

Rakennustyömaan aluesuunnittelu

LAB-ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK), Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka

2022

Ossi Anttila

Tiivistelmä

Tekijä(t) Anttila, Ossi	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Valmistumisaika 2022
	Sivumäärä 22	
Työn nimi Rakennustyömaan aluesuunnittelu		
Tutkinto ja koulutusala Insinööri (AMK), Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka		
Toimeksiantajan nimi, titteli ja organisaatio Kai Heiskanen, työpäällikkö, Varte Lappeenranta Oy		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia aluesuunnittelun vaikutusta rakennustyömaan logistiikan hallintaan. Tavoitteena oli luoda toimeksiantajayrityksen käyttöön aluesuunnittelupohja. Suunnittelupohjan tarkoituksena on helpottaa ja nopeuttaa rakennustyömaan työnjohtoa aluesuunnitelman laatimisessa ja päivittämisessä. Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi rakentamisalan yritys Varte Lappeenranta Oy. Opinnäytetyö sisältää teoriaosuuden ja soveltavan osuuden. Teoriaosassa käsitellään aluesuunnitelmaa ja logistiikkaa käsitteenä, aluesuunnittelua, toimitusten ohjausta sekä 3D-aluesuunnittelua ja fotogrammetriaa. Soveltavassa osassa toteutettiin yrityksen ulkopuolinen haastattelututkimus, jossa selvitettiin olemassa olevia menetelmiä aluesuunnittelun tehostamiseksi. Tutkimuksen perusteella talonrakennushankkeissa käytetyimpiä menetelmiä ovat fotogrammetria kuvaaminen ja 360 asteen kuvaaminen.</p>		
Asiasanat aluesuunnittelu, aluesuunnitelma, toimitusten ohjaus, fotogrammetria		

Abstract

Author(s) Anttila, Ossi	Type of Publication Thesis, UAS	Published 2022
	Number of Pages 22	
Title of Publication Construction site area planning		
Name of Degree Engineer (UAS), Civil and Construction Engineering		
Name, title and organisation of the client Kai Heiskanen, Site Manager, Varte Lappeenranta Oy		
Abstract <p>The purpose of the thesis was to study the effect of area planning on the logistics management of a construction site. The aim was to create a area planning template for the client company. The purpose of the planning template is to facilitate and speed up the work management of the construction site in create and updating the area plan. The thesis work was commissioned by the construction company Varte Lappeenranta Oy. The thesis includes a theoretical part and an applied part. The theoretical part deals with area planning template and logistics as a concept, area planning, delivery control, and 3D area planning and photogrammetry. In the applicable part, an external interview study was carried out to find out about existing methods for improving area planning. Based on the study, the most commonly used methods in building construction projects are photogrammetry imaging and 360 degree imaging.</p>		
Keywords area planning, area planning template, logistics managment,		

Sisällys

1	Johdanto.....	1
2	Aluesuunnitelma	2
2.1	Aluesuunnitelma yleisesti.....	2
2.2	Aluesuunnitelmassa esitettävät asiat	2
2.3	Aluesuunnittelu urakkatarjousvaiheessa	3
2.4	Aluesuunnittelu yleissuunnitteluvaiheessa	3
2.5	Aluesuunnittelu maarakennus- ja perustusvaiheessa	5
2.6	Aluesuunnittelu runkotyövaiheessa.....	5
2.7	Aluesuunnittelu sisätyövaiheessa	7
3	Logistiikka ja toimitusten ohjaus.....	8
3.1	Logistiikka ja toimitusten ohjaus.....	8
3.2	Rakennustyömaan hankintavaiheen toimitusten ohjaus.....	8
3.3	Rakennustyömaan materiaalitoimitusten ohjaus	13
4	3D-aluesuunnittelu	15
4.1	3D-aluesuunnittelu yleisesti	15
4.2	Fotogrammetria	16
5	Haastattelututkimus	17
5.1	Tutkimuksen tarkoitus	17
5.2	Tutkimuksen tulokset	18
6	Yhteenveto ja pohdinta	21
	Lähteet	22

1 Johdanto

Tässä opinnäytetyössä tutkitaan, kuinka aluesuunnitelma vaikuttaa työmaan logistiikkaan ja kuinka aluesuunnittelun kehittyminen tietomallipohjaiseksi vaikuttaa logistiikan hallintaan. Opinnäytetyössä tutkitaan, mitä 3D-aluesuunnittelu menetelmiä on käytössä ja kuinka niitä pystytään hyödyntämään rakennustyömaan logistiikan hallinnassa. Toimeksiantajana toimii Varte Lappeenrata Oy. Aihe valikoitui toimeksiantajan tarpeesta kehittää aluesuunnittelua yhtiössä ja omasta mielenkiinnosta aihetta kohtaan.

Opinnäytetyössä pyritään luomaan toimeksiantajan käyttöön helposti käyttöönotettava ja muokattava aluesuunnittelupohja. Aluesuunnittelupohja luodaan AutoCAD-ohjelmistolla ja pohja tulee käyttöön ainoastaan toimeksiantajalle, eikä sitä julkaista yleiseen käyttöön. Aluesuunnittelupohjan tarkoituksena on helpottaa ja nopeuttaa aluesuunnitelman laadintaa sekä yhtenäistää yhtiön toimintatapaa aluesuunnittelun osalta.

Varte Oy konserni on suomalainen perheyriutus, jonka toimialana on asuinrakennusten ja muiden rakennusten rakentaminen. Konsernin palveluksessa on yli 170 työntekijää, kolmessa eri yhtiössä. Emoyhtiö Varte Oy:n lisäksi samalla toimialalla toimivat Varte Lahti Oy ja Varte Lappeenranta Oy. Yhtiö on perustettu vuonna 1995 Joutec Oy:n nimellä. Vuonna 2010 yhtiön nimeksi vaihtui Varte Oy. Konsernin liikevaihto oli vuonna 2021 yli 170 miljoonaa euroa. (Varte Oy 2022.)

Opinnäytetyöraportin tavoitteena on käsitellä teoriassa rakennushankkeen aluesuunnittelu ja logistiikan hallintaa. Teoria- ja taustatutkimus tehdään olemassa olevista kirjallisista aineistoista. Aineistoa kerätään kirjallisuudesta, asetuksista ja laista sekä RT- ja Ratu-korkeista. Tämän jälkeen toteutetaan haastattelututkimus. Haastattelututkimuksessa on tarkoituksena haastatella henkilöitä, joilla on kokemusta 3D-aluesuunnittelusta eri menetelmin. Haastattelututkimus toteutetaan yrityksen ulkopuolisia kontakteja hyödyntäen.

2 Aluesuunnitelma

2.1 Aluesuunnitelma yleisesti

Aluesuunnittelu kuuluu työmaan tuotannonsuunnitteluun ja sitä toteutetaan koko rakennushankkeen ajan. Aluesuunnittelun tavoitteena on sujuvoittaa työmaatoimintoja sekä niiden vaatimia järjestelyitä koko rakentamisvaiheen ajan. Aluesuunnitelma on kirjallinen dokumentti työmaatoimintojen sijoittamisesta työmaa-alueelle ja sitä päivitetään rakennustyömaan tilanteen muuttuessa rakennushankkeen aikana. Rakennustyömaan aluesuunnittelu aloitetaan toteutussuunnittelu- ja urakkalaskentavaiheessa, jolloin aluesuunnittelu vaikuttaa rakennushankkeen toteutustapaan. Urakkatarjousvaiheessa aluesuunnittelussa otetaan huomioon työmaan järjestelyt, jotta rakennustyön aikana säästytään ylimääräisiltä suoritesidonnaisilta kustannuksilta. Tuotantosuunnitteluvaiheessa työmaa-alueen käyttö suunnitellaan toteutuksen ajaksi ja suunnitelmaa laajennetaan rakentamisvaiheen aikana. (Ratu C2-0454 2017, 1.)

Aluesuunnitelmaa päivitetään aina rakennustyömaan konkreettisesti muuttuessa. Ratu-ohjekortissa C2-0454 Rakennustyömaan aluesuunnittelu (2017) todetaan, että aluesuunnitelmalla välitetään tietoa rakennushankkeen kaikille osapuolille rakennustyömaan työ- ja turvallisuusjärjestelyistä sekä työmaan logistiikkajärjestelyistä. Aluesuunnitelma on tiedonvälitysväline rakennustyömaalla ja sen on oltava kaikille hankkeeseen osallistuville helposti katseltavissa. (Ratu C2-0454 2017, 2.)

2.2 Aluesuunnitelmassa esitettävät asiat

Päätoteuttaja on veloitettu tekemään kirjallinen käytön suunnitelma rakennustyömaa-alueesta. Suunnitelmassa on selvitettävä ja tunnistettava yleiseen järjestelyyn ja toteutukseen liittyvät haitta- ja vaaratekijät. Rakennuttajan turvallisuusasiakirjassa olevat tiedot täytyy huomioida aluesuunnitelmaa laatiessa ja ylläpitäessä. Rakennustyömaa-alueen käytön suunnittelussa on kiinnitettävä huomioitava tapaturmavaaran ja terveyden haitan poistamiseen tai vähentämiseen ainakin seuraavista kohdista:

- *toimisto-, henkilöstö- ja varastotilojen määrä ja sijainti;*
- *nostureiden, koneiden ja laitteiden sijoitus;*
- *kaivuu- ja täyttömassojen sijoitus;*
- *rakennustarvikkeiden ja -aineiden sekä elementtien lastaus-, purkaus- ja varastointipaikkojen sijoitus;*

- *elementtirakentamisessa nostureiden nostopaikkojen perustus ja maapohjan vahvistus, nostureiden nostosäteet ja -kapasiteetit, nosturinkuljettajien mahdollisimman esteetön näköyhteys elementtivarastoon ja asennuskohteeseen;*
- *työmaaliikenne sekä sen ja yleisen liikenteen liittymiskohdat;*
- *kulku-, nousu- ja kuljetustiet sekä niiden kunnossapito;*
- *työmaan järjestys ja siisteys sekä pölyn torjuntaan ja hallintaan tarvittavien rakenteiden ja laitteiden sijoitus;*
- *jätteiden sekä turvallisuudelle ja terveydelle vaaraa tai haittaa aiheuttavien materiaalien kerääminen, säilyttäminen, poistaminen ja hävittäminen;*
- *palontorjunta;*
- *varastointialueiden rajaaminen ja järjestäminen, erityisesti kun käsitellään turvallisuudelle ja terveydelle vaaraa tai haittaa aiheuttavia materiaaleja tai aineita. (Valtioneuvoston asetus 205/2009, 11 §.)*

2.3 Aluesuunnittelu urakkatarjousvaiheessa

Urakkatarjousvaiheessa suunnitellaan työmaa-alueen käyttö ja järjestelyt koko rakentamisen ajaksi. Työmaa-alueen käyttöön vaikuttaa rakennustyömaan nosto- ja siirtotarpeiden lisäksi myös rakennettavan kohteen laajuus sekä rakentamiseen valitut toteutus- ja tuotantomenetelmät. Urakkatarjousvaiheessa selvitetään mahdolliset viranomaismääräykset ja -ohjeet sekä mahdolliset tarvittavat lisäalueet rakennusalueen ulkopuolelta. Rakennustyömaan liikennejärjestelyt ja katualueesta erottautuminen sekä sivuavan liikenteen mahdollinen suojaaminen tapahtuu tässä aluesuunnitteluvaiheessa. Tämän tavoitteena on löytää kiinteitä ratkaisuja koko rakennustyön ajaksi. (Ratu C2-0454 2017, 3.)

Työmaatilojen määrä ja niiden kiinteästi sijoittaminen rakennustyömaalle tai sen ulkopuolelle on työmaakohtaista. Kiinteät ratkaisut työmaatilojen ja kulkuväylien osalta pienentää logistisia kustannuksia rakentamisen aikana. Materiaalien varastointi suunnitellaan jo urakkatarjousvaiheessa, sillä mahdollista varastoaluetta ei välttämättä ole mahdollista järjestää työmaa alueelle. (Ratu C2-0454 2017, 3.)

2.4 Aluesuunnittelu yleissuunnitteluvaiheessa

Yleissuunnitteluvaiheessa suunnitellaan ja tarkennetaan urakkatarjousvaiheessa luotua aluesuunnittelua. Yleisaluesuunnitelma laaditaan koko rakennustyömaan toteutuksen

ajaksi. Yleisaluesuunnitelman laatimisen tukena on käytettävä rakennushankkeen turvallisuusasiakirjaa ja rakennushankkeen rakennussuunnitelmia sekä asemapiirrosta. Pohjatutkimustuloksia on hyvä tarkastella rakennusalueelta mahdollisesti löytyvän löyhän maan varalta. Löyhä maa aiheuttaa ongelmia painavien materiaalien ja työkoneiden kanssa. Logistiikkasuunnitelmasta ja LVIS-suunnitelmista löytyy tietoa mahdollisista kaivannoista ja logistiikan kulkureiteistä. (Ratu C2-0454 2017, 4–5.)

Rakennustyömaa-alueen rajaaminen ympäröivästä alueesta tehdään aitaamalla käytettävä alue. Laajojen alueiden rajaaminen voidaan toteuttaa haja-asutusalueella lippusiimalla ja työmaakilvin. Näkyvällä paikalla oleva työmaataulu auttaa erottamaan rakennustyömaan katualueesta. (Ratu C2-0454 2017, 5.)

Rakennustyömaan työntekijöiden ja toimihenkilöiden määrät määritetään yleissuunnitteluvaiheessa. Henkilöstömäärien perusteella suunnitellaan riittävät sosiaali- ja toimistotilat sekä ensiaputarvikkeiden ja ensiaputilan sijainti. Sosiaali- ja toimistotilat on pyrittävä sijoittamaan keskeiselle paikalle rakennustyömaa-alueelle, tai sen ulkopuolelle. Sijainnissa on huomioitava jalankulun turvallisuus työmaa-alueelle ja sijoittaminen mahdollisimman lähelle työaikaista vesi- ja viemäriinjaa sekä sähkökeskusta. (Ratu C2-0454 2017, 5.)

Liikennejärjestely rakennustyömaalla ja sen ulkopuolella täytyy järjestää turvallisiksi. Ajoneuvoliikenteen ja jalankulun risteämistä tulisi välttää. (Ratu TT 05-01305 2019, 11.) Ajoneuvoliikenteen reitit tulee merkitä aluesuunnitelmaan ja ajoneuvoreitit tulee merkitä selvästi liikennemerkeillä rakennustyömaa-alueella. Liikennejärjestelyitä suunnitellessa on otettava huomioon materiaalin purku paikat sekä purkutyön vaikutus ympäröivään liikenteeseen ja työmaa-alueeseen. Rakennustyömaan välittömässä läheisyydessä kulkevat kevyenliikenteenväylät tulee suojata työstä aiheutuvalta vaaralta. Aluesuunnitelmaan ja rakennustyömaa-alueelle merkitään onnettomuuksien ja tulipalojen varalle poistumis- ja pelastautumistiet. (Ratu C2-0454 2017, 5–6.)

Yleissuunnitteluvaiheen aluesuunnittelussa suunnitellaan pystysiirtoja varten tarvittavien torinostureiden ja mahdollisten autonosturien keskeiset paikat rakennustyömaan sisältä. Nostokaluston keskeisellä sijoittamisella saavutetaan paras hyötysuhde nostoihin. Painavien taakkojen nostaminen kannattaa suunnitella mahdollisimman lyhyille nostoväleille, tällöin siirtotapahtumat nopeutuvat ja rakentamisen ajaksi tarvittavan nosturin koko pienenee. Nostokaluston nostosäteisiin on kiinnitettävä erityistä huomiota, jos rakennustyömaalla toimii enemmän kuin yksi nosturi. Useamman nosturin kanssa voi syntyä leikkauskohtia nostoalueissa. Nostureiden leikkaavat alueet on merkattava aluesuunnitelmaan ja käsiteltävä nosturin kuljettajien kanssa. (Ratu TT 05-01305 2019, 20.) Nostureiden sijoittamisessa on otettava huomioon maapohjan kantokyky, jota on tarvittaessa vahvistettava maanvaihdoilla

ja tiivistämisellä. Maapohjan kantokyky tulee myös selvittää mahdollisten henkilö- ja tavarahissien sijoitus paikoilta. (Ratu C2-0454 2017, 6.)

Rakennustyömaan raskaat vaakasiirrot tehdään siihen tarkoitetulla ja oikein mitoitettulla kalustolla (Ratu TT 05-01305 2019, 20). Oikein mitoitettu kaluston koko mahdollistaa purku- ja varastointialueitten tehokkaan käytön. Varastointialueiden tehokasta käyttöä voidaan edistää niiden keskeisillä sijainneilla rakennustyömaa-alueella. Varastointialue tulisi sijoittaa lähellä purkualuetta sekä työpistettä, johon saapuva materiaali on lopullisesti menossa. Yleissuunnitteluvaiheessa varastoalueiden koko ja määrä sekä sijoittaminen on ensiarvoisen tärkeää rakennustyömaan toimivuuden kannalta. (Ratu C2-0454 2017, 7.)

2.5 Aluesuunnittelu maarakennus- ja perustusvaiheessa

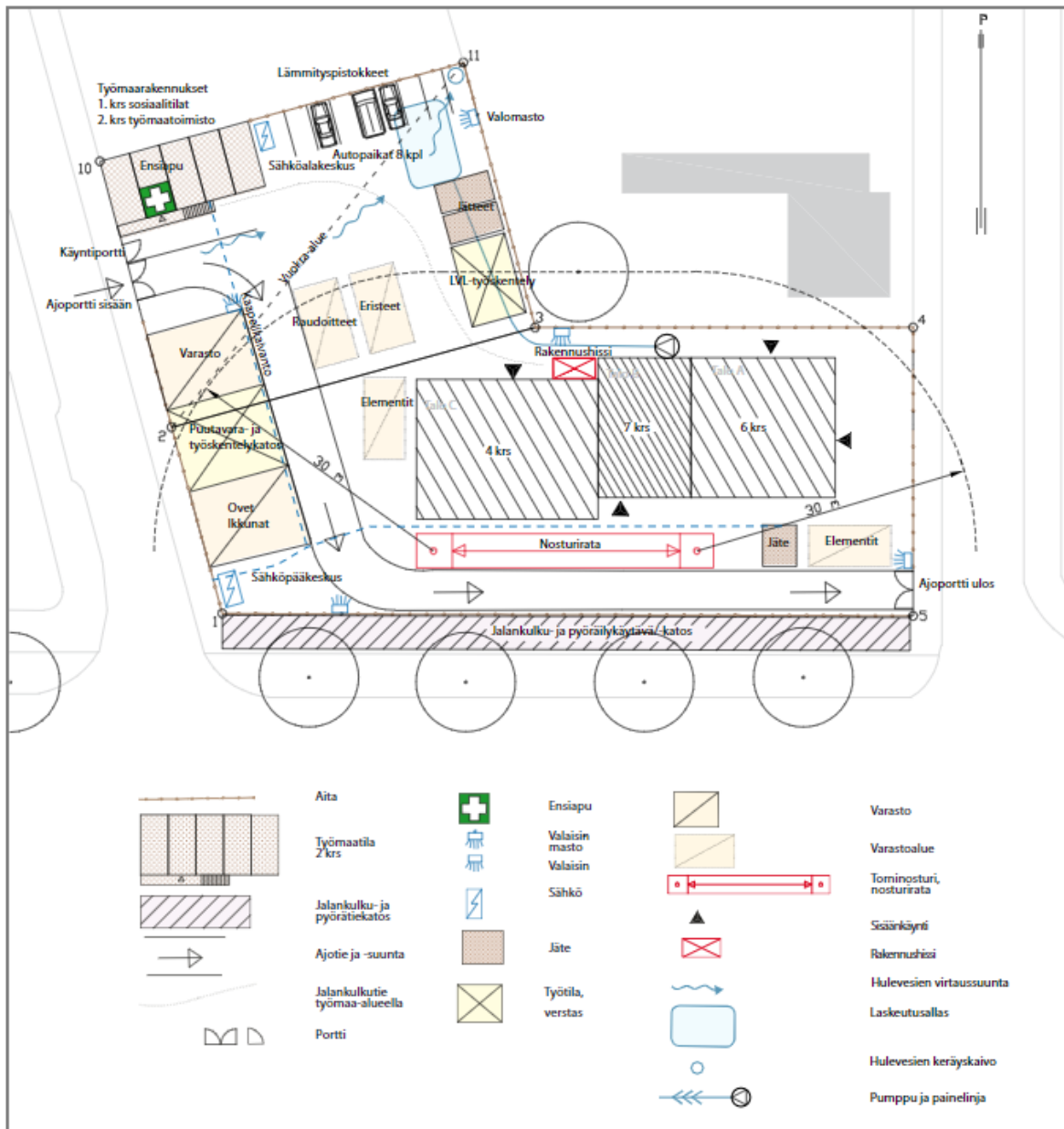
Yleissuunnitteluvaiheessa luotu aluesuunnitelma on liian tarkka ja laaja maarakennus- ja perustusvaiheessa käytettäväksi. Tässä rakentamisen vaiheessa aluesuunnitelma pelkistetään vastaamaan todellista rakennustyömaan tilannetta. Rakennustyömaa muuttuu nopeasti maarakennus- ja perustusvaiheessa, joten aluesuunnittelun tärkeys korostuu. Aluesuunnittelua tapahtuu koko ajan ja aluesuunnitelmaa päivitetään aktiivisesti vastaamaan sen hetkistä työmaatilannetta. Runkotyövaiheeseen siirryttäessä ei aluesuunnitelmaa tarvitse tehdä kokonaan uudestaan, sillä aktiivisella aluesuunnitelman päivittämisellä saavutetaan joustava siirtyminen rakennustyövaiheesta toiseen. (Ratu C2-0454 2017, 8.)

Maarakennus- ja perustusvaiheen aluesuunnitelmaan on merkittävä kaivualueen lisäksi myös työmaa-aikaisten maanvahvistusten paikat. Maanvahvistusta tarvitsevat suurta maanpainetta aiheuttavat nosturit, rakennushissit ja elementtipukit. Tämän vaiheen aluesuunnitelmaan on myös hyvä merkitä keskeiset tekniikka kaivannot. Rakennustyömaan järjestelyt muuttuvat paljon maarakennusvaiheessa ja rakennustyömaan kulkuyhteydet täytyy pitää ajan tasalla aluesuunnitelmassa. (Ratu C2-0454 2017, 8.)

2.6 Aluesuunnittelu runkotyövaiheessa

Runkotyövaiheen aluesuunnitelman lähtötietona toimii maarakennus- ja perustusvaiheessa luotu aluesuunnitelma sekä yleissuunnitteluvaiheessa luotu aluesuunnitelma. Aluesuunnitelmaa päivitetään ja ylläpidetään läpi runkotyövaiheen. (Ratu C2-0454 2017, 10.) Runkotyövaiheen aluesuunnittelussa kannattaa kiinnittää erityistä huomiota raskaiden elementti-kuormien purkamiseen ja varastointiin. Elementtejä nostaessa on huomioitava turvalliset työskentelymenetelmät elementti-kuormia purkaessa sekä elementtejä asentaessa. (Ratu TT 05-01305 2019, 20–21.)

Runkotyövaiheen aluesuunnitelmaan lisätään mahdollisten kiinteiden nosturien nostosäteet ja nostokapasiteetit. Näiden merkintöjen avulla käy ilmi, jos elementtien purkupaikka tai elementtipukit sijaitsevat liian kaukana nosturista. Aluesuunnitelmaan merkitään rakennettavan kohteen sisäänkäynnit ja mahdolliset vaihtelevat kerroskorkeudet rakennuskohdessa. Esimerkki aluesuunnitelma runkutyövaiheesta esitetty kuviossa 1. (Ratu C2-0454 2017, 10–11.)



Kuvio 1. Runkutyövaiheen aluesuunnitelma (Ratu C2-0454 2017, 10)

2.7 Aluesuunnittelu sisätyövaiheessa

Sisätyövaiheen aluesuunnitelma luodaan yleissuunnitteluvaiheessa luodun aluesuunnitelman pohjalta. Apuna aluesuunnitelman laatimisessa käytetään aikaisemmissa rakennusvaiheissa luotuja aluesuunnitelmia. Myös sisätyövaiheen aluesuunnitelmaa päivitetään rakennustyömaan edetessä. Tässä työvaiheessa logistiikkajärjestelyt korostuvat, sillä rakennuksen sisälle viedään tässä vaiheessa paljon rakennusmateriaaleja. Lisäksi rakennuksen ulkopuolisia alueita aloitetaan muokkaamaan ja varastointitila rakennuksen ulkopuolella vähenee merkittävästi. (Ratu C2-0454 2017, 12.)

Jätehuoltojärjestelyt tulee ottaa huomioon sisävalmistusvaiheen aluesuunnittelussa. Runkotyövaiheen nosturi on mahdollisesti purettu, eikä materiaalien ja jätteiden siirtäminen rakennustyömaalla onnistu ilman huolellista logistiikkasuunnittelua. Jäteastioiden sijoittaminen järkevästi rakennustyömaalle helpottaa kaikkia rakennustyömaalla toimivia. (Ratu C2-0454 2017, 10.)

3 Logistiikka ja toimitusten ohjaus

3.1 Logistiikka ja toimitusten ohjaus

Logistiikkaa on hyödynnetty niin kauan, kun tuotteita ja palveluita on vaihdettu. Käsitteenä logistiikkaa alettiin käyttää 1950-luvulla Yhdysvalloissa. Käytännössä koko logistiikan toimintaketjun hallintaa on aloitettu aktiivisesti kehittämään 2000-luvulla. Nykyisin logistiikka nähdään yhtenäisenä prosessina, jossa erilaiset toiminnot toimivat yhtenäisenä sarjana. Logistiikan tavoitteena on saada tarvittava materiaali sitä tarvitsevalle ja tarvittavaan paikkaan. Lisäksi tavoitteena on materiaalin taloudellisesti siirtäminen paikasta toiseen. (Logistiikan maailma 2022.)

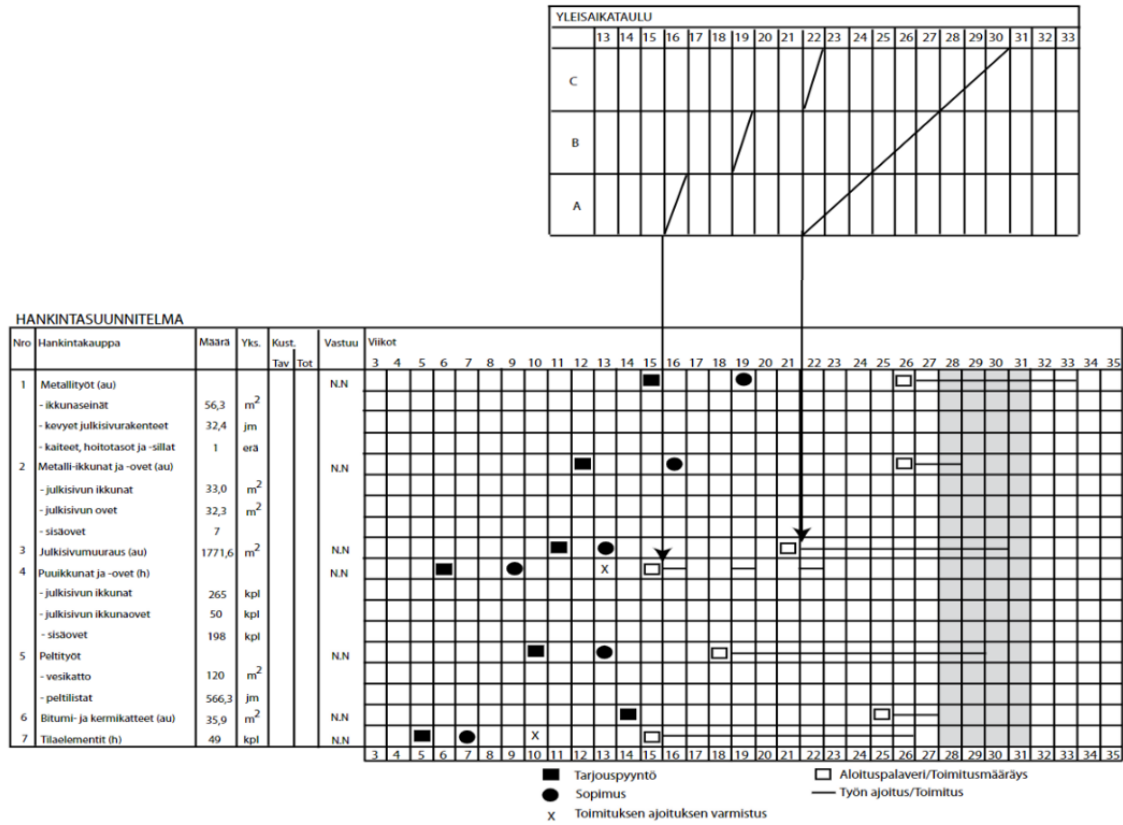
Toimitusten suunnittelulla ja ohjauksella saavutetaan rakennusmateriaalien saaminen rakennustyömaalle mahdollisimman pienin kustannuksin ja oikea-aikaisesti. Näillä toimilla rakennusmateriaalit myös varastoidaan oikein ja käsitellään tehokkaasti. Toimitusten ohjaus tapahtuu rakennushankkeen rakentamisvaiheen aikana. (Rakennusteollisuus 2022, 1.)

3.2 Rakennustyömaan hankintavaiheen toimitusten ohjaus

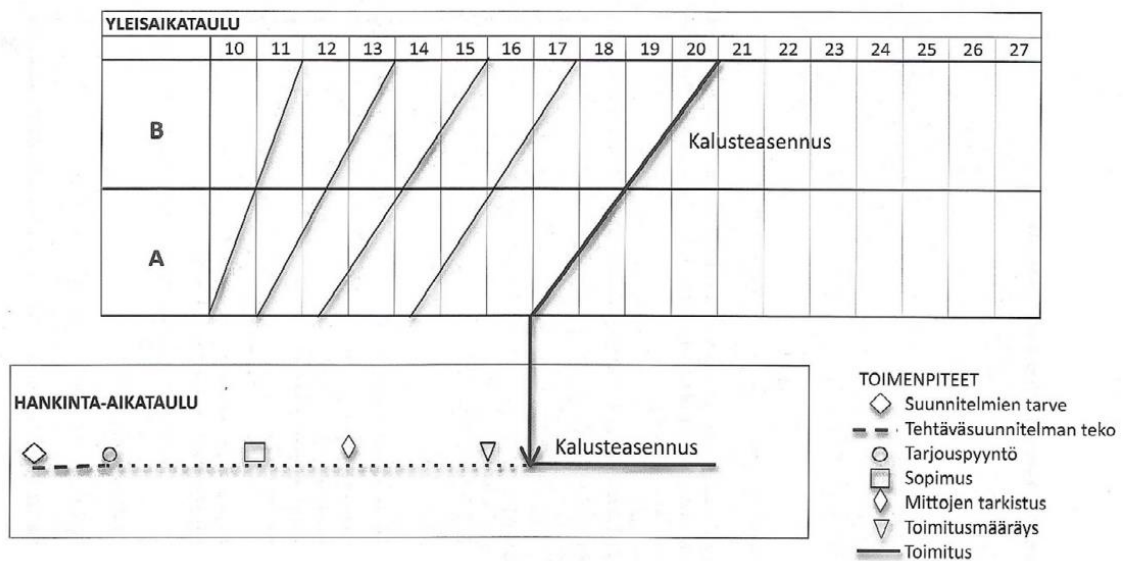
Hankintavaiheessa hankintatoimien tehtäviä aloitetaan toteuttaa yrityksen hankintaosaston ja työmaaorganisaation toimesta. Hankintaosasto vastaa rakennustyöhankkeen taloudellisesti merkittävistä hankinnoista. Työmaaorganisaatio vastaa rakennustyöhankkeen teknisestä hankinnan valmistelusta. Työmaaorganisaatioon hankintojen näkökulmasta kuuluu vastaava työnjohtaja ja työmaainsinööri. Yhdessä vastaava työnjohtaja ja työmaainsinööri selvittävät työpiirustuksista hankittavien materiaalien määrät ja vaatimukset sekä mahdollisen alihankintatyön laajuuden ja tehtävän aikataulun. Tämän jälkeen rakennustyömaalla luodaan alustava tarjouspyyntö. Tarjouspyyntö tarkastetaan hankintaosaston toimesta ja lähetetään toimijoille, joilta tarjousta pyydetään. Saaduista tarjouksista valikoituu toimittajat, joiden kanssa aloitetaan neuvottelut tarjousten sisällöstä. (Ratu S-1227 2010, 6.)

Hankintasuunnitelma luodaan rakennushankkeelle heti hankkeen aikataulutuksen jälkeen. (Ratu S-1227 2010, 6). Hankintasuunnitelma esimerkki esitetty kuviossa 2. Hankintasuunnitelma sisältää hankinta-aikataulun, johon aikataulutetaan hankintakokonaisuudet ja hankintatapahtumien ajoittaminen. Hankinta-aikataulu huomioi tarjous- ja toimitusajat sekä lisäksi siihen kirjataan hankintakokonaisuuksittain suunnitelmien tarveajankohta ja tilaus-/toimitusajankohdat. Tällä mahdollistetaan rakentamisaikataulussa pysyminen hankintavaiheen jälkeen. Hankinta-aikataulun avulla sidotaan hankinnat rakentamisen yleisaikataulu-

luun. hankintojen sitomisella yleisaikatauluun saavutetaan rakennusmateriaalien ja rakennusosien oikea-aikainen saaminen rakennustyömaalle. (Junnonen 2012, 34.) Hankinta-aikataulun yhteys yleisaikatauluun esitetty kuviossa 3.



Kuvio 2. Hankintasuunnitelma (Ratu S-1227 2010, 6)



Kuvio 3. Yleisaikataulun ja hankinta-aikataulun yhteys (Junnonen & Kankainen 2012, 35)

Hankintasuunnitelmaa ja hankinta-aikataulua luodessa tulee huomioida sen hetkinen markkinatilanne ja hankintaan koskevan suunnittelun tarve ja aikataulu. Hankintasuunnitelmaa laatiessa on tarkastettava yrityksen kausisopimukset rakennusmateriaalien osalta. Hankintaosasto ja työmaaorganisaatio suunnittelevat yhdessä rakennusmateriaalien toimitustavat sekä päättävät toimittajien valintaperusteet. Hankintavaiheessa päätetään alustavat toimituserät ja toimitusajat. Suunnittelussa otetaan huomioon rakennustyömaan olosuhteet ja rakennusmateriaalivalinnoilla voidaan vaikuttaa materiaalien suojaustarpeeseen rakennustyömaan välivarastoinnissa. (Ratu S-1227 2010, 6–7.)

Rakennushankkeen alkaessa on kiireelliset hankinnat aloitettava heti. Kiireellisiin hankintoihin kuuluu maarakennusaliurakan kilpailutus sekä elementtihankinnat. Myös valmistuotteet ja rakennusmateriaalit, jotka sisältävät pitkän toimitusajan on hankittava mahdollisimman nopeasti rakennushankkeen alussa. Rakennushankkeen ja tavaraerien mahdollisten myöhästymisien varalta toimitukset on hyvä ajoittaa toimitusikkunoille. Tällä saavutetaan materiaalien saaminen rakennustyömaalle toimitusikkunan alkuun, mutta rakennusmateriaalien toimitus rakennustyömaalle tapahtuu vasta toimituskutsusta. Toimitusikkunaa hyödyntämällä pystytään vähentämään rakennustyönaikaista varastointia. Rakennusmateriaalien varastoisesta toimittajan tiloihin tulee sopia toimitusikkunan ajaksi, mahdollisten varastointikulujen vuoksi. (Ratu S-1227 2010, 7.)

Hankintavaiheen toimitusten ohjauksen tukena käytetään erilaisia erityissuunnitelmia. Eri-tyissuunnitelmista tehtäväsuunnitelmat on pyrittävä laatimaan ennen hankintojen ja tarjouspyynnön tekemistä. Tehtäväsuunnitelmissa ilmenneistä tiedoista voi olla hyötyä tarjouspyyntöä ja sopimusta tehtäessä. Myös rakennustyömaan aluesuunnitelmaa voidaan hyödyntää hankintavaiheessa. Aluesuunnitelmasta löytyvä tieto lastaus- ja purkupaikoista sekä välivarastoiden sijoittumisesta rakennustyömaa-alueella on tärkeää huomioida hankintavaiheen aikana. Eri-tyissuunnitelmista nosto- ja siirtosuunnitelma on ratkaisevassa osassa toimitusten ohjauksessa. Tämän suunnitelman tarkoitus on optimoida rakennustyömaalle taloudellinen ja turvallinen nosto- ja siirtokalusto. Logistiikkasuunnitelmassa rakennustyömaan logistiikkaa suunnitellaan kokonaisuutena. Suunnitelman tavoitteena on löytää rakennusmateriaalien käsittelyyn taloudelliset ja järkevät siirtotavat. Työmaan sisällä tapahtuvia rakennusmateriaali siirtoja pyritään välttämään logistiikkasuunnitelman avulla. (Ratu S-1227 2010, 7.)

Materiaalitoimitusten ohjauksen hankintavaiheessa mahdollistaa valitun hankintaosaston ja rakennustyömaaorganisaation välinen kommunikointi ja yhteistyö. Hankintavaiheessa suunnitellaan hankinnat ja toimitukset sekä luodaan tarjouspyynnöt ja valitaan toimittajat.

(Ratu S-1227 2010.) Hankintavaiheen materiaalitoimitusten ohjaus on tiivistetysti esitetty kuviossa 4.

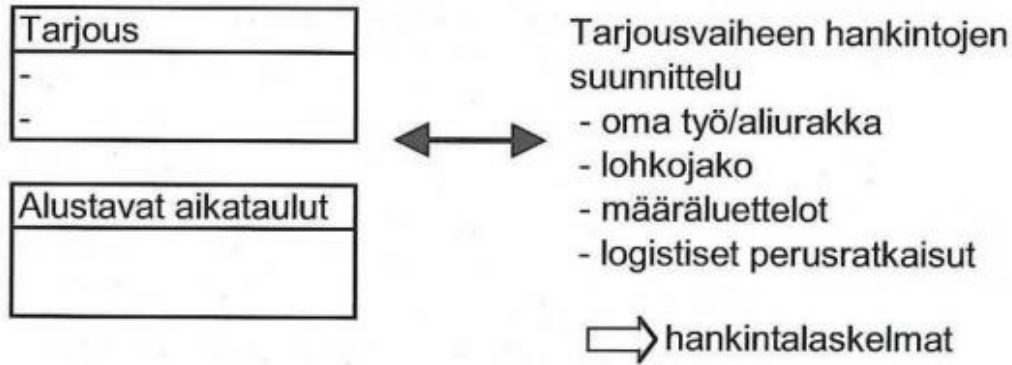
	HANKINTAOSASTO	TYÖMAAORGANISAATIO
Hankinnan ja toimitusten suunnittelu	<ul style="list-style-type: none"> - tarkastetaan vastuunjaot - tarkastetaan sopimus/tilauskäytäntö - sovitaan työmaalle toimitettavista sopimusasiakirjoista sekä laatudokumenteista - tarkastetaan olemassa olevat kausisopimukset 	<ul style="list-style-type: none"> - työmaalle ostettavat palvelut: siirto- ja nostokalusto - kuljetuskalusto - aluesuunnitelma, työmaan erivaiheisiin tarkennettu suunnitelma - varastoalue, varastointiajat ja kustannukset
	<ul style="list-style-type: none"> - hankintasuunnitelma - hankinta-aikataulu: toimitusajat, tilauspäivämäärät ja viimeisten muutosten päivämäärät - otetaanko pientarvikevarasto, varaston hoito - kriittiset ja kiirehankinnat - toimitusten varmistuskäytäntö - määritellään toimittajien valintaperusteet - päätetään mitkä tuotteet nostetaan rungon aikana holveille 	
Tarjouspyynnön valmistelu ja tarjoajien valinta	<ul style="list-style-type: none"> - hankintoihin liittyvien suunnitelmien niputus ja suunnitelma-aikataulu - tarjoajien valinta ja tarjouspyyntöjen lähetykset 	Työmaa tiedottaa hankintaosastoa: <ul style="list-style-type: none"> - halutut tavarantoimittajat - lasketut määrät - tehtäväsuunnittelu - työn aikataulu, yleisaikataulu ja alustava toimitus-aikataulu - lohkojako ja halutut toimituserät - toimitukseen liittyvien piirustusten tarkastus ja palaute - kuljetus- ja siirtokalusto
Toimittajien valinta	<ul style="list-style-type: none"> - vertalulaskelmat tarjouksien saapumisen jälkeen 	
	<ul style="list-style-type: none"> - sopimusneuvottelut - toimittajan valinta 	
Sopimuksen jälkeen	Tiivistelmä sopimuksesta työmaalle: <ul style="list-style-type: none"> - aikataulu ja sakolliset välitavoitteet - toimituksen sisältö - toimitus/tilausajat - toimituserien määrät lohkoittain - aika mitä ennen muutosten tulee olla toimittajalla - yhteyshenkilöt - yhteydenpitovälineet ja lomakkeet - vaadittu laatu ja siihen liittyvät dokumentit - sopimusasiakirjat ja niiden päivitykset - suunnitelmamuutuskäytäntö 	Työmaa pitää yhteyttä toimittajaan <ul style="list-style-type: none"> - toimitusten varmistaminen - suunnitelmamuutoksista tiedottaminen
		Hankintaosastolle palaute toimittajasta

Kuvio 4. Materiaalitoimitusten ohjaus hankintavaiheessa (Ratu S-1227 2010, 12)

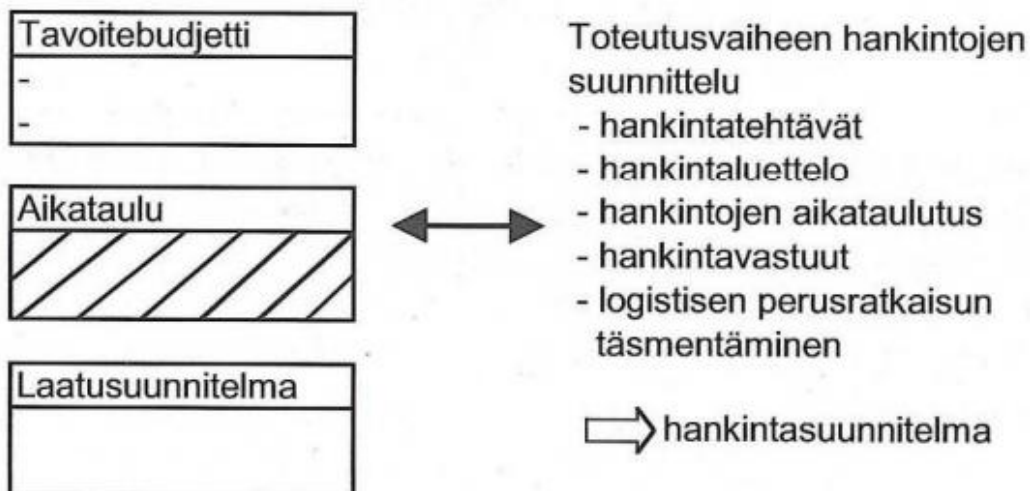
Hankintojen suunnittelu kuuluu rakennushankkeen tuotannonohjaukseen. Tavoitebudjetti luodaan rakennushankkeen taloudellisten tavoitteiden kirjalliseksi dokumentiksi. Hankintasuunnitelmasta ilmenee toimintatavat, kuinka rakennushanke saadaan pysymään tavoitebudjetissa. Rakennushankkeen hankintojen suunnittelu toimii yhtenäisenä jatkumona, joka alkaa tarjousvaiheen hankintojen suunnittelulla. Tämän jälkeen aloitetaan rakennushank-

keen tuotannosuunnittelu, joka jaetaan tuotannon kokonaisuuksien suunnitteluun ja yksittäisten tehtävien suunnitteluun. (Junnonen & Kankainen 2012, 24.) Rakennushankkeen hankintojen suunnittelu esitettyinä kuviossa 5.

TARJOUSVAIHE



HANKKEEN TOTEUTUKSEN SUUNNITTELU



YKSITTÄISTEN TEHTÄVIEN SUUNNITTELU



Kuvio 5. Hankintojen suunnittelun tasot (Junnonen & Kankainen 2012, 25)

3.3 Rakennustyömaan materiaalitoimitusten ohjaus

Rakennustyömaan materiaalitoimitusten ohjauksen tukena käytetään viikkosuunnitelmia, hankintasuunnitelmaa ja logistiikkasuunnitelmaa. Myös tehtäväsuunnitelmat ja aluesuunnitelma tukevat materiaalitoimitusten ohjausta rakentamisvaihe aikataulun rinnalla. Hankintavaiheessa solmittu sopimus siirtyy ja muuttuu rakennustyömaanorganisaation ja toimittajan yhteyshenkilön väliseksi vuoropuheluksi. (Ratu S-1227 2010, 13.)

Vastaavan työnjohtajan tehtäviin kuuluu rakennustyömaan toiminnan ohjaaminen, jotta rakennustyöt etenisivät sujuvasti vaiheesta toiseen. Tehtäviin kuuluu myös rakennustyömaan muutoksista tiedottaminen oikea-aikaisesti hankkeen kaikille osapuolille. Koko rakennustyömaan työnjohdon tehtäviin rakennusmateriaalien toimituksessa kuuluu toimitusten täsmäntäminen ja rakennustyömaan sujuvuuden ylläpidosta huolehtiminen. Myös rakennusmateriaalien kuljetusten ja mahdollisten nosto- ja siirtokaluston järjestäminen rakennustyömaalle kuuluu rakennustyömaan työnjohdon vastuualueeseen. (Ratu S-1227 2010, 13.)

Toimitusmenettelyn täsmennyksellä tarkoitetaan rakennusmateriaalien toimitusmenettelyiden tarkentamista. Tämä sisältää rakennusmateriaalien toimituserien ajoittamisen lisäksi myös toimituserien määrän ja koon tarkentamisen. Rakennustyömaan varastointitila määrittää, kuinka paljon rakennusmateriaalia pystytään ottamaan vastaan ja kuinka useaan toimituserään yksittäiset rakennusmateriaalit täytyy jakaa. Rakennustyömaan työnjohdon tehtäviin kuuluu tarkistaa toimitussopimuksien sisällöt ja tarkastuslaskea rakennusmateriaalien määrät ennen tilausta. Toimitusmenettelyiden täsmennyksessä otetaan myös kantaa rakennusmateriaalien mahdollisten lohko- ja tilakohtaisesti pakattujen rakennusmateriaalien toimituksesta. Rakennusmateriaalien siirroista ja toimitusten ohjaamisesta rakennustyömaalla sovitaan hyvissä ajoin aliurakoitsijoiden kanssa. (Rakennusteollisuus 2022, 13.)

Toimituserien kotiinkutsu on toimintatapa, jolla varmistetaan rakennusmateriaalin toimittajalta, että rakennusmateriaalien tuotanto ja toimitukset ovat pysyneet aikataulussa. Tätä toimintatapaa hyödyntäen saadaan tieto rakennusmateriaalin toimittajalle mahdollisista aikataulumuutoksista. Toimituserien kotiinkutsussa selvitetään myös yhteyshenkilö rakennustyömaan ja toimittajan välille sekä ilmoitetaan kuljetusliikkeelle kyseisen rakennustyömaan toimintatavat. (Rakennusteollisuus 2022, 14.)

Kun valmistellaan toimitusten vastaanottoa, täytyy rakennustyömaan työnjohdon varmistuttava varastointitilan riittävydestä ja kuorman purkupaikasta. Toimitusten vastaanoton valmisteluihin kuuluu tarvittavan nosto- ja siirtokaluston järjestäminen oikea-aikaisesti purkupaikalle. Jos rakennusmateriaaleja varastoidaan ulos, tulee myös mahdollinen suojauskalusto järjestää varastointialueelle. (Rakennusteollisuus 2022, 14.)

Ennen rakennusmateriaalien vastaanottoa tulisi kuljetusliikkeen kuljettajan ottaa yhteyttä rakennustyömaan työnjohtoon toimituserien kotiinkutsun mukaisesti. Yhteydenoton tarkoituksena on tarkastaa rakennustyömaan todellinen tilanne ja kerrata rakennustyömaan liikenne- ja työturvallisuusjärjestelyt. Rakennusmateriaalien vastaanoton aikana rakennustyömaan työnjohto valvoo kuorman purkua ja varastointia. Näillä toimilla vältetään rakennusmateriaalien väärään paikkaan sijoittamiselta ja pilaantumiselta. Rakennustyömaan työnjohto tarkastaa toimituserän ja kuormakirjan sekä reklamoi tarvittaessa rikkoutuneista tai puutteellisista rakennusmateriaaleista. (Rakennusteollisuus 2022, 15.) Rakennusmateriaalien toimitusten ohjaus rakennustyömaalla on onnistunut, jos kuvassa 1 esitetyt asiat ovat täyttyneet.

Toimituksenohjaus on onnistunut, kun

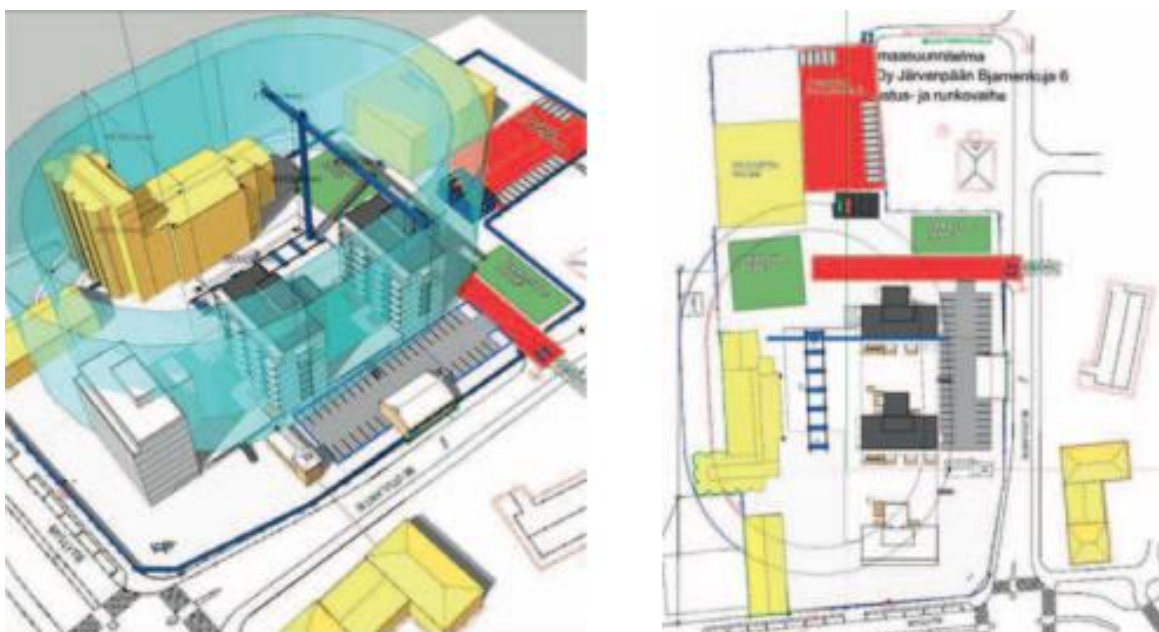
- sovittu toimituserä on oikea-aikaisesti työmaalla
- kuorman purku- ja siirtokalusto on valmiina
- työntekijät ovat valmiina ja saaneet tarvittavan opastuksen kuorman purkuun, siirtotyöhön ja tuotteiden suojaamiseen
- varastointipaikka ja suojauskalusto on valmisteltu
- tarvittavat dokumentit kuten valmistajan ohjeet ovat työmaalla
- tavaraa vastaanottaessa sisältö on tarkastettu, kirjattu kuormakirjaan ja tarvittaessa annettu palautetta toimittajalle

Kuva 1. Toimituksenohjauksen onnistuminen (Rakennusteollisuus 2022, 15)

4 3D-aluesuunnittelu

4.1 3D-aluesuunnittelu yleisesti

Rakennustyömaan aluesuunnitelmaa laatiessa voidaan hyödyntää kolmiulotteisia tietomalleja. Kolmiulotteisessa aluesuunnitelmassa pystytään havainnollistamaan rakennustyömaan vallitseva tilanne ja esittää visuaalisesti rakennusalueen eri aluevarauksia. Perehdyttämistilaisuudessa visuaalisesta kolmiulotteisesta aluesuunnitelmasta on merkittävää hyötyä, kun ohjeistetaan rakennustyömaan kulkureitit ja vaara-alueet. Kolmiulotteisen aluesuunnitelman suurin hyöty kaksiulotteiseen aluesuunnitelmaan verrattuna, on sen mahdollisuus havainnollistaa alueen epätasaisuudet ja putoamisvaaralliset alueet. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, 69.) Kuviossa 6 on esitetty kolmiulotteisen- ja kaksiulotteisen aluesuunnitelman eroavaisuus.



Kuvio 6. Kolmiulotteinen- ja kaksiulotteinen aluesuunnitelma samasta kohteesta (RT 10-11078 2012, 6)

Kolmiulotteisessa aluesuunnitelmassa esitetään kaikki samat asiat kuin kaksiulotteisessa aluesuunnitelmassa. Kohdassa 2.2 esitetyt asiat voidaan esittää kolmiulotteisessa aluesuunnitelmassa tarkkoina objekteina, tai vaihtoehtoisesti yksinkertaistettuina kolmiulotteisina objekteina. Aluesuunnitelmassa esitetyt asiat tulee mallintaa riittävällä tarkkuudella, jotta mallinnetut objektit ovat visuaalisesti tunnistettavissa. Nosturin nostosäteen ja vaara-alueen mallintaminen kolmiulotteiseen aluesuunnitelmaan helpottaa nosturin vaatiman alueen toteamista visuaalisesti. (RT 10-11078 2012, 5–6.)

4.2 Fotogrammetria

Fotogrammetria käsitteenä on kolmiulotteisten mittausten ottamista valokuvista. Tämä mittaustapa on yksi mittausopin osa-alue. Fotogrammetriaa varten valokuvaukset on perinteisesti suoritettu miehittäjä ilmakuvauksia hyödyntäen. Nykyisin ilmasta tarvittavat valokuvaukset pystytään suorittamaan miehittämättömillä ilma-aluksilla ja lennot suoritetaan kauko-ohjauksen avulla. Nykyaikaisessa fotogrammetriassa käytetään digitaalisia järjestelmiä, jotka ovat lähes kokonaan automatisoituja. Fotogrammetrian avulla pystytään luomaan tarkkoja 3D-malleja, koska otetut valokuvat peittävät toisiaan riittävän paljon. Fotogrammetria pystytään toteuttamaan ilmakehuvaamalla ja lähifotogrammetrialla. (RT 103132 2019, 1–2.)

Ilmakehuvaus toteutetaan nykypäivänä yleensä dronella tai muulla käyttöön soveltuvalla miehittämättömällä ilma-aluksella. Käytettävä drone varustetaan riittävän laadukkaalla ja suurikokoisella digitaalisella järjestelmäkameralla. Dronen lentolinjat ja kuvausvälit määritetään ohjelmaan. Tällä määrittämisellä saavutetaan valokuvien riittävä toistensa peittävyys, jotta saavutetaan mahdollisimman tarkka ja katveeton 3D-malli halutusta kohteesta. (RT 103132 2019, 2.)

Lähifotogrammetria toteutetaan samoilla ja samantyyillisillä kuvausvälineistöllä. Poikkeuksena digitaalista järjestelmäkameraa käytetään käyttäjän käsissä tai kolmijalalla. Lähifotogrammetriassa valokuvaus suoritetaan sattumanvaraisessa ja kuvaajan valitsemassa laajuudessa. Valokuvauksen tavoitteena on luoda katveettomalla kuvaamisella ja riittävällä kuvien peittävyydellä tarkka 3D-malli. Valokuvia otetaan kuvattavasta kohteesta riittävästi ja tarpeeksi monesta suunnasta ja etäisyydeltä. Tämä menetelmä sopii rakennusten julkisivujen sekä rakennusten sisätilojen mallintamiseen. (RT 103132 2019, 2.)

Rakennuskohteiden ja alueiden mallintamisessa ilmakehuvausta ja lähifotogrammetriaa ei käytetä enää pelkästään omina toimintoina. Automatisoidut ohjelmat pystyvät yhdistämään molempien kuvaustapojen hyvät puolet ja näin pystytään luomaan kuvaussuunnitelmia, joiden katvealueet ovat minimaaliset. Kuvaustapoja yhdistämällä saavutetaan myös entistä parempi kuvien toistensa peittävyys ja tuotettavan 3D-mallin tarkkuus lisääntyy. (RT 103132 2019, 2.)

5 Haastattelututkimus

5.1 Tutkimuksen tarkoitus

Aluesuunnittelu kuuluu osana jokaiseen rakennushankkeeseen. Lähtökohdat aluesuunnittelun aloittamiselle ovat aina rakennushankekohtaisia. Aluesuunnittelu vaikuttaa merkittävästi rakennushankkeen logistiikan hallintaan sekä rakentamisaikataulussa pysymiseen. Aluesuunnittelun helpottamiseksi tarvitaan tietoa käytettävissä olevista menetelmistä ja siitä, kuinka niitä voidaan hyödyntää osana aluesuunnittelua. Olemassa olevien menetelmien ja toimittajien tuottamien palveluiden selvittämiseksi opinnäytetyössä toteutettiin haastattelututkimus. Haastattelututkimus toteutettiin opinnäytetyön teoriaosan valmistuttua. Teoriaosan tiedon perusteella pystyttiin haastateltaville esittämään tarpeeksi tarkkoja kysymyksiä aiheesta. Haastatteluissa käytetyt kysymykset luotiin teoriaosassa käsitellyn tiedon perusteella. Haastattelukysymysten aihepiirit liittyivät tietomallipohjaiseen aluesuunnitteluun, työmenetelmiin ja toteutukseen sekä haasteisiin teeman ympäriltä. Haastattelututkimuksen tavoitteena on tuoda esiin haastateltavien asiantuntijoiden kokemuksia tietomallipohjaisesta aluesuunnittelusta.

Haastattelututkimus toteutettiin puolistrukturoituna haastatteluna eli teemahaastatteluna. Teemahaastattelu on kvalitatiivisen tutkimuksen eli laadullisen tutkimuksen haastattelumenetelmä. Haastattelussa käytettävien kysymysten teemat ja aiheet päätetään ennen haastattelua. Teemahaastattelun kysymykset luodaan ennen haastattelua ja ne esitetään kokonaan tai osittain samassa muodossa kaikissa haastatteluissa. Teemahaastattelu antaa mahdollisuuden muotoilla muodostettuja kysymyksiä haastattelun edetessä. Haastattelun niin vaatiessa voidaan osa kysymyksistä poistaa, tai vaihtoehtoisesti voidaan kysyä ennakoon suunnittelemattomia kysymyksiä. Tässä haastattelumuodossa haastateltavalla on vapaus vastata kysymyksiin haluamallaan tavalla, eikä haastattelijalla ole ohjata vastaustapaa. Keskusteluaiheet ja aiheiden laajuus voi vaihdella eri haastateltavien kesken. (Hyvärinen 2022.)

Haastattelut toteutettiin internetin välityksellä Microsoft Teams -nimisellä viestintäalustalla. Tutkimustulosten analysointia varten haastattelut taltioitiin viestintäalustan taltiointiominaisuutta hyödyntäen. Haastatteluiden taltioimisella vältyttiin muistiinpanojen käsin kirjoittamiselta haastatteluiden aikana. Tällä saavutettiin keskeytymättömiä haastattelutilanteita sekä mahdollisuus asioiden oikeellisuuden tarkastamiseen jälkikäteen.

Haastattelututkimukseen valittiin henkilöitä eri yrityksistä, joilla on omakohtaista kokemusta opinnäytetyössä käsitellyyn aiheeseen liittyen. Teoriaosassa käsiteltyjä asioita pyrittiin pur-

kamaan haastatteluiden aikana. Haastatteluissa pohdittiin uusien mahdollistavien välineiden ja tuotteiden käyttöä teoriaosan lisänä. Asiantuntijoita valittiin eri yrityksistä, jotta saavutettiin laajempi kuva tietomallipohjaisesta aluesuunnittelusta. Kaikkien haastateltavien vastaukset litteroitiin selvään muotoon, tarkoituksena saada keskusteluiden aiheet ja kokemukset selkeästi esiin. Litteroinnin tarkoituksena on myös saada puhekieliset täytesanat pois ja järjestellä lauseet järkeviksi kokonaisuuksiksi. Haastatteluiden puhtaaksikirjoittaminen pyrittiin pitämään mahdollisimman lähellä alkuperäistä keskustelua. Kaikkien haastatteluiden puhtaaksi kirjoitetut tekstit yhdistettiin yhdeksi puhtaaksikirjoitetuksi tekstiksi. Luvussa 5.2 on esitetty haastatteluiden puhtaaksikirjoitetusta tekstistä koottuja asiantuntijoiden vastauksia.

5.2 Tutkimuksen tulokset

Haastattelututkimuksen perusteella rakennushankkeen aluesuunnittelua pystytään tehostamaan kahdella eri menetelmällä. Fotogrammetria kuvauksella saadaan rakennettavasta alueesta tuotettua 3D-malli. Tätä tuotettua mallia voidaan hyödyntää aluesuunnittelua kehittäessä. Toisena menetelmänä haastattelututkimuksessa esiin nousi rakennettavan alueen 360 asteen kokoaikainen kuvaaminen. Rakennustyömaan jatkuva taltiointi mahdollistaa aluesuunnittelun reaaliaikaisesti. Taltiointin avulla aluesuunnittelua suorittavan henkilön ei välttämättä tarvitse kiertää koko rakennettavaa aluetta. Tästä on merkittävää hyötyä laajoja alueita suunnitellessa.

Fotogrammetria mittausmuotoa ei pääsääntöisesti toteuteta pelkillä pääurakoitsijan resursseilla, koska mittaukseen tarvittavat laitteet, ohjelmistot ja tietotaito vaativat laajaa osaamista. Tästä johtuen pääurakoitsijat ostavat fotogrammetria mittauksen ulkopuolisilta konsulteilta, joilta löytyy tarvittavat välineet ja tietotaito. Useat eri konsultit ja muut toimijat toimittavat fotogrammetria mittauspalveluita Suomessa.

Fotogrammetria kuvaus suunnitellaan aina rakennushankekohtaisesti. Kuvaus suoritetaan tilaajan toiveesta ja muokataan tilaajan tarpeiden mukaan sopivaksi. Tilaaja voi halutessaan tarkentaa fotogrammetria kuvauksen tarkoitusta ja määritellä kohteet, jotka tulisi näkyä tarkasti tuotettavassa 3D-mallissa. Laadukkaalla fotogrammetria kuvauksella voidaan saavuttaa 10 mm mittatarkkuus. Tämä mittaustarkkuus on riittävä YTV2012-mukaiseen tietomallitarkkuuteen. Tarkkaan 3D-malliin päästään hyvällä kuvauksen suunnittelulla ja yhdistämällä ilmasta otettuja kuvia maasta otettuihin kuviin. Yhdistämällä näitä kuvaustekniikoita saavutetaan vähemmän peitteitä sisältävä 3D-malli. Fotogrammetria kuvauksen avulla tuotettava 3D-malli ei ole tietomalli, josta pystytään katselemaan ominaisuustietoja. Tuotettava malli on mittatarkka ja visuaalinen 3D-malli.

Haasteena fotogrammetria kuvauksessa on valokuvauksen läpäisemättömyys. Kaikki materiaalien pinnat ja muut peittävät elementit aiheuttavat tuotettavaan 3D-malliin katvealueita. Katvealueiden syntymistä voidaan pyrkiä vähentämään huolellisella kuvauksen suunnittelulla ja mahdollisten katveta aiheuttavien elementtien poistolla. Poikkeavat sääolosuhteet aiheuttavat myös fotogrammetria kuvaukseen ongelmia. Kuvaukset suoritetaan pienillä ja kevyillä miehittämättömillä droneilla, joiden käyttökapasiteetti saattaa ylittyä kovassa tuullessa. Lisäksi voimakas vesisade ja runsas lumisade aiheuttavat kuvauksen siirtymisen myöhempään ajankohtaan.

Lainsäädännön tarkentuminen kauko-ohjattavien ilma-alusten osalta aiheuttaa haasteita fotogrammetria kuvauksen suorittamiselle. Lentokieltoalueita ja yleisiä sääntöjä kauko-ohjattavien ilma-alusten lennättämistä pystytään lieventämään kuvausluvan hakemisella eri tahoilta. Yksityisyyden suoja ja GDPR-asetus tuovat myös haasteita fotogrammetria kuvauksen suorittamiselle. Kuvaus ohjelmistoja päivitetään vastaamaan edellä mainittuja asetuksia. Päivityksien tavoitteena on saada ohjelmiin automatisoitu kohteen sumennus, jolla saavutetaan kasvojen ja rekisterikilpien häivyttäminen lopullisesta tuotteesta.

Rakennushankkeen aluesuunnittelun lähtötietona voidaan käyttää tavanomaisten karttopohjien lisäksi fotogrammetria mittauksia. Fotogrammetria mittauksella saadaan rakennusalueesta tarkka 3D-malli, josta pystytään toteamaan alueen korkeuseroja. Jos fotogrammetriamittauksia halutaan hyödyntää aluesuunnittelun lähtötietona, tulee mahdollinen kasvillisuus ja muu peitteistö raivata kuvattavalta alueelta. Näillä toimilla saavutetaan tarkempi 3D-malli alueesta. Fotogrammetria mittauksesta saatava 3D-malli pystytään sitomaan globaaliin koordinaatistoon. Tällä saavutetaan yhteensopivuus rakennettavan rakennuksen tietomallin kanssa. Rakennuksen tietomalli voidaan sijoittaa mittatarkasti fotogrammetriamittauksesta saatuun 3D-malliin, ja tällä toimella pystytään visuaalisesti toteamaan rakennusta leikkaavan maa-aineksen määrä. Tämän tiedon ja maaperätutkimuksen pohjalta pystytään arvioimaan mahdollisten maansiirtojen ja kalliolouhintojen laajuutta.

Rakennushankkeen aluesuunnittelussa fotogrammetria mittauksia voidaan hyödyntää logistiikan hallinnassa. Mittauksen tuloksena tuotettavasta 3D-mallista pystytään visuaalisesti havainnoimaan mitattavan alueen varastoalueiden kapasiteetti. Tästä 3D-mallista pystytään myös ottamaan avaruusmittoja ja arvioimaan varastoalueiden hyötykäyttökapasiteettia. 3D-mallista saatavalla mittaustiedolla pystytään suunnittelemaan toimia, joilla varastoalueidenhyötykapasiteettia pystyttäisiin parantamaan. Avaruusmittojen avulla pystytään myös arvioimaan varastoitujen materiaalien määriä.

Rakennettavan kohteen reaaliaikainen 360 asteen kuvaaminen toteutetaan tilaajan toimeksiannosta. Kuten fotogrammetria kuvauksessa, myös tässä kuvausmuodossa pääurakoitsijan resurssit eivät pääsääntöisesti riitä tarvittaviin välineisiin ja ohjelmistoihin. Suomessa reaaliaikaista 360 asteen kuvausta toimittaa useat eri toimijat Suomessa.

Rakennushankkeessa käytettävä reaaliaikainen 360 asteen kuvaaminen suunnitellaan aina rakennushankekohtaisesti. Kuvaus suoritetaan 360 asteen kameroilla, joita sijoitetaan rakennustyömaalle kiinteille paikoille. Kameroiden asemoinnin tavoitteena on luoda katveeton kuva koko rakennettavalta alueelta. Kameroita voidaan lisätä rakennettavan alueen muuttuessa, jotta katvealueita ei pääse syntymään. Nykyaikaisilla kameroilla saavutetaan tarkka kuvanlaatu pitkältikin kuvausmatkalta, joka mahdollistaa tarvittavien kameroiden määrän vähentämisen.

Reaaliaikaisen 360 asteen kuvauksen suurin hyöty saavutetaan rakennustyömaan logistiikan hallinnan tukena. Tallenteesta nähdään koko rakennettava alue ja tämän visuaalisen tiedon avulla voidaan optimoida käytettäviä alueita. Tallenteesta nähdään visuaalisesti rakennusmateriaalien sijainnit ja voidaan arvioida niiden määriä. Tämän lisäksi reaaliaikaisesti voidaan todeta työskentelyalueiden vapaana olemisen.

Aluesuunnittelun näkökulmasta reaaliaikainen 360 asteen kuvaaminen mahdollistaa koko rakennettavan alueen visuaalisen hahmottamisen työpisteeltä. Aluesuunnitteluun liittyviä muutoksia voidaan pohtia yhdessä paikassa ja vertailla eri vaihtoehtoja helposti. Perehdytystilaisuudessa reaaliaikaista 360 asteen kuvaa voidaan näyttää aluesuunnitelman tukena. Aluesuunnitelmaan ei pystytä merkkamaan kaikkea tietoa reaaliajassa, joten kuvausdatan käyttö laajentaa perehdyttämistä.

6 Yhteenveto ja pohdinta

Opinnäytetyön tarkoitus oli tutkia aluesuunnitelman vaikutusta työmaan logistiikkaan ja aluesuunnittelun tehostamista 3D-aluesuunnittelulla. Aluesuunnittelu on laaja kokonaisuus rakennushankkeessa ja kaikki tässä opinnäytetyössä käsitellyt asiat liittyvät vahvasti siihen. Aihetta ei rajattu, vaan opinnäytetyössä pyrittiin käsittelemään kaikkia yleisimpiä aluesuunnitteluun liittyviä aiheita.

Osana opinnäytetyötä tehtiin haastattelututkimus, jossa kartoitettiin aluesuunnittelun tehostamisen menetelmiä ja 3D-mallinnuksen hyödyntämistä aluesuunnittelussa. Haastattelututkimuksen perusteella selvisi, mitkä ovat käytetyimpiä aluesuunnittelun kehittämisen menetelmiä. Tutkimuksesta saatua tietoa pystyttiin hyödyntämään toimeksiantajalle laadittavassa aluesuunnitelma pohjassa. Aluesuunnitelmapohjaa on tarkoituksena käyttää tulevaisuudessa rakennushankkeissa. Aluesuunnitelmapohjaa on tarkoitus pystyä päivittämään rakennushankekohtaisesti. Jotta aluesuunnitelmapohjasta olisi todellista hyötyä ja sitä käytettäisiin tulevaisuudessa hankkeissa, tarkoituksena on esitellä valmis aluesuunnitelmapohja toimeksiantajayritykselle. Tavoitteena on yhdentää toimeksiantajayrityksen toimintatapaa aluesuunnitelman osalta.

Opinnäytetyö onnistui aiheen suppeaan laajuuteen nähden hyvin. Käsiteltävään aiheeseen liittyvät asiat saatiin tuotua hyvin esiin. Opinnäytetyön pyrkimyksenä oli luoda aluesuunnitelmapohja toimeksiantajayritykselle. Aluesuunnitelmapohja ei kerennyt valmistua opinnäytetyön tekemisen aikana, mutta se tehdään valmiiksi opinnäytetyöstä saatujen tietojen avulla. Opinnäytetyötä olisi voitu laajentaa ottamalla kantaa enemmän tietomallipohjaiseen aluesuunnitteluun. Tämän osa-alueen liittäminen opinnäytetyöhön olisi kuitenkin voinut laajentaa opinnäytetyötä liikaa.

Lähteet

Hyvärinen, M., Suoninen, E. & Vuori, J. Haastattelut. Tietoarkisto. Viitattu 31.3.2022.

Saatavissa <https://www.fsd.tuni.fi/fi/palvelut/menetelmaopetus/kvali/laadullisen-tutkimuksen-aineistot/haastattelut/>

Junnonen J. & Kankainen J. 2012. Rakennusurakoitsijoiden hankintakäsikirja. Helsinki: Rakennusmedia.

Jäväjä P. & Lehtoviita T. 2016. Tietomallintaminen talonrakennustyömaalla. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Logistiikan maailma. 2022. Logistiikka. Viitattu 23.3.2022. Saatavissa

<https://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/>

Rakennusteollisuus. 2022. Ketju-hanke. Rakennustyömaan toimitusten ohjaus. Viitattu 29.3.2022. Saatavissa

https://publications.vtt.fi/julkaisut/muut/2009/Rakennustyomaan_toimitusten_ohjaus_091116.pdf

Ratu C2-0454. 2017. Rakennustyömaan aluesuunnittelu. Viitattu 16.3.2022.

Ratu S-1227. 2010. Työmaan toimitusten suunnittelu ja ohjaus. Viitattu 23.3.2022.

Ratu TT 05-01305. 2019. Rakennustyömaan aluesuunnittelu. Viitattu 17.3.2022.

RT 10-11078. 2012. Yleiset tietomallivaatimukset 2012 osa 13. Tietomallien hyödyntäminen rakentamisessa. Viitattu 9.4.2022.

RT 103132. 2019. Fotogrammetrian käyttö rakennushankkeessa. Viitattu 10.4.2022.

Valtioneuvoston asetus. 2009. 205/2009 Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta. Viitattu 16.3.2022. Saatavissa

<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2009/20090205#Pidm45237815609216>

Varte Oy. 2022. Yritys. Viitattu 24.3.2022. Saatavissa <https://www.varte.fi/>

