaapäällikkö. 2017. Keskustelut talven 2017 aikana Henna Pasin kanssa. Tampere.

Leino-Forsman H., Mroueh U-M., Sarkkila J. 2004. Pilaantuneen maan kunnostaminen ja laadunvarmistus. Helsinki: Suomen ympäristökeskus.

Matikainen M. 2015. Kaukolämpö- ja kaukojäähdytysverkon työmaiden työmaaoppaan kehittäminen. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

Rakennushankeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus. 2011. Talonrakennusteollisuus ry. Helsinki: Rakennustieto Oy.

RATU Ohjeet 12-0248. 2003a. Rakennustieto Oy. Helsinki: Rakennustieto Oy.

RATU Ohjeet 17-0253. 2003b. Rakennustieto Oy. Helsinki: Rakennustieto Oy.

RATU Ohjeet 16-0252. 2003c. Rakennustieto Oy. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Salonen J. 2017. Louhintatekniikka-opintojakson luentomateriaali. 2017. Tampereen ammattikorkeakoulu.

Suomen ympäristökeskus. 2016a. Riskien määrittely ja arviointi. Julkaistu 11.07.2013. Päivitetty 08.03.2016. Luettu 08.02.2017. http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kulutus_ja_tuotanto/Pilaantuneet_maaalueet/Riskien_maarittely_ja_arviointi

Suomen ympäristökeskus. 2016b. Melua tai tärinää aiheuttava tilapäinen toiminta. Julkaistu 22.05.2013. Päivitetty 06.09.2016. Luettu 15.01.2017.
http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Asiointi_luvat_ja_ymparistovaikutusten_arviointi/Luvat_ilmoitukset_ja_rekisterointi/Ymparistonsuojelulain_mukaiset_ilmoitukset/Melua_tai_tarinaa_aiheuttava_tilapainen_toiminta

Syvänen J. Työpäällikkö. 2017. Keskustelut talven 2017 aikana Henna Pasin kanssa. Pirkkala

Tampereen kaupunki. 2016. Katuluvat. Luettu: 23.1.2017.
<http://www.tampere.fi/liikenne-ja-kadut/katujen-rakentaminen-ja-kunnossapito/katuluvat.html>

LITTEET