

Aku Hänninen

Varaussuunnitelmien laadinta korjausrakentamishankkeessa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennetekniikka

Insinöörityö

1.5.2014

Tekijä(t) Otsikko	Aku Hänninen Varaussuunnitelmien laadinta korjausrakentamishankkeessa
Sivumäärä Aika	53 sivua + 1 liite 1.5.2014
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Rakennustekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Rakennetekniikka
Ohjaaja(t)	Lehtori Timo Leppänen Toimitusjohtaja Jyrki Jalli
<p>Insinööriyön aiheena oli arvioida varaussuunnittelun prosessia korjausrakentamishankkeissa. Tavoitteena oli laatia prosessiin parannusehdotuksia, sekä kehittää yrityksen toimintamalli varaussuunnittelulle.</p> <p>Johtopäätökset muodostettiin asiantuntijahaastatteluiden ja kirjallisuuslähteiden perusteella. Tulosten perusteella voidaan pitää perinteistä varaussuunnittelun prosessia vanhanaikaisena sekä todeta, että sen kehittäminen on ajankohtaista. Aiheesta olisi myös tarpeellista tehdä jatkotutkimuksia.</p> <p>Tässä insinööriyössä saaduista tuloksista on hyötyä paitsi yritykselle toimintamallin muodossa, mutta myös tulevaisuuden kehityshankkeille. Aihepiiristä ei ole laadittu yleisessä tiedossa olevia kirjallisia tutkimuksia ja tämä insinööriyö tarjoaa pohjan aihepiiriin tutustumiselle.</p>	
Avainsanat	Korjausrakentaminen, rakennesuunnittelu, hankesuunnittelu, reikäpiirustukset, reikävaraus, talotekniikkareitit,

Author(s) Title	Aku Hänninen Designing of Through Hole Plans in Renovation Project
Number of Pages Date	53 pages + 1 appendice 1 May 2014
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Civil Engineering
Specialisation option	Structural Engineering
Instructor(s)	Timo Leppänen, Senior Lecturer Jyrki Jalli, CEO
<p>This thesis studies the making of through hole -plans-process in a renovation project. The objective was to create improvement proposals and develop a company's operational models for making through hole-plans.</p> <p>Conclusions are based on expert interviews and research literature. The main conclusion is that the traditional process of making through hole-plans is outdated and this particular field calls for urgent developing. Further studies are also needed.</p> <p>The outcome of this work provides the company with a useful operational model and material for future development projects. There are no previous studies of this subject, therefore this study provides an introduction to the making of trough hole plans in renovation projects.</p>	
Keywords	Renovation, structural engineering, project planning, penetration drawings, through hole, HVAC channels

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Insinööriyön taustaa	1
1.2	Tavoitteet insinööriyölle	2
1.3	Tutkimusmenetelmät ja toimintatavat	2
2	Perinteinen varaussuunnittelun prosessi korjaushankkeessa	3
2.1	Korjausrakentamishankkeen kulku yleensä	3
2.2	Varaussuunnittelu hankesuunnitteluvaiheessa	3
2.3	Varaussuunnittelu ehdotussuunnitteluvaiheessa	5
2.4	Varaussuunnittelu yleissuunnitteluvaiheessa	6
2.4.1	Varaussuunnittelu toteutussuunnitteluvaiheessa	8
2.4.2	Vanhanaikainen reikäkierto	12
2.5	Lopulliset varaussuunnitelmat ja työmaavaiheen suunnittelukierrokset	12
2.6	Luovutuspiirustukset	13
3	Teknisiä asioita varausten ja talotekniikkareittien suunnittelussa	14
3.1	Arkkitehtisuunnittelu	14
3.2	Rakennesuunnittelu	14
3.3	IV-järjestelmien tilantarve	17
3.4	LV-järjestelmien tilantarve	17
3.5	Sähköjärjestelmien tilantarve	18
4	Esimerkkikohde 1	19
4.1	Yleistiedot hankkeesta	19
4.1.1	Rakennuksen runkojärjestelmä	20
4.1.2	Perusparannuksen vaatimukset varaussuunnittelun kannalta	20
4.2	Varaussuunnittelun kulku	21
4.2.1	Hankesuunnitteluvaihe	21
4.2.2	Luonnossuunnitteluvaihe	21
4.2.3	Toteutussuunnitteluvaihe	21
4.2.4	Rakentamisen valmistelu	22
4.3	Työmaavaihe	22
4.4	Hankkeen analysointi varaussuunnittelun osalta	23
4.4.1	Hankesuunnitteluvaiheen analysointi	23

4.4.2	Luonnos- ja toteutussuunnitteluvaiheen analysointi	24
4.4.3	Rakentamisen valmisteluvaiheen analysointi	25
4.4.4	Työmaavaiheen analysointi	25
4.4.5	Yhteenveto varaussuunnittelun onnistumisesta	26
5	Esimerkkikohde 2	27
5.1	Yleistiedot hankkeesta	27
5.1.1	Rakennuksen runkojärjestelmä	27
5.1.2	Perusparannuksen vaatimukset varaussuunnittelun kannalta	28
5.2	Varaussuunnittelun kulku	29
5.2.1	Hankesuunnitteluvaihe	29
5.2.2	Luonnossuunnitteluvaihe	29
5.2.3	Lähtötietojen arviointi	29
5.2.4	Rakennemalli	30
5.2.5	Vanhat reikävaraukset	31
5.2.6	Muut varaukset	31
5.2.7	Toteutussuunnitteluvaihe	32
5.2.8	Talotekniikkasuunnittelijoiden näkökulma	32
5.2.9	Tietomallista saatavat tiedot varauksista	32
5.2.10	Reikäkierto	33
5.3	Varaussuunnittelun analysointi	33
5.3.1	Hankesuunnitteluvaiheen analysointi	34
5.3.2	Luonnossuunnitteluvaiheen analysointi	34
5.3.3	Toteutussuunnitteluvaiheen ja reikäkierron analysointi	34
5.3.4	Yhteenveto varaussuunnittelusta	34
6	Perinteisen varaussuunnittelun prosessin arviointi	35
6.1	Hankesuunnitteluvaiheen arviointi	35
6.2	Ehdotus- ja yleissuunnitteluvaiheiden arviointi	35
6.2.1	Suunnittelujärjestys ongelmallinen	36
6.2.2	Talotekniikan näkökulmia	36
6.3	Toteutussuunnitteluvaiheen arviointi	36
6.3.1	Suunnitelmien erilaiset valmiusasteet	36
6.3.2	Erilaiset työkalut suunnitelmien laatimiseen	37
6.3.3	Urakkalaskennan vaatimukset	37
6.4	Työmaavaiheen arviointi	37
6.4.1	Rakentamisenaikaiset muutokset suunnitelmiin	37
6.4.2	Reikäpiirustusten havainnollisuus	38
6.4.3	Työmaan palaverit yhä tärkeitä	38

6.5	Yhteenveto	38
7	Ratkaisuja onnistuneeseen varaussuunnittelun prosessiin	39
7.1	Hankesuunnitteluvaihe	39
7.1.1	Reikävarauskoordinaattori	39
7.1.2	Rakennemalli	40
7.1.3	Arkkitehdin leikkauspiirustukset	41
7.2	Ehdotus- ja yleissuunnitteluvaihe	41
7.2.1	Vanhat reikävaraukset	42
7.2.2	Muut varaukset	42
7.2.3	Rakennemallin tarkentaminen	43
7.3	Toteutussuunnitteluvaihe	43
7.3.1	Suunnittelu tehdään aikaisemmin kuin perinteisessä prosessissa	43
7.3.2	Urakkalaskenta-asiakirjojen vaatimukset	43
7.3.3	Reikäpiirustusten laadinta ja ulkoasu	44
7.3.4	Korjausrakentamishankkeen riskeihin varautuminen	49
7.4	Työmaavaihe	49
7.5	Luovutuspiirustukset	50
8	Yhteenveto	50
	Lähteet	52
	Liitteet	
	Liite 1. IdeaStructura Oy:n toimintamalli (ei yleiseen jakoon)	

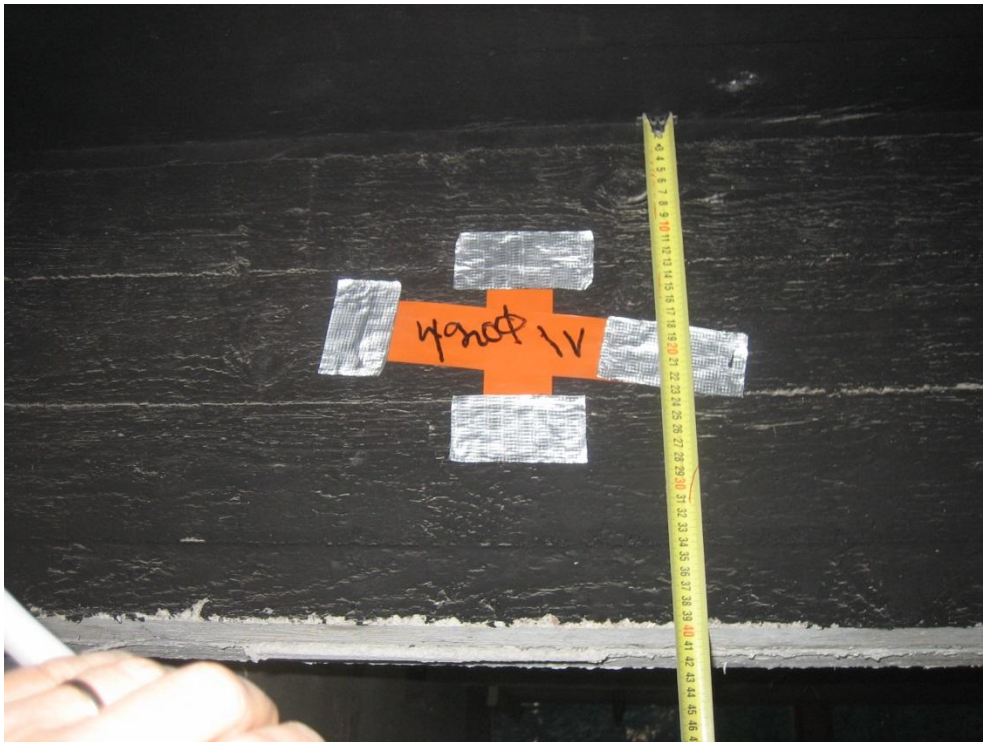
Lyhenteet ja termit

As built-piirustukset	Piirustukset, joissa esitetään rakenteet niin kuin ne on työmaalla toteutettu.
AutoCAD-layer:t	AutoCAD-piirustusohjelmassa käytettävät piirtotasot
dwg	<i>DraWinG</i> , tiedostomuoto AutoCAD-piirustusohjelmassa
Haalausaukko	Aukko, josta talotekniset koneet siirretään sisään rakennukseen
IFC	<i>Industry Foundation Classes</i> , yleinen tiedonsiirtomuoto tietomallinnusohjelmien kesken
Punakynäpiirustukset	Piirustukset, joissa esitetään rakenteet niin kuin ne on työmaalla toteutettu.
Reikäpiirustus	Rakennepiirustukset, joihin merkitään talotekniikkajärjestelmien tilavarauksia eli ”reikiä”.
Reikäkierto	Suunnitteluprosessi, jonka tuloksena yllämainitut reikäpiirustukset syntyvät.
Risteilykierros	Suunnitteluprosessi, missä eri alojen (kuten LVI ja Sähkö) suunnitelmia kierrätetään suunnittelijalta toiselle ja he tekevät alla mainittuja törmäystarkasteluita.
Sähköhyly	Sähkö- ja telereittien kannatin
Törmäystarkastelu	Suunnitteluprosessi, missä tarkistetaan, etteivät eri talotekniikan osat ”törmäile” toisiinsa tai vaikeasti lävistettäviin rakenteisiin.
Varaus	Tässä insinööriyössä varauksella tarkoitetaan taloteknisten järjestelmien tarvitsemaa tilaa. Varauksiin sisältyy reikiä, roiloja ja koloja.

1 Johdanto

1.1 Insinööriyön taustaa

Talotekniikan tilantarpeen arvioiminen ja talotekniikkareittien suunnittelu eli varaus-suunnitelmien laadinta on korjausrakentamishankkeissa koettu vaativaksi. Useissa kohteissa varaussuunnittelu ei ole onnistunut ja suunnittelua on jouduttu tekemään rakentamisvaiheessa, mistä seuraa paljon ylimääräisiä kustannuksia. Asian laajuudesta ja merkityksestä huolimatta kyseisestä prosessista ei ole tehty kirjallisia tutkimuksia, tai jos on, niin ne eivät ole yleisessä tiedossa. Prosessiin liittyviä vaikeuksia on yleensä pohdittu hankekohtaisesti, mutta nämä tiedot eivät ole välittyneet eteenpäin seuraaviin hankkeisiin. Yleistä toimintatapaa ei myöskään ole usein dokumentoitu jälkipolville vaan osaaminen asiaan liittyen on usein hyvin kokemuseräistä. Varaussuunnitteluun merkitty työmäärä tulee myös varmasti kasvamaan lähitulevaisuudessa, sillä rakennuksiin tuleva talotekniikan vaatimustaso, määrä ja hinta ovat jatkuvassa nousussa.



Kuva 1. Työmaan ongelmia varausten toteuttamisessa, 400 mm korkeaan palkkiin on merkitty tehtäväksi halkaisijaltaan 420 mm reikä [12].

Varassuunnittelu on luonteeltaan poikkitoimialainen tehtävä. Suunnitteluprosessin onnistunut toteutus vaatii hyvää tiedonkulkua eri suunnittelijoiden välillä. Ennen kaikkea se on prosessi, jota on johdettava ja jolla on oltava selkeät vastualueet.

Eräänä tämän insinööriyön tavoitteena on hahmotella ja selvittää eri osapuolien roolit ja tehtävät onnistuneessa prosessissa. Turhan usein toisten suunnittelijoiden tehtävät eivät ole kokemattomien suunnittelijoiden tiedossa.

1.2 Tavoitteet insinööriyölle

Tämä insinööriyö tehdään IdeaStructura Oy:lle, joka on korjausrakentamiseen erikoistunut suunnittelutoimisto. Yhteistyötä tehdään myös Indepro Oy:n kanssa, joka on rakennuttamisen, projektinjohtamisen ja kiinteistöalan konsulttitoimisto. Tavoitteena on arvioida varaussuunnittelun prosessia, laatia kehitysehdotuksia ja luoda toimintatapamalli, jota voidaan hyödyntää yrityksen kaikissa rakennesuunnitteluprojekteissa.

1.3 Tutkimusmenetelmät ja toimintatavat

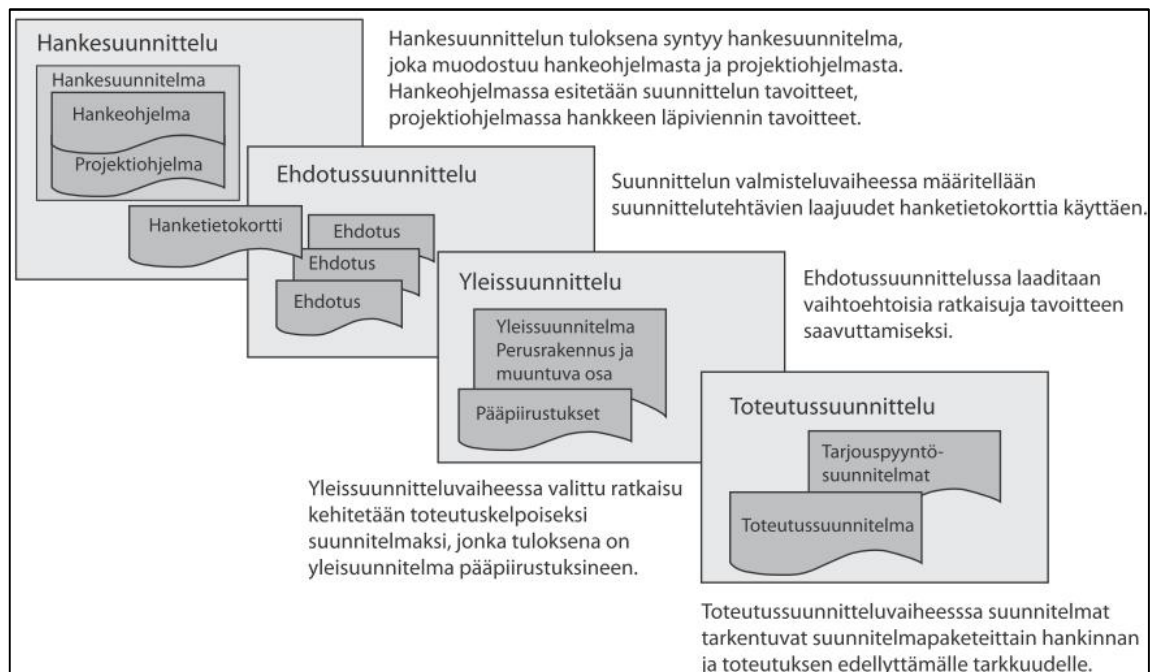
Insinööriyössä käsitellään varaussuunnittelua yleisesti ja kahta korjausrakentamishanketta, joista ensimmäinen on jo valmistunut ja toinen on suunnitteluvaiheessa. Tietoa kerätään haastattelemalla rakennusalan asiantuntijoita ja esimerkkihankkeiden eri osapuolia, sekä tutustumalla kirjallisuuslähteisiin ja esimerkkihankkeiden suunnitteluaineistoon.

Tuloksena on yleiskuvaus prosessista, kappale teknisistä yksityiskohdista, dokumentaatiot molemmista esimerkkihankkeista, perinteisen prosessin arviointi, ratkaisuehdotuksia onnistuneeseen suunnitteluprosessiin ja toimintamallin kuvaus (jota ei ole tarkoitettu yleiseen jakoon). Työ liittyy myös toiseen IdeaStructura Oy:ssä tehtävään insinööriyöhön *Rakenteiden mallintaminen korjaushankkeessa*. Kyseisen työn tulokset on otettu huomioon tämän työn rakenteiden mallintamiseen liittyvissä osissa.

2 Perinteinen varaussuunnittelun prosessi korjaushankkeessa

2.1 Korjausrakentamishankkeen kulku yleensä

Alla on esitelty korjausrakentamishankkeen kulku pääpiirteittäin, Rakennustiedon ohjeistuksen mukaan. Suunnittelun kulkua on havainnollistettu kuvakaappauksilla Rakennustiedon laatimista tehtäväluetteloista (Lähteet 4,5,6,7). Vaiheiden sisältö ja laajuus vaihtelevat suuresti hankkeiden luonteesta riippuen.



Kuva 2. Rakennussuunnittelun kulku [4, s.3].

2.2 Varaussuunnittelu hanksuunnitteluvaiheessa

Varaussuunnittelu alkaa hanksuunnitteluvaiheessa. Tässä vaiheessa erityisalojen suunnittelijoiden rooli on tilaajaa ja pääsuunnittelijaa avustava, hankkeen luonteesta ja koosta riippuen. Suunnittelijat pyrkivät hahmottamaan talotekniset pääreitit ja niiden tilantarpeen. Alla on esitetty eri suunnittelijoiden varaussuunnitteluun liittyviä tehtäviä hanksuunnitteluvaiheessa, Rakennustiedon ohjeistuksen mukaan:

- Arkkitehtisuunnittelija, lähtötietojen kerääminen

B 4	Suoritus		
B 4.1	Rakentamismahdollisuuksien selvitys		
<input type="checkbox"/>	E	Selvitetään tarjolla olevien rakennuspaikkojen soveltuvuus hankepäätöksen toteuttamiseksi	Muistio, mahd. karttaliitteet
<input type="checkbox"/>	E	Laaditaan rakennuspaikan alueidenkäytön kuvaus	Selostus, asemapiirros
<input type="checkbox"/>	E	Esitetään arkkitehdin asiantuntijalausunto valitusta rakennuspaikasta	Muistio
<input type="checkbox"/>	K/E	Selvitetään olevien tilojen käyttö- ja korjausmahdollisuudet	Muistio, liitepiirustukset
<input type="checkbox"/>	K/E	Selvitetään rakennuksen teknisen korjattavuuden ja muutettavuuden ominaisuuksia	Muistio
<input type="checkbox"/>	K/E	Selvitetään vaihtoehtoiset korjaus- ja muutosmenetelmät	
<input type="checkbox"/>	K/E	Järjestetään arkistomateriaalin hankinta	
<input type="checkbox"/>	K/E	Kootaan arkistomateriaali suunnitelma- ja ylläpitotiedoista	
<input type="checkbox"/>	K/E	Organisoidaan ja teetetään kuntotutkimus ja kokeet	
<input type="checkbox"/>	K/E	Arvioidaan korjausrakentamisen mahdollisuuksia	Muistio
<input type="checkbox"/>	K/E	Esitys rakennuspaikan rakentamiskelpoisuudesta	Muistio

Kuva 3. Arkkitehtisuunnittelijan tehtävät hankesuunnitteluvaiheessa [5, s.4]

- Rakennesuunnittelija, rakenteelliset lähtötiedot

B 4	Suoritus		
B 4.1	Rakentamismahdollisuuksien selvitys		
<input type="checkbox"/>	K/E	Määritetään rakennusteknisten tutkimusten, mittausten, inventointien jne. tarve	
<input type="checkbox"/>	E	Hankitaan lähtötiedot rakennettavuusselvityksiä varten	
<input type="checkbox"/>	E	Laaditaan tai tarkennetaan mahdollisesti aiemmin laadittua alustavaa kuntotutkimus- ja inventointiohjelmaa	Alustava tutkimus- ja inventointiohjelma
<input type="checkbox"/>	E	Laaditaan rakennuspaikkakohtaiset rakennettavuusselvitykset	Rakennettavuusselvitys
<input type="checkbox"/>	K/E	Selvitetään vanhojen rakenteiden sallitut kuormat, laatu, kunto ja palotekniset ominaisuudet	
<input type="checkbox"/>	E	Suoritetaan kiinteistön tarkastus	
<input type="checkbox"/>	E	Arvioidaan rakennuspaikan rakennettavuus	
<input type="checkbox"/>	K/E	Selvitetään vaihtoehtoiset korjaus- ja muutosvaihtoehdot	
<input type="checkbox"/>	K/E	Selvitetään vaihtoehtoisten tilaratkaisujen korjaus- ja muutosvaikutukset	
<input type="checkbox"/>	E	Tehdään hankkeen toteutustavan valintaan liittyvät selvitykset	
B 4.2	Käyttöikä-, elinkaari- ja ympäristöselvitysten laatiminen		
<input type="checkbox"/>	E	Selvitetään rakennuspaikkakohtaisesti käyttöikä-, elinkaari- ja ympäristövaikutukset	Elinkaariselvitys
<input type="checkbox"/>	E	Laaditaan eri rakennuspaikkojen välinen vertailututkimus	
<input type="checkbox"/>	E	Vertaillaan eri rakennuspaikkojen toteutettavuutta, kustannuksia ja elinkaariedullisuutta	Vertailututkimusraportti
B 4.3	Rakenneteknisten tavoitteiden asettaminen hankesuunnittelulle		
<input type="checkbox"/>	E	Määritetään rakennetekniset suunnittelutavoitteet rakennusosittain ja -järjestelmittäin	
<input type="checkbox"/>	E	Määritetään rakenteiden laatutaso ja toiminnalliset tavoitteet	
<input type="checkbox"/>	E	Määritetään käyttöikä- ja elinkaaritavoitteet	
B5	Suorituksen sopimuksenmukaisuuden toteaminen		
		Hankitaan hankesuunnitelmalle kirjallinen hyväksyntä	Muistio
Tulos	Esitys hankeselvityksestä ja hankesuunnitelmasta (investointipäätös)		

Kuva 4. Rakennesuunnittelijan tehtävät hankesuunnitteluvaiheessa [6. s.3]

- Talotekniikkasuunnittelijat, pääjärjestelmien luonnostelu ja talotekniikan-kuntokartoitus

B 6.6	Vaihtoehtoiset järjestelmäratkaisut, jotka muodostavat pohjan ehdotussuunnitteluvaiheessa selvitettävälle vaihtoehtotarkasteluille		
<input type="checkbox"/>	E	Määritellään alustavasti tekniset pääjärjestelmät ja niiden vaihtoehdot tilavaurastarpeisiin liittyen, huomioiden kohdan B 6.1 tavoitteet	Selvitys taloteknisistä pääjärjestelmistä
B 6.7	Teknisten järjestelmien tilantarpeet laajuusmäärittelyä varten		
<input type="checkbox"/>	E	Määritellään alustavasti tekniset päätilat ja niiden sijoitusvaihtoehdot ottaen huomioon kohdan B 6.1 tavoitteet	Selvitys talotekniikan tilantarpeista

Kuva 5. Talotekniikkasuunnittelijan tehtävät hankesuunnitteluvaiheessa [7. s.4]

B 6.9	Talotekniset kuntokartoitukset		
<input type="checkbox"/>	E/K	Tehdään kuntokartoitukset teknisten järjestelmien nykytilanteesta ja kunnosta sekä arvioidaan jäljellä oleva tekninen käyttöikä, korjausaste ja järjestelmien uusimistarve. Tarvittavilta osin syvennetään kuntokartoitusta laitteiden ja materiaalien kuntotutkimuksilla luotettavan tiedon saamiseksi. <i>Kuntokartoituksen avulla saadaan tieto olemassa olevien teknisten järjestelmien kunnosta ja teknisestä käyttiästä. Näillä perusteilla voidaan tehdä päätöksiä järjestelmien jatkokäytöstä tai uusimisesta. Tarvittavien kuntotutkimusten kustannukset veloitetaan erikseen.</i>	Kuntokartoitusraportti, järjestelmien ja laitteiden jäljellä olevat tekniset käyttöiät ja uusimistarpeet sekä toimenpideehdotukset kustannusarvioineen
B 6.10	Hankkeen aikataulu ja toteutustapa		
<input type="checkbox"/>	E	Osallistutaan talotekniikan kannalta hankkeen toteutustavan ja aikataulun laadintaan <i>Tarkastellaan rakentamisen vaiheistusta ja toteutustapaa talotekniikan kannalta, huomioiden mahdolliset tekniikan haittojen ja väistöjen vaikutukset rakennettavuuteen.</i>	Tavoiteaikataulu
B 6.11	Rakentamisen vaiheistaminen ja rakentamisen aikana käytössä olevien tilojen toiminnan varmistaminen		
<input type="checkbox"/>	E/K	Selvitetään taloteknisten järjestelmien toteutuksen vaiheistaminen ja väliaikaisjärjestelyjen tarpeet rakentamisen aikana toiminnassa olevien tilojen olosuhteiden säilyttämiseksi <i>Tarkastellaan talotekniikan järjestelmien osalta tarpeellisten tilapäisjärjestelyiden rakentamista ja taloteknisten järjestelmien saneerauksen toteutustapoja, ottaen huomioon rakentamisen aikana toiminnassa olevien tilojen vaatimukset.</i>	Vaiheistuspiirustus, väliaikaisratkaisuiden kuvaus

Kuva 6. Talotekniikkasuunnittelijan tehtävät [7. s.5]

2.3 Varaussuunnittelu ehdotussuunnitteluvaiheessa

Ehdotus- ja yleissuunnitteluvaiheita tarkastellessa tulee huomioida, että nämä vaiheet on perinteisesti sisällytetty luonnossuunnitteluvaiheeseen. Jako ehdotus- ja yleissuunnitteluvaiheisiin tehtiin vuoden 2013 aikana ja hankkeen aikataulutuksen menetelmänä se on yleistymässä.

Ehdotussuunnitteluvaiheessa jatketaan talotekniikan pääreittien ja teknisten tilojen sijoittamisen suunnittelua ja tehdään alustavat suunnitteluehdotukset. Alla on esitetty eri suunnittelijoiden varaussuunnitteluun liittyviä tehtäviä ehdotussuunnitteluvaiheessa, Rakennustiedon ohjeistuksen mukaan:

- Arkkitehtisuunnittelija, teknisten tilojen tilantarve ja sijoittaminen
- Rakennesuunnittelija arvioi taloteknisten järjestelmien ja kantavien rakenteiden yhteensovittamista.
- Talotekniikkasuunnittelijat, pääreittien ja teknisten tilojen tilantarve ja sijoittaminen

D 3.9	Alustavat teknisten tilojen tarpeet	
	Määritellään päälaitteiden teknisten tilojen tila- ja sijoitustarpeet sekä isot merkittävät rakenteiden läpiviennit ja oleellisten kuormitustietojen toimittaminen rakennesuunnittelijalle	Tilasijoituspiirustukset tai tilavarauksmallit, jotka toimitetaan arkkitehdille
	<i>Riittävät ja hyvin sijoitetut tekniset tilat helpottavat järjestelmien asennusta. Niillä on myös merkittävä vaikutus koko rakennuksen elinkaaren aikaisiin huolto- ja korjauskustannuksiin.</i>	

Kuva 7. Talotekniikkasuunnittelijan tehtävät ehdotussuunnitteluvaiheessa [7. s.6]

2.4 Varaussuunnittelu yleissuunnitteluvaiheessa

Ehdotus- ja yleissuunnitteluvaiheita tarkastellessa tulee huomioida, että nämä vaiheet on perinteisesti sisällytetty luonnossuunnitteluvaiheeseen

Yleissuunnitteluvaiheessa arkkitehti- ja talotekniikkasuunnittelijat tekevät jo yksityiskoh-
taisia suunnitelmia liittyen talotekniikan sijoitukseen ja rakennesuunnittelija avustaa
heitä tarvittaessa. Talotekniikkasuunnittelijat käyttävät suunnitelmiansa lähtötietoina
arkkitehdin materiaalia, esimerkiksi tietomallia tai dwg-pohjia. Talotekniikkasuunnitteli-
jat suorittavat risteilykierrokset ja törmäystarkastelut. Alla on esitetty eri suunnittelijoi-
den varaussuunnitteluun liittyviä tehtäviä yleissuunnitteluvaiheessa, Rakennustiedon
ohjeistuksen mukaan:

- Arkkitehtisuunnittelija, talotekniikan tilantarpeen huomioiminen arkkitehtisuunnitelmissa ja -piirustuksissa

E 4.5	Talo-osat	
E 4.5.1	Perustus- ja runkoratkaisujen suunnittelu	
	Suunnitellaan perusratkaisut yhdessä rakennesuunnittelijan kanssa	
	Huolehditaan, että järjestelmien tarvitsemat reitit runkorakenteisiin on varattuna ja yhteensopivat kokonaisratkaisun kanssa (arkkitehdin osuus, yhteistyössä ao. erityissuunnittelijoiden kanssa)	Muistio yhteensovittamiskokouksesta
	Laaditaan rakenteelliset tyyppiratkaisut	Tyyppi- ja piirustukset
	Suunnitellaan rakennuksen runkoratkaisu (yhteistyössä rakennesuunnittelijan kanssa)	
E 4.5.2	Julkisivujen suunnittelu	
	Suunnitellaan rakennuksen julkisivut ja tekniset ratkaisut (yhteistyössä ao. erityissuunnittelijoiden kanssa)	Julkisivupiirustukset, muistio yhteensovittamiskokouksesta
	Suunnitellaan järjestelmien tarvitsemat reitit ja varaukset julkisivuun	Muistio yhteensovittamiskokouksesta
	Varmistetaan yhteensopivuus kokonaisratkaisun kanssa (yhteistyössä ao. erityissuunnittelijoiden kanssa)	Muistio yhteensovittamiskokouksesta
	Maaritetaan julkisivun huollon periaateratkaisut	Piirustusmerkintä
	Varmistetaan, että toteutus ja hoito ovat turvallisesti suoritettavissa.	Suunnittelukokousmerkintä
	Suunnitellaan julkisivutyypit, julkisivun rakenteet ja pinnat (arkkitehdin osuus, yhteistyössä ao. erityissuunnittelijoiden kanssa)	Piirustusmerkinnät
	Suunnitellaan julkisivun talovarustelu ja tekninen varustelu (arkkitehdin osuus, yhteistyössä TATE- ja rakennesuunnittelijan kanssa)	Varustelu- ja piirustusmerkinnät
E 4.5.3	Vesikattojen suunnittelu	
	Suunnitellaan rakennuksen vesikatto ja vesikaton tekniset ratkaisut (yhteistyössä ao. erityissuunnittelijoiden kanssa)	Vesikattopiirustukset
	Suunnitellaan järjestelmien tarvitsemat reitit ja varaukset vesikattoon	Vesikattopiirustukset
	Varmistetaan yhteensopivuus kokonaisratkaisun kanssa (yhteistyössä pääsuunnittelijan kanssa)	Muistio yhteensovittamiskokouksesta
	Suunnitellaan vesikaton huollon periaateratkaisut (arkkitehdin osuus, yhteistyössä TATE- ja rakennesuunnittelijan kanssa)	Selostus, merkinnät asemapiirustukseen
	Varmistetaan, että toteutus ja hoito ovat turvallisesti suoritettavissa (arkkitehdin osuus, yhteistyössä TATE- ja rakennesuunnittelijan kanssa)	Selostus, merkinnät asemapiirustukseen
	Suunnitellaan vesikattotyypit, vesikaton rakenteet ja pinnat (arkkitehdin osuus, yhteistyössä rakennesuunnittelijan kanssa)	Tyyppiratkaisupiirustukset
	Suunnitellaan vesikaton talovarustelu ja tekninen varustelu (arkkitehdin osuus, yhteistyössä TATE-suunnittelijan kanssa)	Varustelu- ja piirustusmerkinnät
	Yhteensovitetaan suunnitelmat erityissuunnittelijoiden kanssa ja osoitetaan pääsuunnittelijalle, että suunnitelmat on arkkitehtisuunnittelun osalta yhteensovitettu	Muistio yhteensovittamiskokouksesta

Kuva 8. Arkkitehtisuunnittelijan tehtävät yleissuunnitteluvaiheessa [5, s.10]

- Rakennesuunnittelija, avustaa muita suunnittelijoita

E 4.3	Tilasuunnittelu
V	Osallistutaan TATE-installaatioiden tilavarauksuunnitteluun
V	Tarkistetaan järjestelmien tilantarpeet ja reititykset rakenteiden kannalta

Kuva 9. Rakennesuunnittelijan tehtävät yleissuunnitteluvaiheessa [6, s.7]

- Talotekniikkasuunnittelija, talotekniikan yksityiskohtaiset suunnitelmat ja taloteknisten järjestelmien yhteensovitus, eli ns. risteilykierrokset

E 3.2	Reititystarpeet, tyyppitilojen ratkaisuvaihtoehdot ja järjestelmäintegraatio	
	<p>Sovitaan yhteistyössä taloteknisten suunnittelijoiden kesken pääreitit ja niiden yhteensovitus sekä tyyppitilojen ja/tai kerrosten talotekniset ratkaisut jatkosuunnitteluun hyväksytyjen ehdotusten perusteella. Reititystarpeet määritellään kiinteille tiloille ja muuntuvien osien reititystä tarkastellaan sovittujen maksimitarpeiden perusteella. Tehdään talotekniikan yhteensovitus. Tarkennetaan alustavat laitekohtaiset kuormitustiedot. Määritetään järjestelmien integraatiotarpeet jatkosuunnitteluun valittujen ehdotusten perusteella.</p> <p><i>Taloteknisten pääreittien ja tyyppitilojen ratkaisuvaihtoehtojen määrittämisellä ja yhteensovittamisella varmistetaan, että kaikilla suunnittelualoilla on tekniset edellytykset toteuttaa ehdotussuunnitteluvaiheessa päätetyt ratkaisut.</i></p>	<p>Tasopiirustukset pääreititeineen ja leikkauksineen, tyyppitilojen TATE-yhteispiirustukset ja leikkaukset, määritys järjestelmäintegraatiosta</p>

Kuva 10. Talotekniikkasuunnittelijan tehtävät yleissuunnitteluvaiheessa [7. s.14]

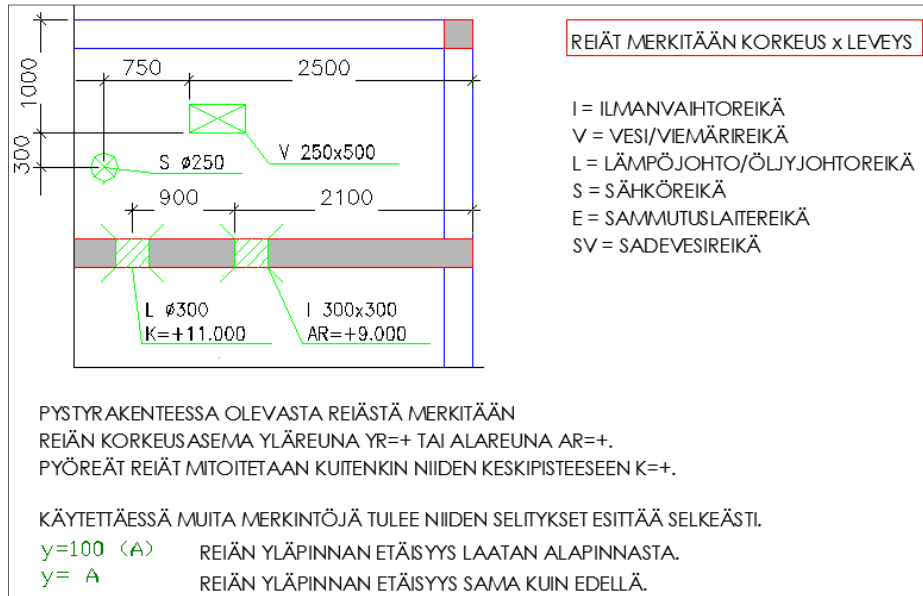
E 4.2	Eri suunnittelualojen yleissuunnitelmien yhteensovitus ja laadunvarmistus	
	<p>Suoritetaan suunnitelmien ristiintarkastus, yhteensovittaminen ja vertailu. Suunnitteluosapuolet ovat velvollisia tutustumaan toisten suunnitteluosapuolten suunnitelmiin ja vertailemaan niitä omiin suunnitelmiinsa. Suoritetaan yleissuunnitelman sisäinen laadunvarmistus.</p> <p><i>Eri suunnittelualojen esittämät ratkaisut tulee sovittaa yhteen niin, että ne muodostavat yhdessä muiden suunnittelualojen kanssa toimivan kokonaisuuden ja että ratkaisut ovat toteutettavissa sekä tilankäytöllisesti että teknillisesti. Suunnitelmien sisäinen laadunvarmistus tehdään yrityksen omaa laadunvarmistusmenettelyä käyttäen, jotta poistetaan mahdolliset virheet ja varmistetaan suunnitelmien oikeellisuus ja ristiriidattomuus.</i></p>	<p>Yhteensovittelaisuuden muistio ja siitä aiheutuvat tarkennetut yleissuunnitelma-asiakirjat, laadunvarmistusasiakirjat (laadunvarmistustarkastuksen muistio ja siitä aiheutuvat tarkennetut yleissuunnitelma-asiakirjat)</p>

Kuva 11. Talotekniikkasuunnittelijan tehtävät yleissuunnitteluvaiheessa [8. s.15]

2.4.1 Varaussuunnittelu toteutussuunnitteluvaiheessa

Perinteinen varaussuunnittelu konkretisoituu toteutussuunnitteluvaiheessa. Tässä vaiheessa taloteknisten suunnitelmien kuuluu olla jo miltei valmiita. Rakennesuunnittelija käynnistää reikäkierron. Reikäkierroksella rakennesuunnittelijan laatimat piirustukset (yleensä rakennesuunnittelijan laatimat kattokuvat tai arkkitehdin pohjapiirustukset) kiertävät erityissuunnittelijalta toiselle ja he merkitsevät tarvitseviensa varausten mitat ja sijainnin piirustuksiin. Reikäkierrokselta reikäpiirustukset palaavat takaisin rakennesuunnittelijalle, joka varmistaa merkittyjen reikien toteutuksen olevan rakenteellisesti mahdollista.

Muutosten hallinta on rakennesuunnittelijan vastuulla. Rakennesuunnittelija kierrättää reikäpiirustuksia niin kauan, kunnes piirustusten laatu todetaan urakkalaskentaan soveltuvaksi. Rakennesuunnittelija voi joutua myös suunnittelemaan rakenteiden vahvistuksia tai ehdottamaan talotekniikkareittien siirtämistä, jos ehdotettuja läpivientejä ei pystytä toteuttamaan.



Kuva 12. Esimerkki kuvien merkitsemisestä piirustuksiin [12]

Prosessin tarkoituksena on saada riittävän tarkat tiedot talotekniikan tarvitsemista rei'istä ja roiloista urakkalaskentaa varten.

Taulukko 1. Esimerkkitaulukko reikäkierrosta [12]

REIKÄPIIRUSTUSTEN KIERTOTAULUKKO

SUUNNITTELUALA / URAKOITSIJA	SAAPUNUT	LÄHTENYT	KÄSITTELIJÄ
RAKENNESUUNNITTELIJA IdeaStructura Oy, Aku Hänninen aku.hanninen@ideastructura.com	.	30.09.2013	Aku Hänninen
LVIA-SUUNNITTELIJA Talotekniikka Oy, Lassi Wakkilainen lassi.wakkilainen@tate.fi	30.09.2013	10.10.2013	Lassi Wakkilainen
SÄHKÖSUUNNITTELIJA Sähköisku Oy, Kalle Kipinä kalle.kipina@sahkoisku.fi	10.10.2013	.	Kalle Kipinä
IV-URAKOITSIJA	.	.	.
PUTKIURAKOITSIJA	.	.	.
SPRINKLERURAKOITSIJA	.	.	.
SÄHKÖURAKOITSIJA	.	.	.

Alla on esitetty eri suunnittelijoiden varaussuunnitteluun liittyviä tehtäviä toteutussuunnitteluvaiheessa, Rakennustiedon ohjeistuksen mukaan:

- Arkkitehtisuunnittelijalle ei ole tässä vaiheessa erityisiä vaatimuksia
- Rakennesuunnittelijan vastuulla on reikäkierron suorittaminen ja varaussuunnittelun asiakirjojen laadinta

G 4.9.9	Varaussuunnittelun hankinta-asiakirjojen laatiminen
V	Laaditaan projektikohtainen varausmenettelyohje
V	Käynnistetään ja koordinoidaan varaussuunnittelu em. ohjeen mukaisesti
<input type="checkbox"/> E	Osallistutaan TATE-installaatioiden tilavarauksuunnitteluun
<input type="checkbox"/> E	Järjestelmien tilantarpeen ja reititysten tarkastaminen rakenteiden kannalta

Kuva 13. Rakennesuunnittelijan tehtävät toteutussuunnitteluvaiheessa [6, s.16]

G 4.9.10	Varaussuunnittelun toteutusasiakirjojen laatiminen	
V	Aikataulutetaan varaussuunnittelukierto tilaajan ja pääsuunnittelijan suunnitteluajankulun mukaisesti	Kohdan G 4.9.9 mukaiset suunnitelmat täydennettynä rakentamiseen tarvittavilla tiedoilla
V	Tarkastetaan muiden suunnittelijoiden ja toimittajien suunnittelemat varaukset rakenteiden toiminnan kannalta (runkorakenteet, kaikki betonirakenteet)	
G 4.9.11	Varaussuunnittelun erillistehtävät	
<input type="checkbox"/> E	Laaditaan ei-kantavien rakenteiden reikäpiirustukset	
<input type="checkbox"/> K/E	Vanhoihin rakenteisiin tehtyjen varausmerkintöjen katselmointi työmaalla	
<input type="checkbox"/> E	Tehdään installaatioiden keskinäinen yhteensovittaminen (tilavaraukset, risteilyt yms.)	
<input type="checkbox"/> E	Merkitään taloteknisten järjestelmien varaukset rakenteiden suunnitelmiin	
<input type="checkbox"/> E	Laaditaan tartuntatärs- yms. luettelot	
<input type="checkbox"/> E	Laaditaan julkisivujen reikäpiirustukset	
<input type="checkbox"/> E	Talotekniikan ja kantavien rakenteiden risteilytarkastelut tietomallien avulla	
<input type="checkbox"/> E	Varaustietomallin laatiminen erillisten lähtötietojen pohjalta	

Kuva 14. Rakennesuunnittelijan tehtävät toteutussuunnitteluvaiheessa [6, s.16]

- Talotekniikkasuunnittelijoiden tehtäviin kuuluu taloteknisten järjestelmien sovittaminen rakenteeseen, eli käytännössä reikävarausten merkitseminen reikäpiirustuksiin.

G 3	Käynnistäminen	
G 3.1	TATE-reititystarpeet	
	<p>Sovitaan yhteistyössä pääsuunnittelijan kanssa kanava-, putki- ja johtotiereitit sekä niiden yhteensovitus. Lisäksi yhteensovitetaan kerrosten talotekniset ratkaisut alustavien LVI-reitipiirustusten ja sähkönpistesijoituspiirustusten perusteella.</p> <p><i>Talotekniikan johtotiet, kanavoinnit ja putkitukset sekä alakattoratkaisut tulee yhteensovittaa niin, että ne muodostavat yhdessä toimivan kokonaisuuden ja ratkaisut ovat toteutettavissa sekä tilankäytöllisesti että teknillisesti. Laaditaan leikkaukset sovitavassa laajuudessa. Jos suunnitelmat toteutetaan vaatimustason 2 (katso hanketietokortti) mukaisesti, yhteensovitus voidaan tehdä ohjelmallisena tarkastuksena. Jos suunnitelmat toteutetaan vaatimustason 3 (katso hanketietokortti) mukaisesti, yhteensovitus tehdään yhdistelmämallin avulla.</i></p> <p>Tässä osuudessa määritellään reititystarpeet kiinteälle perusosalle ja alustavat reititystarpeet muuntuvalle tilaosalle. Muuntuvan tilaosan reititystä tarkastellaan toteutusta palvelevan suunnittelukokonaisuuden yhteydessä.</p>	Reitityspiirustukset ja suunnittelualakohtaiset leikkaukset

Kuva 15. Talotekniikkasuunnittelijan tehtävät toteutussuunnitteluvaiheessa [7. s.19]

G 4.4	Kantavien rakenteiden varaustiedot	
	<p>Määritellään alustavasti rakenteiden varaustarpeet ja toimitetaan ne rakennesuunnittelijalle tarkistusta ja alustaviin varauspiirustuksiin siirtoa varten</p> <p><i>Varaustiedot tarvitaan, jotta rakenteissa voidaan ottaa huomioon TATE-reittien vaatimat läpimenot, aukot, erityiskiinnitykset sekä mahdolliset haalaustarpeet. Varaustarpeiden esittämistapa, mahdollinen tiedostojen kiertojärjestys yms. seikat on sovittava ennen tietojen toimittamista.</i></p>	Varaustiedot toimitetaan joko merkitsemällä ne erillisiin varaustiedostoihin tai toimittamalla tarvittavat TATE-varausobjektit tietomalliin sidottuna rakennesuunnittelijalle, tällöin reikämitoituksen tekee rakennesuunnittelija
G 4.5	Eri suunnittelualojen suunnitelmien yhteensovitus	
	<p>Suoritetaan suunnitelmien ristiintarkastus, yhteensovittaminen ja vertailu. Suunnittelu-osapuolet ovat velvollisia tutustumaan toisten suunnitteluosapuolten suunnitelmiin ja vertailemaan niitä omiin suunnitelmiinsa. Yhteensovitus voidaan varmistaa yhteensovitus-palaverissa. Yhteensovitus edellyttää kuitenkin kaikilta osapuolilta muiden suunnitelmien vertailua omiin suunnitelmiin ja havaittujen ongelmien raportointia.</p> <p><i>Eri suunnittelualojen esittämät suunnitelmat tulee yhteensovittaa niin, että ne yhdessä muodostavat toimivan kokonaisuuden ja että ratkaisut ovat toteutettavissa sekä tilankäytöllisesti että teknisesti.</i></p>	Yhteensovitusilaisuuden muistio ja siitä aiheutuvat tarkennetut suunnitelma-asiakirjat

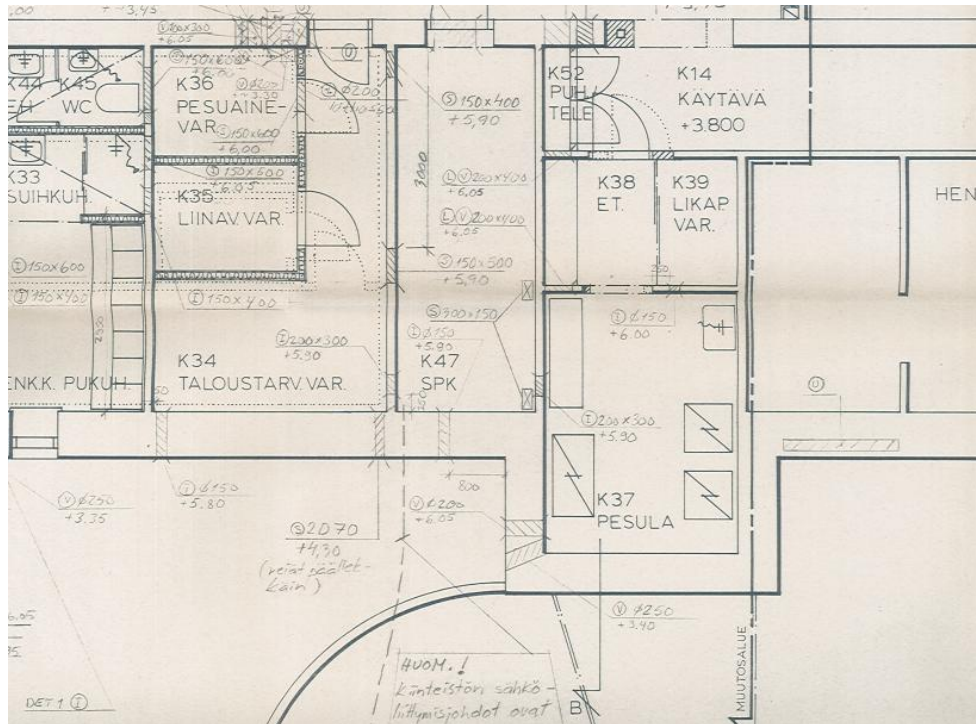
Kuva 16. Talotekniikkasuunnittelijan tehtävät toteutussuunnitteluvaiheessa [7. s.20]

G 6.2.12	Kantavien rakenteiden varaustietojen määrittely	
<input type="checkbox"/> E	<p>Määritellään rakenteiden varaustarpeet asennustietojen ja laitehankintojen pohjalta ja toimitetaan ne rakennesuunnittelijalle tarkistusta ja lopullisiin varauspiirustuksiin siirtoa varten</p> <p><i>Varaustiedot tarvitaan, jotta rakenteissa voidaan ottaa huomioon TATE-reittien vaatimat läpimenot, aukot, erityiskiinnitykset sekä mahdolliset haalaustarpeet. Varaustarpeiden esittämistapa, mahdollinen tiedostojen kiertojärjestys yms. seikat on sovittava ennen tietojen toimittamista.</i></p>	Varaustiedot toimitetaan joko merkitsemällä ne erillisiin varaustiedostoihin tai toimittamalla tarvittavat TATE-varausobjektit tietomalliin sidottuna rakennesuunnittelijalle

Kuva 17. Talotekniikkasuunnittelijan tehtävät toteutussuunnitteluvaiheessa [8. s.24]

2.4.2 Vanhanaikainen reikäkierto

Yllä kuvattu reikäkierto suoritettiin aikaisemmin käsin piirrettyillä muovikalvoilla ja paperipiirustuksilla. Reikäpiirustuskalvoille merkittiin tiedot varauksista ja kierrätettiin näitä kalvoja suunnittelijalta toiselle. Nykyään käytetään yleensä CAD-pohjaista dwg-tiedostojen kierrättämistä, joka muistuttaa entisaikaista kalvojen kierrätystä. Uudisrakentamisessa käytetään myös tietomallipohjaista suunnittelua.



Kuva 18. Vanha reikäpiirustus [12]

2.5 Lopulliset varaussuunnitelmat ja työmaavaiheen suunnittelukierrokset

Suunnittelukierroksen jälkeen reikäpiirustukset liitetään urakkalaskenta-aineistoon, jotta urakoitsijat voivat laskea varausten tyypit, koon, määrän ja hinnan. Urakoitsijat voivat laatia lopulliset toteutussuunnitelmat reikäpiirustusten pohjalta. Toteutussuunnitelmat täytyy hyväksyttää suunnittelijoilla. Urakoitsijoiden toteutussuunnitelmissa voidaan esimerkiksi ehdottaa uutta varausta palkkiin, joka rakennesuunnittelijan on hyväksyttävä.

Korjausrakennushankkeessa selviää usein oleellisia tietoja rakenteista vasta työvaiheessa, joten suunnitelmia tarkennetaan rakentamisen edetessä. Tästä johtuen korjausrakennustyömailla tehdään tarvittaessa suunnittelukierroksia, joissa eri alojen suunnittelijat, työmaanjohto sekä urakoitsijat pohtivat varausten toteutusta. Esimerkiksi urakoitsija on merkinnyt reikiä rakenteisiin reikäpiirustusten pohjalta, mutta joidenkin reikien toteuttaminen vaikuttaa hankalalta. Suunnittelukierroksella kyseinen ”hankala” varaus tarkistetaan ja tehdään tarvittavat jatkotoimenpiteet. Suunnittelukierrosten tarkoituksena on myös korjata mahdolliset ristiriidat reikäpiirustuksissa.



Kuva 19. Varausten merkitseminen ja tarkemittauksia työmaalla [12]

2.6 Luovutuspiirustukset

Urakoitsijoiden tehtävänä voi olla myös luovutuspiirustusten laadinta, joihin on dokumentoitu, miten varaukset lopulta toteutettiin. Kyseessä olevia piirustuksia voidaan kutsua myös ”punakynäpiirustuksiksi” tai ”as built-piirustuksiksi” [1;2;3;4;5;6;7;12;15].

3 Teknisiä asioita varausten ja talotekniikkareittien suunnittelussa

Tässä luvussa luetellaan teknisiä asioita, joilla on suuri vaikutus talotekniikkareittien sijaintiin. Lueteltuja asioita voidaan käyttää hyväksi esimerkiksi hankesuunnitteluvaiheessa, arvioidessa pääreittien ominaisuuksia tai yleisesti havainnollistamaan nykykaisen talotekniikan tilantarvetta.

3.1 Arkkitehtisuunnittelu

Arkkitehtisuunnittelun kannalta on aina paras tarkastella varauksia siten, että talotekniikka saadaan sijoitettua taloon niin, että kantavia rakenteita lävistetään mahdollisimman vähän.

- Tilamuutokset. Vanhojen rakennusten tilajärjestelyt eivät esimerkiksi toimistorakennuksissa täytä nykyajan vaatimuksia. Märkätilojen paikat muuttuvat usein.
- Mahdollisuus käyttää ulkopuolista talotekniikkakuilua tai porraskäytäviä hyväksi tulee aina huomioida
- Teknisten tilojen sijoittaminen. Vanhat teknisten tilat eivät täytä nykyaikaisia vaatimuksia, joten laitteista joudutaan sijoittamaan hankaliin paikkoihin, kuten kellariin tai vintille.
- Ulkopuolisten talotekniikkaverkkojen reitit vaikuttavat teknisten tilojen sijoitteluun
- Paloalueiden rajat. Paloalueen rajan lävistäminen vaikuttaa suuresti läpivientien tiivistämisen vaatimukseen, kyseiset läpiviennit voivat muodostua hyvin kalliiksi kokoonsa nähden.
- Alakatot ja huonekorkeus. Alakattojen sijoittaminen ja tekniikan sijoittaminen niiden taakse piiloon voi olla hankalaa matalasta huonekorkeudesta johtuen.
- Rakennushistorialliset arvot. Korjausrakennushankkeessa on aina otettava huomioon esimerkiksi museoviraston vaatimukset.

3.2 Rakennesuunnittelu

Varausten suunnittelussa rakennesuunnittelija arvioi talotekniikkasuunnittelijoiden ehdottamia reikien sijainteja ja varmistaa, että rakenteet eivät menetä kantavuuttaan tai

rakennuksen runko stabiliteettiaan. Toisaalta talotekniikan reitit pyritään suunnittelemaan siten, että kantavia rakenteita rasitetaan mahdollisimman vähän. Esimerkiksi palkkeja ei rei'itetä suurten leikkausvoimien alueella tai ala-/yläreunastaan, joissa taivutusjännitys on suurin. Neutraaliakselilla taivutusjännitykset häviävät ja ovat siten hyväksyttävämpi paikka rei'ille (ks. kuva 21). Myöskään painavaa talotekniikkaa ei tulisi ripustaa palkkeihin. Rakennuksen jäykistyksen, runkorakenteen ja perusgeometrian hahmottaminen ja kuvaaminen muille suunnittelijoille on tärkeää, jotta erilaiset talotekniikkajärjestelmät saadaan sovitettua rakennukseen.

Suurin osa läpivienneistä pystytään kuitenkin suunnittelemaan siten, ettei rakenteita tarvitse vahvistaa. Tällöin varauksen toteuttamisen kannalta ongelmalliseksi voi osoittautua varauksen tiivistäminen ympäröivän rakenteen palo-, ääneneristävyys-, kosteudeneristävyys ja ilmanpitävyysluokkaan. Tällaiset näennäisen pienet asiat toistuvat melkein jokaisessa rakenteen lävistyksessä ja rakennesuunnittelija joutuukin usein ottamaan kantaa mainittuihin vaatimuksiin. Talotekniikka tulee sijoittaa siten, että varauksia tarvitaan mahdollisimman vähän.



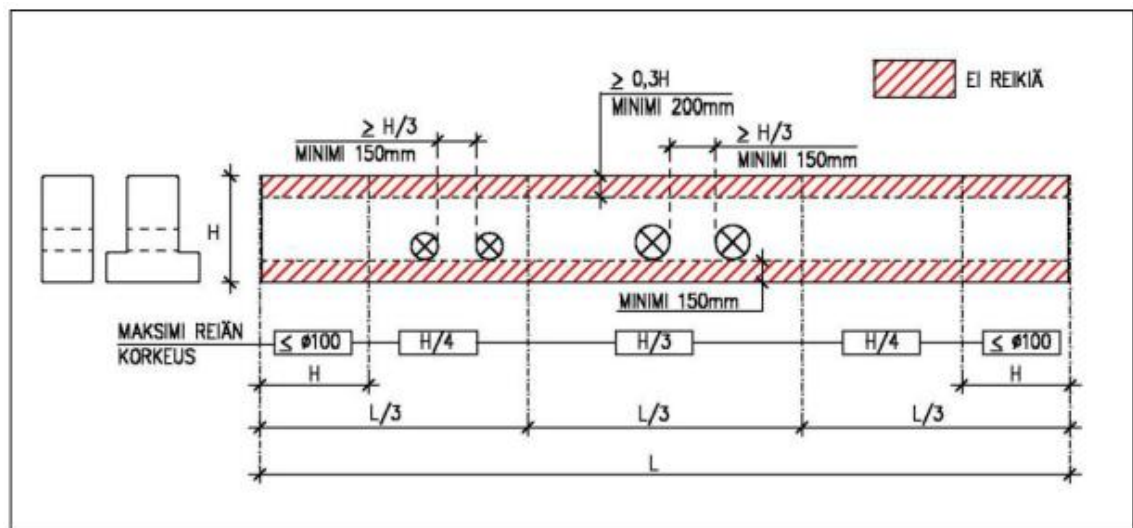
Kuva 20. LV-järjestelmän sijoitus porrashuoneeseen, peltikotelointiin [29]

Varauksiin kuuluvat reikävarausten lisäksi myös urat, roilot, syvennykset, tartunnat jne. joiden vaikutus rakenteelliseen toimintaan tulee myös ottaa huomioon.

Varaussuunnittelussa tulisi ottaa kantaa myös reikien toteutettavuuteen. Urakkalaskennassa määritetään rei'ille hinta ja määrä. Tällöin tulee tietenkin hankaluuksia, jos reunaehjoja ei ole määritelty. Esimerkiksi:

- Voidaanko vettä käyttää timanttiporauksessa?
- Millainen on lävistettävä rakenne? Mitä yläpohjan täyteenä on? Miten yläpohjan täyte vaikuttaa reiän poraamiseen?
- Tarvitaanko koeporauksia lävistettävän rakenteen selvittämiseksi?
- Jännitettyjen rakenteiden (esimerkiksi. ontelolaatat) reiittäminen on hankalaa

Reikien toteuttamisen suunnittelu kuuluu ensisijaisesti urakoitsijan ammattitaitoon, mutta rakennetekniikan ammattilaisen tulee tiedostaa tämänkaltaiset asiat onnistuneen kokonaisuuden kannalta.



Kuva 21. Suorakaide- ja leukapalkkien reikien sijoitus [8, s.45]

3.3 IV-järjestelmien tilantarve

Jos IV-järjestelmiin tehdään muutoksia, niin kanavisto ja ilmanjakotapa uusitaan yleensä melkein kokonaan ja tällöin IV-tekniikan tilantarve tulee kasvamaan suuresti, jotta sisäilma-olosuhteet saadaan nykyvaatimusten mukaisiksi.

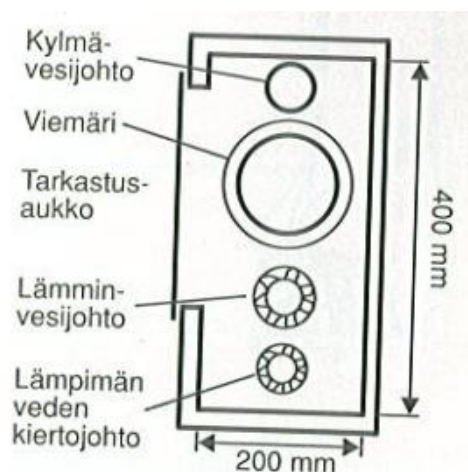
- Uudet ilmastointikoneet ovat suurempia ja painavampia kuin vanhat. Ilmastointikonehuoneiden lukumäärä vaikuttaa oleellisesti myös vaakakanavoiden pituuteen ja määrään.
- IV-vaakakanavointimatka ei saisi olla paljoo yli 20 metriä, riippuen laitteiston ominaisuuksista.
- Millaista ilmanjakotapaa käytetään (esimerkiksi jäähdytyspalkit, kaksiputki-järjestelmä, huoneistokohtainen ilmanvaihto jne.)?
- IV-kanavia on vaikeaa piilottaa pois näkyvistä jos huonekorkeus on matala, eikä alakattoja voi tehdä.

3.4 LV-järjestelmien tilantarve

Vesi- ja viemärijärjestelmien tilantarvetta arvioidessa tulee erityisesti muistaa, että vanhoja putkireittejä voidaan usein käyttää hyväksi.

- Vesiputkien pystylinjoissa vältetään sivuttaissiirtymiä

Putkiroilon tilantarve alkaa 200mm x 400mm kokoisesta varauksesta



Kuva 22. Havainnepiirros putkiroilosta [10, s.217]

- Vaakaviemäreiden kallistukset vähintään 1:100
- Vesiputkien kannakeväli enintään 3 metriä
- Vanhaan tiilimuuraukseen on usein vaikeaa kiinnittää kannakkeita
- Vanhojen kylpyhuoneiden ja keittiöiden paikat määrittävät asuinrakennuksissa usein pääreittien paikat
- Käyttövesiputket saatava korkeammalle kuin viemäriputket
- Lattioiden korottamisella voidaan ratkaista monia ongelmia.

3.5 Sähköjärjestelmien tilantarve

Sähköjärjestelmien tilantarvetta arvioidessa tulee muistaa, että se mitä sähköjärjestelmiin sisältyy, on hyvin kohdekohtaista (ATK, Tele, rakennusautomaatio, hälytysjärjestelmät, varavirtakoneistot jne.). Alla on lueteltu kuitenkin joitakin periaatteita:

- Yleisesti voidaan olettaa, että peruskorjauskohteessa sähköjärjestelmien tilantarve tulee kasvamaan suuresti, eikä vanhoja järjestelmiä pystytä käyttämään hyväksi.
- Kaapelihyllyjen tärkein ominaisuus on niiden riittävyys ja niihin tuleekin jättää tilaa ja muunneltavuusvaraa myös tulevaisuuden talotekniikkaa varten.
- Sähköjärjestelmien huolto on järjestettävä siten, ettei sähköturvallisuus vaarannu.
- Sähköjärjestelmien palosuojaus voi olla hankalaa, sähköreitit ei välttämättä voi sijoittaa esimerkiksi poistumisteille.
- Muuntamoilla on erityisvaatimuksia ilmanvaihdon suhteen
- Vahvavirta-asennusten laitetilat olisi hyvä sijoittaa erilleen sähkötekniisten tietojärjestelmien tiloista, häiriöiden välttämiseksi.
- Sähkö- ja LVI-järjestelmät eivät sovi samaan tilaan eikä sähkötiloja saa sijoittaa märkätilojen alle.
- Johtokuiluja tarvitaan karkeasti arvioituna yksi jokaista alkavaa 500 m² kerroksen pinta-alaa kohden.
- Kaapelihyllyjen tarkka sijoittelu jää usein työmaanaikana tehtäväksi [8;9;10;13;14;15;28].



Kuva 23. Kaapelihyllyjä sähkötiloissa [11]

4 Esimerkkikohde 1

4.1 Yleistiedot hankkeesta

Kohde on koulurakennus, jonka vanhimmat rakennusosat ovat valmistuneet vuonna 1964 ja jota on laajennettu vuosina 1981 ja 1984. Rakennuksessa on kaksi maanpäällistä kerrosta ja paikoin kellarikerros. Rakennuksen pinta-ala on 6404 m².

Kohteeseen tehtiin laaja perusparannus, jossa vesi- ja viemärijärjestelmät sekä ilmanvaihtojärjestelmä uusittiin kokonaan ja sähkö- ja automaatiojärjestelmiin tehtiin muutoksia. Rakennukseen tehtiin myös laajoja huonetilojen muutoksia.

Rakennus oli poistettu normaalikäytöstä korjaustöiden ajaksi. Työmaavaihe kesti 16,5 kk, joka oli 3,5 kk alkuperäistä arviota enemmän. Kyseisessä kohteessa varausuunnittelu koettiin hankalaksi ja näin olleen yksi syy työmaan aikataulun ja budjetin ongelmiin.

4.1.1 Rakennuksen runkojärjestelmä

Rakennuksen vanha osa on perustettu kaivinpaalujen varaan, joiden päällä on teräsbe-tonipalkisto ja kantava teräsbetoni-laatta. Uudet osat on perustettu teräsbetonisille lyön-tipaaluille ja niiden päällä on kantava reunavahvistettu teräsbetoninen pilarilaatta.

Alapohjarakenteena on vanhalla osalla maanvastainen laatta tai ryömintätilallinen ala-pohjarakenne. Uusilla osilla alapohjarakenteena on kaksoislaatasto (kevytsoratäyttö kantavan laatan päällä ja pintalaatta).

Rakennuksessa on pilari-palkki-laatta-runko, mutta kellarissa on myös kantavia seiniä. Vanhassa osassa rakenne on paikallavalettu, mutta uudessa elementtirakenteinen. Vanhassa osassa väli- ja yläpohjarakenteena on paikallavalettu ylälaatta ja uudessa osassa ontelolaatasto. Rakennuksen julkisivut ovat tiiliverhoiltuja ja rakennuksessa on myös tiilirakenteisia hormeja.

4.1.2 Perusparannuksen vaatimukset varaussuunnittelun kannalta

Talotekniikkajärjestelmät sekä vesi- ja viemärikalusteet uusittiin kohteessa lähes koko-naan. Hankesuunnittelussa pohdittiin mm. seuraavia asioita:

- Uusien IV-konehuoneiden sijoitus, sijoitetaanko ne kellaritiloihin vai vesi-katolle.
- Uuden ilmanvaihtojärjestelmän tilantarve tiedostettiin paljon suuremmak-si, mitä vanhan ilmanvaihtojärjestelmän
- Alapohjan tuuletusjärjestelmä säilyi ennallaan (järjestelmä oli peruspa-rannettu kaksi vuotta ennen koko rakennuksen perusparannusta)
- LVI-purkutyöt tehtiin osin asbestitöinä putkieristeiden takia
- Sähkökeskus- ja teletiloja rakennettiin lisää
- Poistumisteillä sijaitsevilta sähköjohtoreiteiltä edellytettiin paloteknistä suojausta
- Rakennukseen tuli uusia ryhmäkeskuksia
- Rakennuksessa oli sattunut laaja vesivahinko vuotta aikaisemmin, joten lähtöaineistoa kohteesta oli hyvin käytettävissä suurimmilta osin.

4.2 Varaussuunnittelun kulku

4.2.1 Hankesuunnitteluvaihe

Hankesuunnitteluvaiheessa päätettiin sijoittaa uudet IV-konehuoneet rakennuksen katon alle, koska kellaritilat osoittautuivat liian mataliksi. Tällöin määritettiin suurimpien pystykuilujen paikat ja tilantarve.

4.2.2 Luonnossuunnitteluvaihe

Kireän aikataulun vuoksi päätettiin suunnittelun osalta siirtyä hankesuunnittelun jälkeen lähes suoraan toteutussuunnitteluun.

Suunnitteluluonnoksia laadittaessa LVI-suunnittelija ja rakennesuunnittelija kävivät läpi yleisellä tasolla rakenteissa olevat vanhat reikävaraukset. LVI-suunnittelija ilmoitti, että vanhat reiät eivät olleet käyttökelpoisia uudelle talotekniikalle.

Talotekniikkasuunnitelmat tehtiin perinteisen mallin mukaan arkkitehtisuunnitelmien perusteella.

4.2.3 Toteutussuunnitteluvaihe

Suunnitteluvaiheeseen varattiin aikaa yhteensä noin 6 kk, mikä oli tämän kokoisen hankkeen suunnittelulle vähän.

Tässä vaiheessa huomattiin, että läpivientien ongelmakohtaksi saattaisi muodostua vanhan- ja uuden osan liittymäkohta. Vanha osa on paikallavalettu ja uusi osa elementtirakenteinen. Kyseessä olevasta osasta oli käytössä puutteelliset rakennepiirustukset.

Reikäpiirustusten laadinta toteutettiin perinteiseen tapaan (ks. luku 2) rakennesuunnittelijan pyörittämällä reikäkierrolla ja dwg-pohjille. Reikäpiirustusten dwg-pohjat oli laadittu arkkitehtipiirustuksista. Reikäpiirustukset tehtiin viimeisenä vaiheena ennen urakalaskennan aloittamista.

Vastuullinen LVI-suunnittelija vaihtui, kun suunnitelmat oli saatu urakalaskentaan.

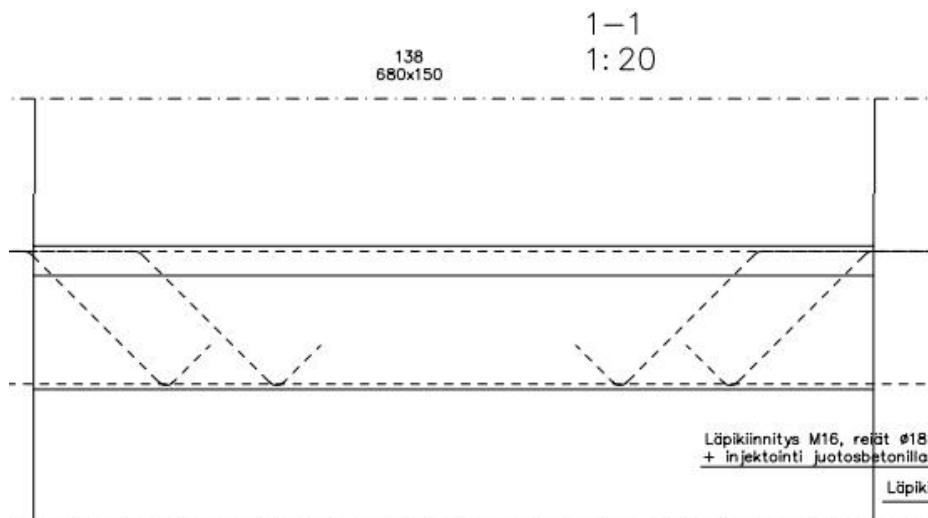
4.2.4 Rakentamisen valmistelu

Toteutussuunnittelun jälkeen oli 8 kk aikaa ennen rakentamisen aloittamista ja reikäkierto haluttiin ajoittaa tähän vaiheeseen ennen työmaan aloittamista. Hankkeen suunnittelijat oli kuitenkin siirretty muihin hankkeisiin, eikä reikäkiertoon panostettu tässä vaiheessa.

4.3 Työmaavaihe

Uusi reikäkierto aloitettiin ennen työmaavaihetta, mutta piirustukset myöhästyivät ja purkutyöt jouduttiin aloittamaan ilman tarkennettuja reikäpiirustuksia. Jotkin reikäpiirustukset myöhästyivät lopulta useita kuukausia.

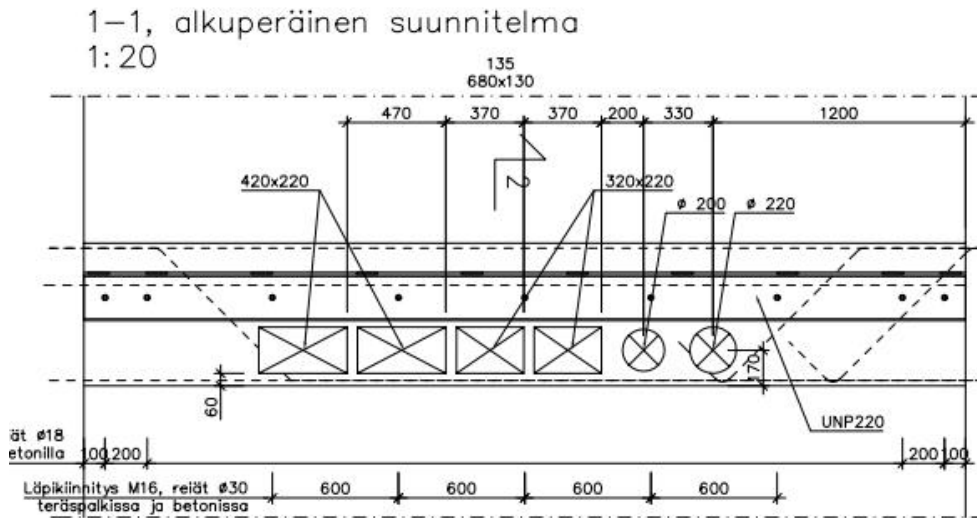
Reikäpiirustusten puutteita koettiin paikata keskittymällä sen rakennuksen osan vausten suunnitteluun, mikä oli seuraavaksi menossa purkuun. Työmaalla pidettiin usein myös erillisiä suunnittelupalavereja, missä suunnittelijat kiersivät tarkastamassa ja suunnittelemassa reikiä.



Kuva 24. Kellarin palkkien alkuperäinen tilanne [17]

Työmaavaiheessa selvisi uusia asioita kohteen rakenteista ja resursseja jouduttiin siirtämään pois reikiä suunnittelusta ja toteutuksesta (mm. asbestipurkutöitä tuli paljon odotettua enemmän). Yhdeksi ongelmaksi muodostui kellarin vanhojen teräsbetonipalkkien kantavuus, niitä ei pystynyt reiättämään ilman rakenteellista vahvistamista.

Vahvistusten jälkeen myös kyseisen osan reikäpiirustukset jouduttiin lähettämään uudelle kierrokselle.



Kuva 25. Kellarin palkkien vahvistussuunnitelmat [17]

Talotekniikan sovittaminen vanhan paikallavaluosan ja uudemman elementtiosan välillä osoittautui hankalaksi, tilanpuutteen ja rakenteiden eroavuuksien vuoksi.

Rakentamisvaiheessa kohteen vastaava rakennesuunnittelija vaihtui.

Reikien merkitsemisessä ja urakoitsijoiden työjärjestyksessä oli myös ongelmia. Reiät merkittiin virheellisiin paikkoihin (jopa niin, että lattiaan merkittiin kattoon tulevia reikiä) ja esimerkiksi eräässä tapauksessa LV-urakoitsija käytti IV-urakoitsijan varauksia.

Puutteellisten suunnitelmien takia lisätöiden määrä nousi suureksi.

4.4 Hankkeen analysointi varaussuunnittelun osalta

4.4.1 Hankesuunnitteluvaiheen analysointi

Hankesuunnitteluvaiheen varaussuunnittelun arvioitiin onnistuneen kohtalaisen hyvin. Talotekniikan pystykuilut ja IV-konehuoneiden paikat, pääreitit ja kohteen rakenteiden toiminta olivat yleisellä tasolla hyvin tiedossa. Toisaalta talotekniikan päävaakareittien

suunnittelu jäi vähäiseksi. Pahimmat ongelmapaikat tiedostettiin, mutta ratkaisujen etsiminen jätettiin jatkosuunnittelun varaan.

4.4.2 Luonnos- ja toteutussuunnitteluvaiheen analysointi

Kyseisissä vaiheissa suunnitteluaikataulua pidettiin jälkikäteen arvioituna liian tiukkana. Talotekniikkasuunnitelmat tehtiin nopealla aikataululla, jolloin niihin jäi puutteita ja ristiriitaisuuksia. Talotekniikkasuunnitelmien yhteensovittaminen jäi myös vajavaiseksi ja myöhemmin havaittiin järjestelmien törmäilevän toisiinsa.

Rakenteellisia tutkimuksia olisi tässä vaiheessa voinut suorittaa enemmän. Tällöin olisi voitu paremmin varautua esimerkiksi palkkien rakennevahvistuksiin ja vanhan paikalla-valetun osan ja uuden elementtiosan välisten talotekniikkareittien suunnitteluun.

Suunnittelussa todettiin, että vanhoja reikävarauksia ei pystyttäisi juurikaan käyttämään hyväksi uudelle talotekniikalle. Jälkikäteen arvioituna voidaan sanoa, että vanhoja reikävarauksia olisi pitänyt tutkia enemmän ja että niistä olisi ollut todennäköisesti hyötyä.

Talotekniikkasuunnittelun pohjana käytettiin arkkitehtipiirustuksia, missä rakenteiden todellisia mittoja ja etäisyyksiä ei ole ilmoitettu tarkasti. Arkkitehtipiirustuksia käytettiin myös reikäpiirustusten laadinnassa, eikä erillisiä rakennetasopiirustuksia tehty, joten esimerkiksi palkkien koot eivät käyneet reikäpiirustuksissa selkeästi ilmi.

Yleisesti ottaen luonnos- ja toteutussuunnittelu tehtiin kiireellisellä aikataululla ja jälkikäteen arvioituna puutteellisilla lähtötiedoilla, jolloin urakkalaskennassa käytettyihin reikäpiirustuksiin päätyi ristiriitaisuuksia. Urakkalaskennassa käytetyissä reikäpiirustuksissa oli myös keskitytty enemmän reikien määrän kuin laadun tai sijainnin arvioimiseen, joten varausten todellista hintaa ei pystytty arvioimaan oikein. Myöhemmin rakentamisvaiheessa määrään keskittyvien reikäpiirustusten ei myöskään koettu palvelevan toteutusta toivotulla tavalla.

LVI-suunnittelija vaihtui, joten kaikki toteutussuunnittelun tiedot eivät välttämättä siirtyneet eteenpäin.

4.4.3 Rakentamisen valmisteluvaiheen analysointi

Tässä vaiheessa olisi ollut aikaa tarkentaa suunnitelmia, mutta sitä ei pystytty tekemään. Voidaan kuitenkin ajatella, että jos rakentamisvaiheen aikaiset ongelmat reikäpiirustuksiin liittyen olisivat tässä vaiheessa olleet tiedossa, olisi varmaankin panostettu enemmän varaussuunnitteluun. Rakenteellisia tutkimuksia olisi pitänyt tehdä enemmän ja tarkentava reikäkierto olisi pitänyt suorittaa tässä vaiheessa (niin kuin alun perin suunniteltiin).

4.4.4 Työmaavaiheen analysointi

Työmaavaiheessa suunnitteluvaiheen puutteet nousivat esille. Reikäpiirustuksia ei saatu ajoissa työmaalle, koska niissä olevia suunnittelupuutteita jouduttiin ratkomaan rakentamisen aikana. Työmaanaikainen suunnittelu jäi kuitenkin ”askeleen jälkeen” työmaasta.

Työmaakatselmuksilla ratkottiin reikäpiirustusten ongelmia, mutta niiden toteuttamisessa havaittiin myös seuraavanlaisia ongelmia:

- Urakoitsijoiden edustajat eivät aina olleet paikalla, joten heidän mielipidettä ei aina saatu selville.
- LVI-suunnitteluun yritettiin saada lisää tehoa kahdella suunnittelijalla, mutta heidän näkemyksensä eivät aina kohdanneet.
- Vastuullisen LVI-suunnittelijan vaihdoksen vaikutukset kiteytyivät työmaan aikaisilla kierroksilla. Kierroksilla kiertäneet suunnittelijat eivät olleet aina alun perin suunnitelleet tarkasteltavia ratkaisuja, mikä aiheutti sekaannusta.
- Kierroksilla tehdyt ratkaisut eivät syystä tai toisesta välittyneet työmaan käyttöön
- Työmaakatselmuksia jouduttiin pitämään paljon enemmän, mitä alun perin oli suunniteltu
- IV-vaakakanavien reittien toteutus osoittautui erittäin hankalaksi

Työmaanjohtoon ei arvioitu onnistuneen varausten toteuttamisessa. Reikien merkitsemisessä ja töiden organisoimisessa tehtiin paljon yksinkertaisia virheitä, mitkä vaikeuttivat entisestään varausten toteuttamista. Pääurakoitsijan vastuu reikävarausten toteuttamisen kannalta ei ollut selkeä, vaan heidän myötävaikutuksensa varausten toteutta-

miseen jäi lähinnä suunnitelmapuutteiden listaamiseksi. Pääurakoitsijan, työmaan valvojan ja suunnittelijoiden välinen kommunikaatio ei toiminut toimitulla tavalla.

Jälkeenpäin arvioitiin, että purkutöiden aikaisille tarkemittauksille ja rakennusteknisille selvityksille olisi pitänyt varaa enemmän aikaa. Hankkeessa ei varauduttu tarpeeksi hyvin riskitekijöihin, joita paljastui vasta rakenteita purettaessa.

4.4.5 Yhteenveto varaussuunnittelun onnistumisesta

Jälkeenpäin arvioituna hankkeen varaussuunnittelussa tehtiin virheitä seuraavasti:

- Suunnitteluajataulu oli liian kireä hankkeen vaativuuteen nähden
- Tarkentava suunnittelu (reikäierros) jäi tekemättä ja tällöin varaussuunnittelun ongelmakohtiin ei puututtu ajoissa (rakentamista valmistellessa) vaan se jätettiin rakentamisvaiheeseen. Viimeiset reikäpiirustukset saapuivat 10 kk myöhässä alkuperäisestä aikataulusta
- Lähtötietoja ei hankittu tarpeeksi vanhoista rakenteista
- Vanhoihin rakenteisiin liittyvät riskit tiedostettiin, mutta niiden vaikutuksiin ei varauduttu riittävästi eikä tarpeeksi ajoissa
- Tieto ei kulkenut eri suunnitteluvaiheiden välillä eikä suunnittelijoilta työmaanjohtolle rakentamisvaiheessa.
- Suunnittelijoiden vaihdokset aiheuttivat sekaannuksia, etenkin IV-suunnittelun osalta.

Myös varausten toteuttamisessa tehtiin paljon virheitä. Työmaan ei koettu olevan halukas yhteistyöhön suunnitelmapuutteiden korjaamisessa, mikä vaikeutti ennestään työmaanaikaista suunnittelua.

Arvioidessa kyseisen hankkeen varaussuunnittelun vaikutuksia kokonaisuuteen tulee ottaa huomioon, että se ei ollut ainoa ongelma hankkeessa. Varaussuunnittelu oli hankalaa, mutta myös muut hankkeen ongelmat kärjistyivät siihen. Voidaan myös päätellä, että jotkin tahot käyttivät sekavaa tilannetta hyväkseen.

Yleiskuva hankkeesta on, että tietoja olemassa olevista rakenteista ei pystytty selvittämään riittävän tarkasti, eikä "tuntemattomien" rakenteiden riskejä arvioitu riittävän suuriksi. Tästä johtuen reikäpiirustukset jäivät epätarkoiksi ja liian suuri osa suunnittelua

jouduttiin tekemään rakentamisen aikana. Työmaakerroksilla yritettiin paikata, mutta suunnittelijoiden vaihdokset ja ongelmat pääurakoitsijan kanssa tekivät rakentamisen aikaiset korjausliikkeet hankaliksi [16;17;18;22;30].

5 Esimerkkikohte 2

5.1 Yleistiedot hankkeesta

Kohde on vuonna 1975 rakennettu toimistorakennus, jota on laajennettu vuosina 1987, 2000 ja 2003. Rakennuksen pinta-ala on 11278 m².

Kohteen tilaratkaisut ja talotekniset järjestelmät ovat pääosin alkuperäisiä ja tilaajan tavoitteena on nykyaikaistaa ja peruskorjata kiinteistö ja modernisoida sen talotekniikka. Korjaustarpeet keskittyvät erityisesti talotekniikkajärjestelmiin. Peruskorjauksen tavoitteena on palvella rakennusta seuraavat 50 vuotta, joten korjaus- ja muutostöiden tulevat tulevat olemaan suuria. Rakennus poistetaan normaalikäytöstä korjaustöiden ajaksi, joiden arvioitu kesto aika on noin 15 kk. Rakennusta myös mahdollisesti laajennetaan.

5.1.1 Rakennuksen runkojärjestelmä

Rakennus koostuu kahdesta päämassasta ja niiden välisestä yhdysosasta, toinen osa käsittää kuusi ja toinen kymmenen kerrosta. Korkeammassa osassa kaksi ensimmäistä kerrosta ovat osittain maanpinnan alapuolella, matalammassa osassa ja yhdysosassa maanpinnan alapuolella on osittain kolme kerrosta. Maanalaiset kerrokset toimivat autotallina sekä varastotiloina. Toimistotilat alkavat katutasosta, joka korkeammassa osassa on kolmas kerros ja matalammassa osassa ensimmäinen kerros.

Rakennus on perustettu kaivinpaalujen ja kaivonrengasperustusten varaan. Rungon muodostaa pilari-palkki-laatta-järjestelmä, joka jäykistetään hissi- ja porraskuiluihin. Julkisivut ovat betonielementtirakenteisia, mutta maanvastaiset osat ovat paikallavalettuja.

Rakennuksen runko on koottu sekä paikallavalu- että elementtiosista. Pääsääntöisesti niin, että maanpinnan alapuoliset ja rakennuksen keskellä olevat betonirakenteet ovat paikallavalettuja ja ulompana olevat elementtejä.

5.1.2 Perusparannuksen vaatimukset varaussuunnittelun kannalta

Kohteeseen tehtävät toimenpiteet ovat tyypillisiä vanhan toimistotalon perusparannukselle. Uudelle talotekniikalle on löydettävä tilaa niin, että vanhaa runkorakennetta joudutaan vahvistamaan tai rei'ittämään mahdollisimman vähän.

Hanke- ja luonnossuunnittelun perusteella voitiin olettaa toimistotilojen muutoksista ja talotekniikan korjaus- ja uudistamistoimenpiteistä aiheutuvan ainakin seuraavia reuna-ehdoja varaussuunnittelulle:

- Talotekniset järjestelmät ovat peräisin 1970-luvulta, joten ne joudutaan modernisoimaan lähes täysin, esimerkiksi rakennusautomaation osalta.
- WC- ja märkätilojen siirtyminen ja niiden tarvitsemat uudet LVI-reiitit
- Ilmanvaihdon järjestäminen uusiin tiloihin, sekä uusien IV-laitteiden osien tilantarve
- IV-konehuoneiden laajentuminen ja sijoittaminen katolle
- Huonokuntoisen vesi- ja viemärijärjestelmän korjaustoimenpiteet
- Alkuperäinen lämmönjakoputkisto säilytetään
- Hissien korjaustoimenpiteet
- Rakennuksen rungon keskiosassa on käytetty korkeita betonipalkkeja, joiden rei'ittäminen voi olla hankalaa. Kyseisissä palkeissa on kuitenkin jo ennestään läpivientejä, joiden perusteella uudet talotekniikkareititykset aiotaan viedä.

5.2 Varaussuunnittelun kulku

5.2.1 Hankesuunnitteluvaihe

Lähtötietojen perusteella päätettiin käyttää vanhoja talotekniikkareittejä mahdollisimman paljon hyväksi. Tehtyjen selvitysten perusteella mm. uudet IV-kuilut oli mahdollista sijoittaa vanhoihin pystykuiluihin. Talotekniikan vaakasuuntaiset reititykset suunniteltiin myötäilevän vanhoja reittejä, jolloin palkkeja rei'itettäisiin mahdollisimman vähän.

Lähtötietoja kohteesta oli hyvin saatavilla. Vanhat piirustukset ja aiemmat korjaustoimenpiteet oli hyvin dokumentoitu. Rakennuksesta oli myös tehty kuntoarvio LVIA-tekniikan osalta, joten talotekniikkajärjestelmien uusimistarve oli hyvin tiedossa.

Hankesuunnitteluvaiheessa ajateltiin, että varaussuunnittelu hoidettaisiin perinteiseen tapaan.

5.2.2 Luonnossuunnitteluvaihe

Tässä vaiheessa päätettiin kohteen varaussuunnitteluun, rakennesuunnittelijan osalta, keskittyä normaalia enemmän. Hankkeessa aiottiin koittaa uusia toimintatapoja ja/tai kehittää vanhoja. Erilaisia vaihtoehtoja toteuttaa kohteen reikävaraukset vertailtiin talotekniikan kustannusarvioiden perusteella.

5.2.3 Lähtötietojen arviointi

Jotta vanhoja talotekniikkareittejä pystyttäisiin käyttämään hyväksi, oli niiden sijainti ensin selvitettävä mahdollisimman tarkasti. Kyseinen kohde oli kuitenkin suunnittelun aikana käytössä, joten reikien paikantaminen paikanpäällä mittaamalla ei ollut taloudellista. Alakattojen purkutyöt olisivat myös aiheuttaneet merkittävää haittaa rakennuksen käyttäjille. Reikien sijainnin määrittäminen oli siis suoritettava likimääräisesti vanhojen piirustusten perusteella. Tarkat sijainnit varmistettaisiin purkutöiden yhteydessä.

Vanhat piirustukset olivat lähinnä paperisia, joten ne täytyi digitoida toteutussuunnitelua varten. Reikäpiirustuksia ei aiottu laatia pelkästään vanhojen piirustusten pohjalta, sillä niiden paikkaansapitävyydestä ei voitu olla varmoja. Kohteeseen on tehty vuosien

saatossa erilaisia korjauksia ja näiden yhteydessä myös uusia reikiä, joiden dokumentoinnin taso on ollut vaihtelevaa.

Jotta kohteen uudet reikäpiirustukset saataisiin olemassa olevien rakenteiden mukaisiksi, oli niiden laadinta rakennesuunnittelijan vastuulla. Piirustusten laadinta ehdotettiin hoidettavan joko siten, että vanhat reikäpiirustukset lähetettäisiin kopiolaitokselle digitoitavaksi ja rakennesuunnittelija tarkastaisi niiden käyttökelpoisuuden sekä korjaisi mahdolliset virheet, tai rakennesuunnittelija mallintaisi kohteen tarvittavilta osin.

5.2.4 Rakennemalli

Rakennesuunnittelijat lähtivät pohtimaan tietomallintamista, koska sen oletettiin helpottavan etenkin törmäystarkastelua ja runkorakenteiden rei'itysten vaikutusten arviointia. Kohteen mallintamisen nähtiin olevan myös sopiva kehityshanke. Myös hankkeen tilaaja oli mallintamisen kannalla.

Mallintamista suunniteltaessa oletettiin, että rakenne- ja talotekniikan-tietomallien yhteensovittaminen ei ole täysin mutkatonta, koska mallintaminen rakennesuunnittelussa on luonteeltaan erilaista kuin taloteknisessä suunnittelussa. Mallintamiseen liittyen pohdittiin mm. seuraavia asioita:

- Kuinka talotekniikkasuunnittelijat hyötyvät rakennemallista?
- Talotekniikkasuunnittelijat mallintavat järjestelmänsä kerros kerrallaan, kun taas rakennemalli mallinnetaan "kokonaisena".
- Yhtä kerrosta mallinnettaessa talotekniikkasuunnittelija ottaa korkopisteen lattiasta, kun taas mallinnettaessa koko rakennus kerrallaan, valitaan mitatut korkopisteet. Tällaisessa tilanteessa yhteisen korkopisteen löytäminen voi olla hankalaa.
- Kuinka nopeasti rakenteita pystytään mallintamaan, riittävän tarkasti?
- Rakennemallia laadittaessa käytettäisiin konsultointiapuna talotekniikkasuunnittelijoita
- Koko rakennusta ei mallinnettaisi yksityiskohtaisesti, vaan mallintamis resurssit keskitettäisiin varaussuunnittelun kannalta olennaisiin rakennusosiin.

Talotekniikan vaatiman varauksen mallintamiseen rakennesuunnittelijan tietomalliin mietittiin kahta ratkaisua. Yksi ratkaisu oli, että itse talotekniikkaa ei mallinnettaisi vaan

pelkästään niiden vaatima tilantarve. Tämä tilantarve määritettäisiin IFC-tiedostomuodossa olevilla reikävarausobjekteilla, jotka saataisiin talotekniikkasuunnittelijoilta. Toinen ratkaisu oli, että varauksista laadittaisiin myös perinteiset reikäpiirustukset (dwg-tiedostomuodossa), joissa esitetyt tiedot varauksista lisättäisiin rakennemalliin yksitellen mallintamalla.



Kuva 26. Prosessikuvaus reikävarausten mallintamisesta reikäobjekteilla [23, s.11]

5.2.5 Vanhat reikävaraukset

Tässä vaiheessa oli havaittu, että rakenteessa oli hyvin paljon vanhoja talotekniikan läpivientejä. Vanhoja reikiä oli niin paljon, että myös niiden paikkaus ympäröivän rakenteen mukaiseksi oli suunniteltava huolella. Rakenteellinen kantavuus tiheään rei'itetyissä rakenteissa oli tarkastettava, jos rakenteen kuormituksen suunniteltiin muuttuvan. Reikien määrää ja sijaintia selvitettiin sekä alkuperäisistä että vanhojen laajennusten aikaisista rakennepiirustuksista ja niiden tiedot vietiin mm. rakennemalliin. Vanhojen reikien sijainteja mitattaessa tarkimmiksi piirustuksiksi osoittautuivat alkuperäiset 1970-luvun reikäpiirustukset. Muut piirustukset huononivat sitä mukaa mitä uudempia ne olivat.

5.2.6 Muut varaukset

Rakennuksen savunpoistoluukut eivät täyttäneet nykyisiä vaatimuksia, joten niiden aukkojen kasvattaminen otettiin huomioon varaussuunnittelussa. Uusien IV-koneiden osalta pohdittiin, miten ne saadaan helpoiten rakennukseen. Jos haalausaukkoja tarvittaisiin, olisi niidenkin vaikutus rakenteelliseen toimintaan otettava huomioon. Loppujen lopulta IV-koneiden osalta ei tarvittu haalausaukkoja.

5.2.7 Toteutussuunnitteluvaihe

Toteutussuunnitteluvaiheessa oli kohteesta käytössä rakennemalli, joka oli mallinnettu vanhojen rakennepiirustusten pohjalta. Mallinnettuja rakenteita tarkistettiin paikanpäällä kohteessa mahdollisuuksien mukaan (rakennus oli tässä vaiheessa käytössä) ja havaittiin mm. että kaikkia reikiä ei ollut merkitty vanhoihin reikäpiirustuksiin. Suunniteltiin myös, että purkutöiden yhteydessä käytettäisiin ”normaalia” enemmän aikaa vanhojen rakenteiden tutkimiseen, rakenteet tarkastusmitattaisiin ja rakennemalli päivitetäisiin niiden perusteella. Rakennemallin laatiminen koettiin tässä vaiheessa nopeaksi ja sen tarkkuuden olevan hyvällä tasolla.

5.2.8 Talotekniikkasuunnittelijoiden näkökulma

Kohteen talotekniikkasuunnittelijat olivat aiemmin suhtautuneet rakennemalliin hieman kielteisesti, koska he olivat jo tehneet suunnitelmansa arkkitehdin piirustusten perusteella (arkkitehtipiirustukset olivat dwg-tiedostomuodossa). He epäilivät, että rakennemallin ja arkkitehtipiirustusten geometriset poikkeamat olisivat niin suuria, että taloteknisiä järjestelmiä ei olisi voinut sovittaa kumpaankin ilman suuria ristiriitoja.

Kuitenkin toteutussuunnitteluvaiheessa heidän näkökulmansa muuttui ja rakennemallista nähtiin olevan suoraa hyötyä myös talotekniikkasuunnittelulle. Kohteesta päätettiin tehdä mallipohjainen törmäystarkastelu rakenteiden ja taloteknisten järjestelmien välillä, mutta myös reikäpiirustukset. Reikäpiirustuksissa esitetyt tiedot varauksista lisättäisiin rakennemalliin.

5.2.9 Tietomallista saatavat tiedot varauksista

Tässä suunnitteluvaiheessa pohdittiin reikäpiirustusten sisältöä ja miten se palvelisi parhaiten urakkalaskentaa. Tietomallista on helposti saatavilla mm. seuraavanlaisia tietoja liittyen siihen merkittyihin varauksiin:

- Lävistetäänkö kantava vai ei-kantava rakenne
- Lävistettävän rakenteen rakennetunnus (esimerkiksi laatta, seinä, pila-ri...)
- Onko varaus olemassa oleva vai toteutettava

- Varausten mitat, korot, syvyydet

Mallista saadut tiedot pystytään myös helposti luokittelemaan, esimerkiksi varaukset palkeissa tai varaukset laatoissa.

5.2.10 Reikäkierto

Talotekniikkasuunnittelijoiden pyynnöstä päätettiin suorittaa myös perinteinen reikäkierto, jonka perusteella reikävarausten tiedot siirrettäisiin rakennemalliin. Rakennemallista pystyttiin helposti saamaan pohjapiirustusten lisäksi myös leikkauspiirustuksia. Prosesin tuottamat reikäpiirustukset toimisivat urakkalaskenta-aineistona. Talotekniikan ja rakennemallin välinen törmäystarkastelu suunniteltiin suoritettavan reikäkierron aikana. Tätä ei ehditty tarkastelemaan insinööriyön aikana.

Reikäkierron aikana vanhoja rakennepiirustuksia löydettiin lisää ja niiden tietoja saatettiin rakennemalliin. Tämän takia purkutöiden aikaisten tarkemittausten merkitystä korostettiin ja siitä laadittiin mainintoja urakkaohjelmaan.

Tässä vaiheessa suunniteltiin tarkemittauksia ja niiden onnistumisen ja aikataulun osalta syntyi joitakin kysymyksiä:

- Miten urakoitsija ottaa mallin huomioon?
- Millaisia moderneja työkaluja voidaan käyttää tarkemittauksissa?
- Miten tarkemittausten vaatimukset ja vastuut saadaan kirjattua kaupallisiin asiakirjoihin?

5.3 Varaussuunnittelun analysointi

Kyseisen kohteen varaussuunnittelun prosessin seuranta päättyi toteutussuunnitteluvaiheeseen ennen urakkalaskentaa. Tämä oli tiedossa jo insinööriyötä tehdessä. Tämän hankkeen analyysi on kirjoitettu sen mukaan, mitä toteutussuunnitteluvaiheessa tiedettiin. Analysoinnissa on myös keskitytty kehityshankkeen näkökulmaan.

5.3.1 Hankesuunnitteluvaiheen analysointi

Kohteen hankesuunnitteluvaihe hoidettiin perinteiseen tyyliin ja sen nähtiin onnistuneen hyvin. Kokeneet suunnittelijat määrittivät lähtötiedot ja kohteen erityispiirteet hyvin (vanhat piirustukset, rakenteelliset ja talotekniikan kuntotutkimukset ja korjauksen vaatimustaso). Toisaalta tilaaja-organisaation koosta johtuen, päätöksenteko joissakin asioissa vei tavanomaista enemmän aikaa.

5.3.2 Luonnossuunnitteluvaiheen analysointi

Hanketta voidaan pitää jossakin mielessä kehityshankkeena, sillä tässä vaiheessa varaussuunnitteluun päätettiin tilaajan toivomuksesta keskittyä normaalia enemmän. Harmiksi uusia menettelytapoja kokeiltiin lähinnä rakennesuunnittelun näkökulmasta, johtuen siitä, ettei kehityshanke-näkökulmaa suunniteltu vielä hankesuunnitteluvaiheessa.

Rakennemallin laadinta aloitettiin tässä vaiheessa ja sitä tarkennettiin suunnittelun edetessä. Erityisesti mallintamisen nopeuteen oltiin tyytyväisiä.

5.3.3 Toteutussuunnitteluvaiheen ja reikäkierron analysointi

Tässä vaiheessa jatkettiin varaussuunnittelun ongelmakohtien selvittämistä ja saadut tiedot päivitettiin rakennemalliin. Huomiota kiinnitettiin oikeaoppisesti myös urakkalaskennan vaatimukseen ja tarkemittausten suorittamiseen.

Reikäpiirustusten laadinta rakennemallista koettiin helpoksi ja kustannustehokkaaksi, verrattuna sellaiseen vaihtoehtoon, jossa reikäpiirustukset olisi laadittu vanhojen piirustusten perusteella. Harmilliseksi koettiin, ettei reikäkierrossa pystytty käyttämään reikäobjekteja hyväksi. Menetelmä on kuvattu sivulla 31.

5.3.4 Yhteenveto varaussuunnittelusta

Hanke oli vielä suunnitteluvaiheessa tämän insinööriyön valmistuessa, joten tehtyjä ratkaisuja (vanhojen piirustusten tulkinta, mallintaminen, tarkemittaukset...) ei kyetty vielä arvioimaan. Haastattelujen perusteella ratkaisut vaikuttivat toimivilta, ainakin niiden avulla pyrittiin parempaan lopputulokseen.

Kohteen varaussuunnittelua voidaan pitää onnistuneena ainakin kehityshankkeen näkökulmasta, uusia toimintatapoja kokeiltiin ja ne pystyttiin suorittamaan tehokkaasti. Etenkin mallintamisen nopeuteen ja helppouteen oltiin tyytyväisiä. Kokemusten perusteella mallintamisen tarkkuuden määrää pitkälti lähtöaineiston laatu eli tässä tapauksessa vanhat piirustukset.

Kritiikkiä hankkeelle voidaan antaa siitä, ettei kehityshanke-näkökulmaa ei mietitty vielä hankesuunnittelu vaiheessa ja sitä tehtiin vain rakennesuunnittelun osalta. Jos hankkeessa olisi alusta asti keskitytty varaussuunnitteluun, kaikkien suunnittelualojen osalta, olisivat ratkaisut olleet varmasti entistäkin parempia [19;20;21;23].

6 Perinteisen varaussuunnittelun prosessin arviointi

Tässä luvussa arvioidaan perinteistä varaussuunnittelun prosessia, haastatteluiden ja ensimmäisen esimerkkikohteen perusteella. Toisessa esimerkkikohteessa prosessi ei ollut perinteisen kaltainen.

6.1 Hankesuunnitteluvaiheen arviointi

Hankesuunnitteluvaiheessa perinteinen prosessi toimii hyvin. Lähtötietojen selvittäminen ja pääreittien luonnostelu onnistuu myös kynällä ja paperilla. Hienoille teknisille apuvälineille ei ole tarvetta. Tässä vaiheessa korostuu suunnittelijoiden ammattitaito ja kokemus.

6.2 Ehdotus- ja yleissuunnitteluvaiheiden arviointi

Kyseisiä vaiheita on havainnollista arvioida yhtenä kokonaisuutena, koska ennen ne ovat sisältyneet luonnossuunnitteluvaiheeseen. Jako ehdotus- ja yleissuunnitteluvaiheisiin tehtiin vuoden 2013 aikana.

6.2.1 Suunnittelujärjestys ongelmallinen

Tässä vaiheessa perinteisen prosessin ongelmat alkavat esiintyä. Arkkitehti ja talotekniikkasuunnittelijat sovittavat talotekniset järjestelmät rakennukseen ja rakennesuunnittelija avustaa tarvittaessa. Tämä suunnittelujärjestys on varaussuunnittelun kannalta ongelmallinen. Arkkitehdin laatima luonnosmateriaali, jonka pohjalta talotekniikkasuunnitelmat tehdään, ei ole rakenneteknisesti yhtä tarkka kuin rakennesuunnittelijan laatima materiaali. Talotekniset järjestelmät suunnitellaan siis jo alun perin niin, että niiden sijainti suhteessa olemassa oleviin rakenteisiin on epätarkka. Yllä kuvattu järjestys ei ole uudisrakentamisessa ongelmallinen, koska rakenteiden sijaintia pystytään myöhemmin muuttamaan. Korjausrakentamisessa asia on tietenkin päinvastoin, koska rakenteet ovat olleet olemassa jopa sata vuotta.

6.2.2 Talotekniikan näkökulmia

Talotekniikkasuunnittelussa korostetaan LVI-järjestelmien tilantarvetta suhteessa sähköjärjestelmien tilantarpeeseen. Sanonta ”sähkö kiertää vettä” (eli periaate että sähköreitit menevät siitä tilasta, mikä putkireiteiltä ja ilmanvaihtokanavilta jää yli) ei kuitenkaan ole enää nykyaikainen, eikä rakennuksiin sijoitettavan tietotekniikan ja elektronikan määrä tulevaisuudessa ainakaan vähene. Toisaalta sähkösuunnitelmissa otetaan hyvin vähän kantaa sähköjärjestelmien tilantarpeeseen, vastuu läpivienneistä siirtyy lähes poikkeuksetta työmaalle.

Yleisesti ottaen talotekniikkasuunnittelijoilla näkökulma suunnitteluun keskittyy enemmän itse järjestelmän toimintaan kuin sen asentamiseen olemassa olevaan rakennukseen. Tällainen näkökulma on ongelmallisempi korjausrakentamisessa kuin uudisrakentamisessa.

6.3 Toteutussuunnitteluvaiheen arviointi

6.3.1 Suunnitelmien erilaiset valmiusasteet

Perinteisessä prosessissa lähdetään sellaisesta näkökulmasta, että rakennesuunnittelija tekee tarkat rakennesuunnitelmat varauksiin liittyen vasta tässä vaiheessa. Tällainen näkökulma on ongelmallinen, koska talotekniikkasuunnitelmat ovat tällöin yleensä miltei valmiita. Tästä johtuen muutokset rakennesuunnitelmissa, joiden valmiusaste on

paljon talotekniikkasuunnitelmia matalampi, vaikuttavat suuresti talotekniikkasuunnitelmiin. Niiden muuttaminen on taas hankalaa, johtuen suuresta valmiusasteesta.

6.3.2 Erilaiset työkalut suunnitelmien laatimiseen

Tulee myös huomioida, että talotekniikkasuunnittelu tehdään nykyään melkein poikkeuksetta mallintamalla. Perinteinen dwg-tiedostomuotoon pohjautuva reikäkierto ei siis toimi samoilla ”työkaluilla” eri suunnittelijoiden kesken.

6.3.3 Urakkalaskennan vaatimukset

Perinteisessä prosessissa ei myöskään oteta suuresti kantaa reikäpiirustusten vaatimuksiin tai varausten ominaisuuksiin. Nykyisillä tietokoneohjelmilla voidaan helposti tehdä tilastoja ja luokitella erityyppisiä varauksia, jotta niiden toteuttamisen arviointi urakkalaskentavaiheessa olisi helpompaa. Jos varauksesta esitetään vain mitat ja sijainti ja lävistettävän rakenteen ominaisuudet jäävät huomioimatta, voi toteuttamisen arviointi mennä pahasti harhaan.

Varaussuunnittelun toteuttamista on perinteisesti mietitty arviolta noin sivun pituisella osiolla urakkarajaliitteessä. Aiheen laajuudesta johtuen tämä ratkaisutapa on riittämätön.

Jos perinteistä prosessia arvioidaan vain asiakirjojen tuottamismenetelmänä, toimii se kelvollisesti. Tulee muistaa, että urakoitsijat tarvitsevat paperipiirustukset urakkalaskentaa tai viimeistään työmaata varten.

6.4 Työmaavaiheen arviointi

6.4.1 Rakentamisaikaiset muutokset suunnitelmiin

Työmaavaiheessa perinteinen varaussuunnittelu ei huomio korjausrakentamisen vaatimuksia kovinkaan hyvin. Purkutöiden jälkeisille tarkemittauksille ei ole yleensä varattu hirveästi resursseja eikä yllätyksiin ole varauduttu riittävästi. Uudisrakentamisessa tällaisten asioiden ei välttämättä lasketa edes kuuluvan hankkeeseen, mutta korjausrakentamisessa tilanne on toinen.

6.4.2 Reikäpiirustusten havainnollisuus

Myös asiakirjojen havainnollisuuteen tulisi kiinnittää enemmän huomiota. Rakennesuunnittelussa käytettävät kattopiirustukset ovat arkkitehdin laatimia pohjapiirustuksia havainnollisempia rakenteiden osalta, mutta osataanko niitä lukea oikein työmaalla? Haastattelujen perusteella ei ollut mitenkään tavatonta, että lattiassa oli kattoon kuuluvia reikiä ja päinvastoin.

6.4.3 Työmaan palaverit yhä tärkeitä

Työmaalla pidettävät suunnittelukierrokset arvioitiin haastattelujen perusteella hyödyllisiksi. Kierroksilla pystytään helposti valvomaan ja opastamaan työmaata ja korjaamaan reikäpiirustusten virheitä. Tulee kuitenkin huomioida, että reikäkierrokset voivat muodostua kalliiksi. Esimerkiksi hankalassa kohteessa kierros voisi olla seuraavanlainen:

Kahdeksan kokenutta suunnittelijaa ja pääurakoitsijan työnjohtajaa tuntihintaan 100 € ja 4 urakoitsijan edustajaa tuntihintaan 50 € suorittavat neljän tunnin kierroksia kaksi kertaa viikossa kymmenen viikon ajan. Näin yhden kierroksen hinnaksi tulisi 4000 € ja kokonaiskustannuksiksi 20 kierrokselle 80 000 €.

6.5 Yhteenveto

Yleisesti ottaen arvioitiin, että perinteinen prosessi on jäänyt kehityksestä jälkeen. Prosessi on säilynyt samankaltaisena vuosikymmeniä ja sen kiertokulku perustuu yhä vanhanaikaisten reikäkalvojen kierrättämiseen (nykyään dwg-pohjat). Talotekniikan määrä sen sijaan on moninkertaistunut, vaatimukset rakennuksille nousseet ja talotekniikkasuunnittelu siirtynyt tietomallipohjaiseksi. Tästä johtuen varauksiin liittyvät suunnittelutehtävät eivät perinteisessä prosessissa ole ajoitettu oikein.

Perinteinen prosessi on myös peräisin ajalta, jolloin rakentamisen painopiste oli uudisrakentamisessa, eikä siinä ole otettu tarpeeksi hyvin huomioon korjausrakentamisen erityispiirteitä.

Perinteinen varaussuunnittelu myös perustuu melkein kokonaan suunnittelijoiden kokemukseen ja ammattitaitoon. Tietoa ja kokemuksia prosessista ei ole dokumentoitu

jälkipolville. Varsinkin kokemattomalla suunnittelijalla voi olla suuria vaikeuksia sisäistää keskeisiä asioita prosessiin liittyen, tämä voi osakseen selittää, miksi prosessi välillä onnistuu ja välillä ei [1;2;9;22;24].

7 Ratkaisuja onnistuneeseen varaussuunnittelun prosessiin

Tässä luvussa esitellään haastatteluiden ja esimerkkikohteiden perusteella koottuja ratkaisuja varaussuunnittelun prosessin parantamiseksi.

7.1 Hankesuunnitteluvaihe

Hankesuunnittelu on järkevää aloittaa kuten ennenkin. Kokeneet suunnittelijat luonnostelevat pääreitit ja esittelevät lähtötiedot, kuten rakennuksen runkojärjestelmän ja peruskorjauksen vaatimustason eri suunnittelualoille. Rakenteellinen toiminta on aivan erilainen esimerkiksi betonielementti- kuin tiilirakenteisessa rakennuksessa ja talotekniikan vaatimukset aivan erilaisia asuin- kuin liikerakennukselle.

Hankesuunnitteluvaiheessa on hyvä päättää varaussuunnitelmien vaatimustaso. Helppossa kohteessa ei välttämättä tarvita tarkkoja reikäpiirustuksia, vaan luonnospiirustukset riittävät. Purkutöiden aikana päätetään varausten lopullinen sijainti ja merkitään ne rakenteisiin. Varaukset tulee kuitenkin aina suunnitella, jotta tiedetään, onko tällainen kevyt menettely mahdollista. Jonkinlaiset reikäpiirustukset olisi myös aina hyvä laatia, niistä on aina hyötyä työmaalle ja ne rakennesuunnittelijan laatimina ne ovat laadukkaimpia.

Tässä vaiheessa tulee myös esittää varaussuunnittelun kulku hankeorganisaatiolle siten, että jokaisen vastuu ja tehtävät ovat tiedossa. Kaikki hankkeessa osallisena olevat eivät välttämättä tiedosta varaussuunnittelun vaikutuksia kokonaisuuteen.

7.1.1 Reikävarauskoordinaattori

Hankalassa kohteessa voidaan hankkeeseen palkata henkilö, jonka tehtävänä on koordinoida varaussuunnittelun prosessia ja valvoa reikien toteutusta työmaalla. Joissakin kohteissa tällaista menettelytapaa on käytetty ja haastatteluiden perusteella käy-

täntö on toiminut hyvin. Koordinaattorin tehtävänä on tukea niin suunnittelua kuin työmaatakin, hankesuunnittelun pääreittien luonnoksista viimeisen reiän tiivistämiseen asti.

7.1.2 Rakennemalli

Kohteen varaussuunnittelu voidaan tehdä myös tietomallipohjaisena. Tietomallipohjainen varaussuunnittelun prosessi korjausrakennushankkeessa on vielä harvinainen, mutta tulee todennäköisesti yleistymään tulevaisuudessa.

Tietomallin suurin hyöty on siinä, että rakennesuunnittelijan laatiman tietomallin pitäisi luonnostaan olla rakenneteknisesti tarkempi lähtöaineisto kuin esimerkiksi vanhojen piirustusten tai arkkitehdin materiaalin pohjalta laadittu. Tarkemman lähtöaineiston perusteella pitäisi olla helpompaa sijoittaa uudet talotekniset järjestelmät vanhaan rakenteeseen. Talotekniikkasuunnittelijat tekevät kuitenkin tietomallipohjaista suunnittelua.

Jotta rakennemallista olisi mahdollisimman paljon hyötyä talotekniikkasuunnittelijoille, on se saatava heidän käyttöönsä ennen yksityiskohtaisen suunnittelun aloittamista. Käytännössä tämä tarkoittaa, että rakennemallin on oltava halutulla valmiusasteella ennen hankesuunnitteluvaiheen päättymistä.

Rakennemallin valmiusasteen määrittäminen on korjausrakentamishankkeessa vaikea tehtävä, sillä vanhat piirustukset ovat yleensä puutteellisia ja oleellisia asioita rakenteista selviää kuitenkin vasta purkutöiden yhteydessä. Vaikeuksia voi esiintyä erityisesti vanhoissa tiilirunkoisissa rakennuksissa, joista ei ole olemassa tarkkoja rakennepiirustuksia.

Mallin tarkkuudessa on pohdittava, mitä varten rakennemallia tehdään. Varaussuunnittelun kannalta ratkaisevaa on runkojärjestelmän toiminta esimerkiksi betonigeometria ja olemassa olevat reiät ja aukot. Vaatimukset eroavat suuresti vaikkapa inventointimallista. Rakennemallin laatimisen yksityiskohtia on esitelty mm. SKOL:n julkaisussa *Tietomallisuunnittelun tehtäviä ja lähtötietovaatimuksia* (lähde 23) sekä Lauri Vainion opinnäytetyössä *Rakenteiden mallintaminen korjaushankkeessa* (lähde 27).

7.1.3 Arkkitehdin leikkauspiirustukset

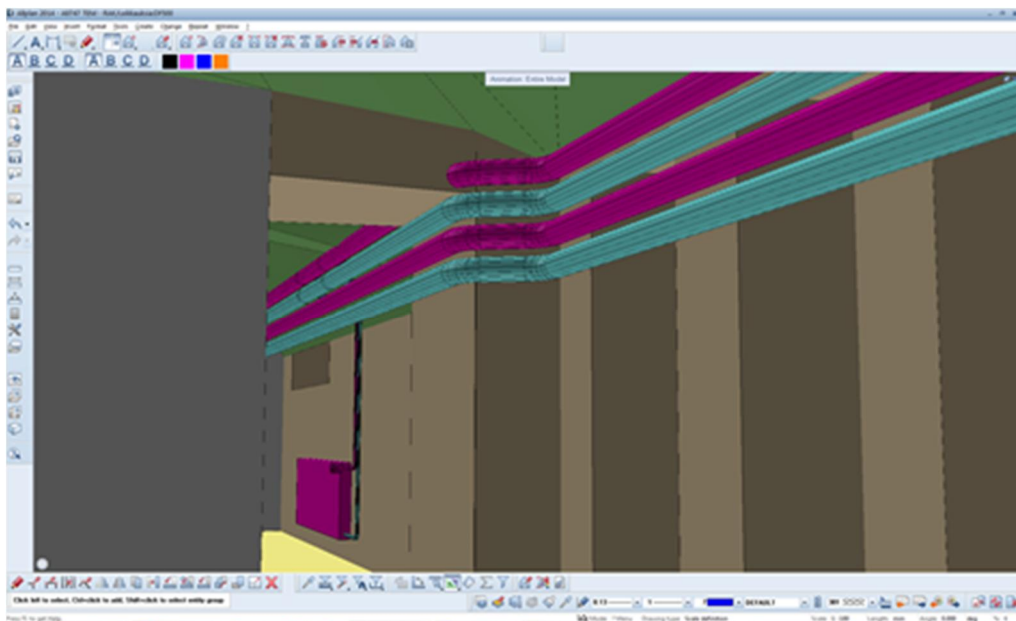
Huolimatta siitä, että tehdäänkö varaussuunnittelu mallipohjaisesti tai dwg-pohjaisesti, tarvitaan arkkitehdin laatimia leikkauspiirustuksia jo suunnittelun alussa. Yksityiskohtainen varaussuunnittelu alkaa hyvin leikkauspiirustusten perusteella.

7.2 Ehdotus- ja yleissuunnitteluvaihe

Kyseisiä vaiheita on havainnollista käsitellä yhtenä kokonaisuutena, koska ennen ne ovat sisältyneet luonnossuunnitteluvaiheeseen. Jako ehdotus- ja yleissuunnitteluvaiheisiin tehtiin vuoden 2013 aikana.

Jos lähtötietojen määrittäminen on onnistunut, ei tässä suunnitteluvaiheessa pitäisi esiintyä suuria ongelmia. Olennainen asia tämän suunnitteluvaiheen onnistumiselle ovat oikeat lähtötiedot, jotka on määritelty jo hankesuunnitteluvaiheessa.

Rakennesuunnittelijan tehtäviin kyseisessä suunnitteluvaiheessa kuuluu lähtötietojen tarkennus sitä mukaa kun vanhoista rakenteista saadaan uutta tietoa ja talotekniikka- ja arkkitehtisuunnittelijoiden avustaminen rakenneteknisissä asioissa. Rakennesuunnittelijan tulisi ottaa osaa talotekniikan törmäystarkasteluihin, joiden tekeminen mallintamalla on visuaalisesti havainnollisempaa verrattuna AutoCAD:n 2D-näkymään tai paperipiirustuksiin. Rakennesuunnittelijan osallistuminen törmäystarkasteluihin on tärkeää, koska muutosten tekeminen tässä suunnitteluvaiheessa on helpompaa kuin myöhemmin toteutussuunnitteluvaiheessa, jolloin talotekniset suunnitelmat ovat jo miltei valmiita.



Kuva 27. Esimerkki tietomallipohjaisesta törmäystarkastelusta. Talotekniikkasuunnittelija on mallintanut vesijohtoja, joista ylin (violetti) lävistää tiilirakenteen. Rakennesuunnittelija voi ehdottaa putkien laskemista tai suunnitella vahvistuksen [11].

7.2.1 Vanhat reikävaraukset

Yksityiskohtaisia varaussuunnitelmia laadittaessa otetaan vanhat reikävaraukset erityishuomioon, sillä niitä voidaan usein hyödyntää uusia reikiä tehtäessä. Asuinrakennuksissa vanhojen reittien käyttö voi olla ainoa kustannustehokas vaihtoehto. Asuntojen pinta-alan pienentäminen ei ole yleensä mahdollista.

Vanhojen reikien osalta tulee myös huomioida, miten ne tiivistetään nykyvaatimusten mukaan. Rakennuksessa, jossa vanhoja reikiä on paljon, voivat ne vaikuttaa jopa rakenteen rakenteelliseen toimintaan, kuten taipumaan ja kantavuuteen.

Vanhoista reikävarauksista voi etsiä tietoa vanhojen reikäpiirustusten lisäksi myös esimerkiksi hormikartoituksista.

7.2.2 Muut varaukset

Suunnittelussa tulee huomioida, että rakenteellisesti haastavia varauksia joudutaan joskus tekemään myös mm. radonputkistoja, koneiden haalausaukkojen ja savunpoistoluukkuja varten. Tällaiset varaukset on myös syytä suunnitella hyvissä ajoin.

7.2.3 Rakennemallin tarkentaminen

Rakennemallia on tarkennettava vaatimusten mukaan koko hankkeen ajan. Vaikka rakennemalli ei vielä tässä vaiheessa ole lopullisessa tarkkuudessaan, voidaan sen lopullista toimintaa arvioida. Mallista voidaan tehdä vaikka pieni osa tarkennettuna arkitehdin leikkauspiirustusten perusteella ja sitten simuloida taloteknisten järjestelmien toimintaa kyseisessä rakennusosassa. Mahdollisuuksien mukaan kohteessa voidaan tehdä tarkemittauksia.

7.3 Toteutussuunnitteluvaihe

7.3.1 Suunnittelu tehdään aikaisemmin kuin perinteisessä prosessissa

Taloteknisten suunnitelmien pitäisi tässä vaiheessa olla valmiita, joten periaatetasolla myös niiden vaatimien varausten tulisi olla suunniteltu ainakin siten, että järjestelmien sijaintia ei tarvitsisi suuresti muuttaa. Esimerkiksi suurten ilmanvaihtokanavien siirtäminen vaikuttaa koko ilmanvaihtojärjestelmän toimintaan. Se taas vaikuttaa kaikkiin IV-läpivienteihin ja lopulta voi tulla vastaan tilanne, jossa siirrettäviä varauksia on yhden sijaan kymmenen.

Voitaisiin sanoa, että varaussuunnittelun prosessi toteutuisi paremmin, jos perinteinen reikäkierto suunnittelutehtävineen olisi siirretty ehdotus- ja yleissuunnitteluvaiheeseen. Tällöin taloteknisten järjestelmien sijainti ei enää toteutussuunnitteluvaiheessa suuresti muuttuisi ja rakennesuunnittelijan tehtäväksi jäisi suunnitella rakenteiden aukotukset ja varausten tiivistäminen, eikä ottaa kantaa taloteknisten järjestelmien sijaintiin.

Kaikkia varauksia ei kuitenkaan voida suunnitella ennen kuin talotekniset suunnitelmat ovat valmiita, joten osa varaussuunnittelusta tehdään edelleen myös toteutussuunnitteluvaiheessa. Kyseisessä vaiheessa tehtävän suunnittelun pitäisi luonteeltaan olla viimeistelyä ja reikäkiertoa on kierrätetty jo yleissuunnitteluvaiheessa.

7.3.2 Urakkalaskenta-asiakirjojen vaatimukset

Varaussuunnittelun yhtenä päätavoitteena on saada mahdollisimman tarkat tiedot urakkalaskentaa varten, jotta varausten määrä, hinta ja toteutustapa pystytään laskemaan mahdollisimman todenmukaisesti. Tämän takia tulee reikäpiirustuksia laadittaes-

sa pohtia, mitä tietoja urakkalaskentaan tarvitaan. Eritoten tietomalleista on hyvin helppoa saada erilaisia tietoja varausten määrästä, geometriasta tai lävistettävästä rakenteesta. Esimerkiksi seuraavia tietoja voidaan tarvita:

- Lävistetäänkö kantava vai ei-kantava rakenne
- Lävistetäänkö paloalueen raja
- Lävistettävän rakenteen rakennetunnus (esimerkiksi laatta, seinä, pilaari...)
- Onko varaus olemassa oleva vai toteutettava
- Varausten tiivistystoimenpiteet
- Varausten mitat, korot ja syvyydet.

Mallista saadut tiedot pystytään myös helposti luokittelemaan, esimerkiksi varaukset palkeissa tai varaukset laatoissa.

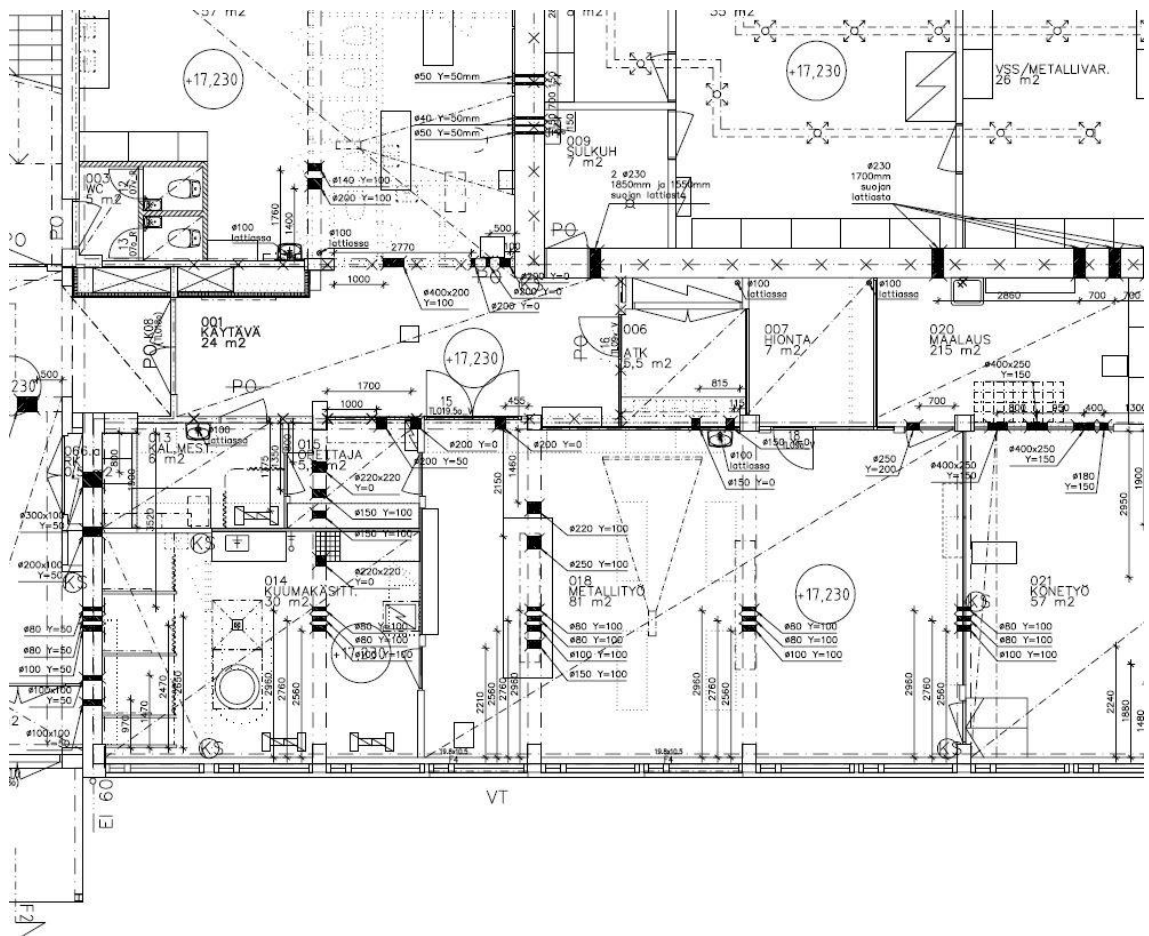
Urakoitsijoiden vastuut ja velvoitteet on määritettävä kaupallisilla asiakirjoilla. Asiakirjojen tulee käsitellä purkutöiden aikaisia tarkemittauksia, reikien merkitsemistä ja toteuttamista. Asiakirjoissa tulee myös ottaa kantaa siihen, miten urakoitsijat toimivat tilanteessa, jossa suunnitelmiin tulee täydennyksiä rakentamisen aikana. Varausten suunnittelu ja toteuttaminen on iteratiivinen prosessi, jossa urakoitsijoiden ammattitaito on tärkeää ja heitä tarvitaan muuhunkin kuin vain listaamaan suunnitelmapuutteita.

7.3.3 Reikäpiirustusten laadinta ja ulkoasu

Yhtenä toteutussuunnittelun tehtävänä on laatia reikäpiirustukset urakkalaskentaa varten. Tässä luvussa esitetyissä ratkaisuissa on lähdetty näkökulmasta, että taloteknisten järjestelmien sovittaminen tehdään suurimmilta osin ennen toteutussuunnittelua. Tällaisessa menettelyssä ei perinteistä reikäkiertoa enää suoriteta toteutussuunnitteluvaiheessa.

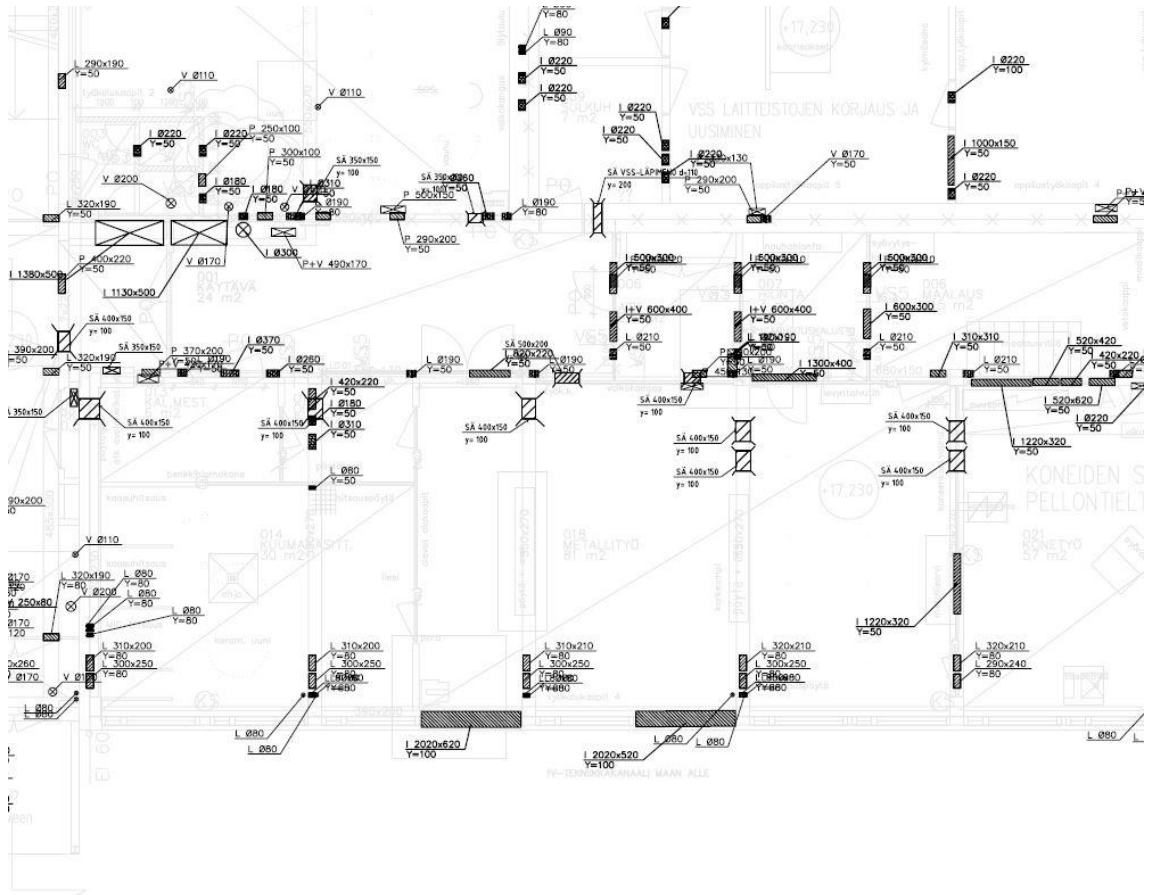
Tulee kuitenkin muistaa, että urakkalaskennassa ja viimeistään työmaalla, tarvitaan paperiset reikäkuvat. Tämän takia voidaan toteutussuunnitteluvaiheessa kierrättää dwg-tiedostoja perinteiseen tapaan. Kierron luulisi kuitenkin olevan perinteistä paljon nopeampi, koska suurimmat ongelmakohtat pitäisi olla jo ratkaistu ja huomio keskit-

tyisikin urakkalaskennan sekä havainnollisten piirustusten vaatimuksiin. Alla on esitelty kuvakaappaukset neljästä erilaisesta reikäpiirustuksesta:



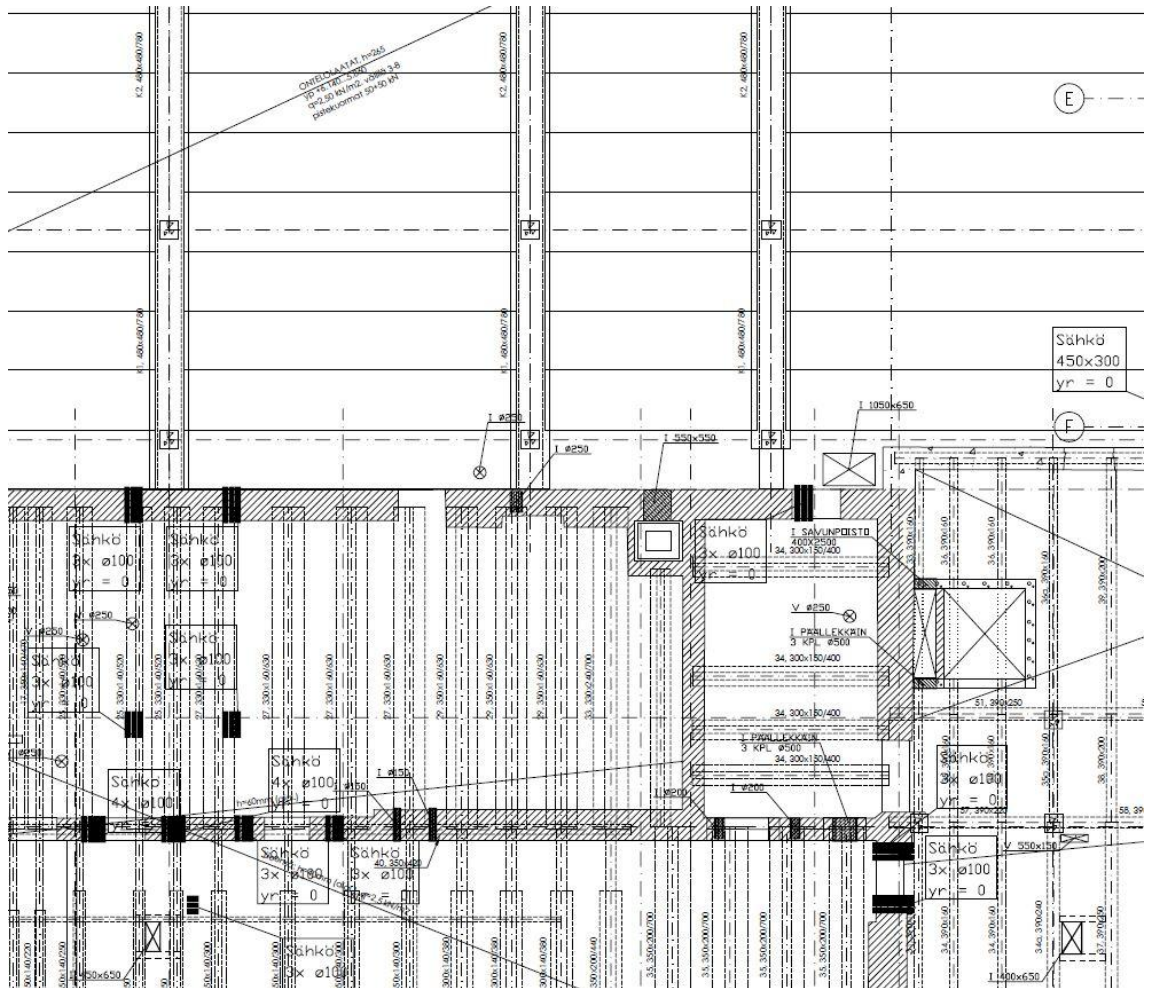
Kuva 28. Kuvakaappaus reikäpiirustuksesta, joka on laadittu arkkitehdin pohjapiirustuksesta [17].

Kuvassa 27 huomataan, että varausten lisäksi piirustuksessa on esitetty reikäpiirustusten kannalta turhia asioita, kuten dataprojektorin sijainti. Reikäpiirustuksia laadittaessa tulee huomioida mikä on oleellista ja mikä ei. Arkkitehdin pohjapiirustus ei myöskään ole rakenneteknisesti kovin tarkalla tasolla. Toisaalta reikäpiirustusten tekeminen arkkitehdin pohjille on nopea ratkaisu.



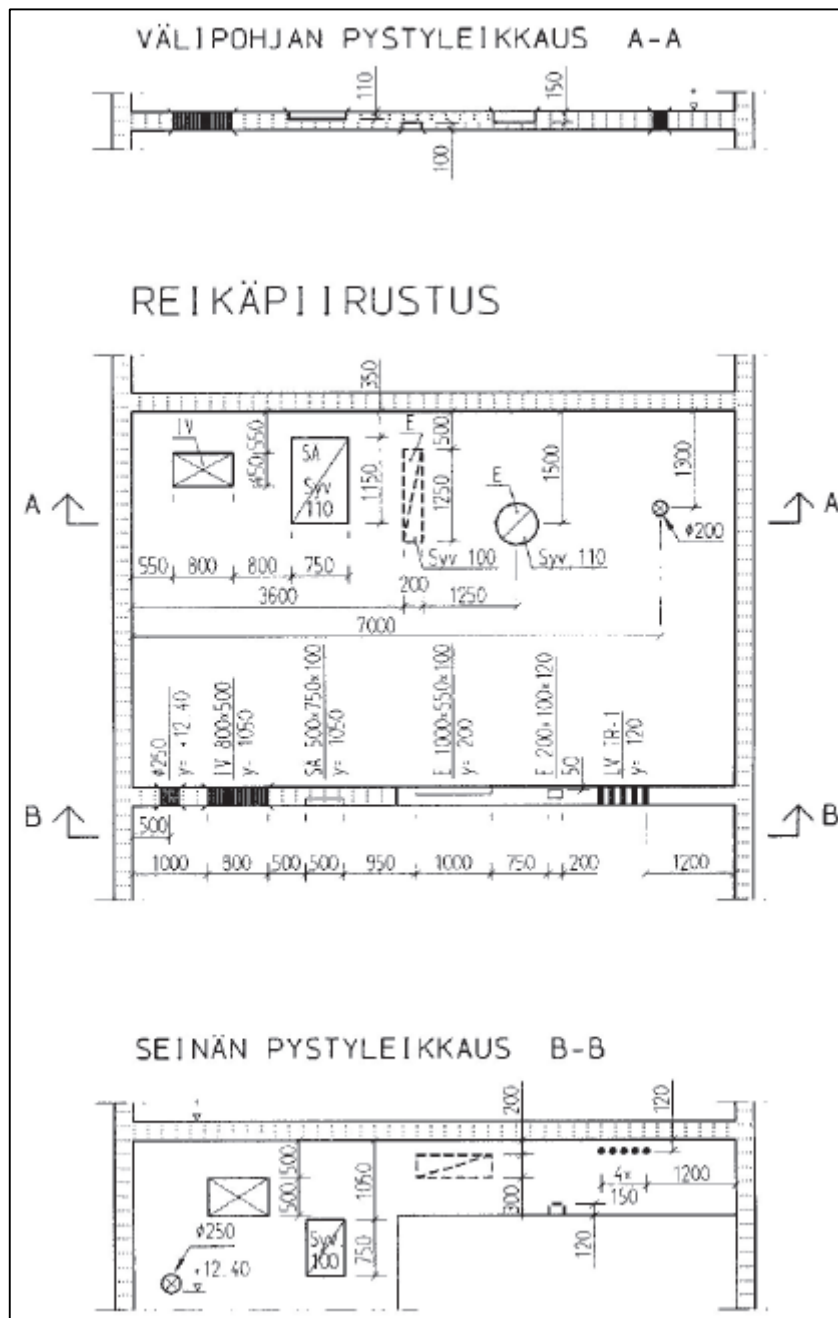
Kuva 29. Kuvakaappaus reikäpiirustuksesta, joka on laadittu muokatun arkkitehdin pohjapiirustuksen perusteella[17].

Kuvassa 28 arkkitehdin pohjapiirustuksia on käsitelty siten, että epäolennaiseksi katsotut asiat (AutoCAD-layer:t) on himmennetty. Piirustuksen ongelmana on se, että himmennyksillä on taipumus himmentyä entisestään aina kun piirustusta kopioidaan edelleen. Työmaalle saapuvissa piirustuksissa on voinut hävitä oleellisia tietoja rakenteista. Reikäpiirustuksia laadittaessa tuleekin huomioida se, että ne palvelevat hyvin myös työmaata.



Kuva 30. Kuvakaappaus reikäpiirustuksesta, joka on laadittu rakennesuunnittelijan kattokuvien perusteella [12]

Kuvassa 29 rakenteet on esitelty tarkasti, mutta varausmerkinnät eivät näy kovinkaan selkeästi, tämä voi aiheuttaa ongelmia tulostuksessa ja myöhemmin työmaalla. Tämän tyyppisen piirustuksen ongelma on myös se, että osataanko sitä lukea oikein? Kattopiirustusten lukemistapa ei ole kaikille itsestäänselvyys, joten rakenneteknisesti hienosta esitystavasta ei välttämättä ole mitään hyötyä työmaalla. Piirustuksesta ei myöskään selviä väliseiniä sijainti, koska ne sijaitsevat palkkien alla. Väliseiniä sijainnilla ei ole suurta rakenteellista merkitystä, mutta urakoitsijaa kiinnostaa se, kuinka paljon väliseiniä joudutaan rei'ittämään.



Kuva 31. Kuvakaappaus Sähkötieto ry:n laatimasta reikäpiirustuksesta [26, s.3]

Kuvassa 30 on Sähkötieto ry:n laatima esimerkinomainen reikäpiirustus. Piirustus on hyvin havainnollinen ja tulee huomioida, että hankalissa kohdissa reikäpiirustuksissa voidaan tehdä myös leikkauksia. Tämän tyyppisiä piirustuksia laatiessa tulevat kuitenkin käytettävissä olevat resurssit helposti vastaan, jos suunnittelu on dwg-pohjaista. Tietomalleista saadaan helpommin tehtyä erilaisia leikkauksia.

Yllä esitellyistä neljästä erilaisesta reikäpiirustuksesta huomataan, että jokaisella on hyviä ja huonoja puolia. Reikäpiirustusten ulkomuotoa tulisikin pohtia aina hankekohdaisesti, riippumatta siitä onko reikäkierto ja törmäystarkastelu suoritettu mallipohjaisesti tai perinteisesti. Tällaisista asioista on mahdollisuuksien mukaan hyvä neuvotella urakoitsijoiden ja työmaajohdon kanssa.

Reikäpiirustukset voidaan myös jaotella eri osiin, kuten erikseen piirustukset palkki-rei'istä ja erikseen laatan rei'istä. Vaativassa kohteessa tämä voi tulla tarpeen.

7.3.4 Korjausrakentamishankkeen riskeihin varautuminen

Korjausrakentamishankkeessa selviää olennaisia asioita vanhoista rakenteista vasta purkutöiden jälkeen. Siihen riskiin, että jotain olennaista on jäänyt huomaamatta, on hyvä varautua ennen kuin työmaan aikataulu on valmis.

Toteutussuunnitteluvaiheessa voidaan arvioida kohtia, mihin kannattaa keskittää erityistä huomiota purkutöissä sekä suunnitella niitä kohtia, missä tarvitaan tarkentavia mittauksia. Tarkemmittausten ja työmaanaikaisten rakenteellisten tutkimusten tulosten analysoinnille tulisi myös jättää tarpeeksi aikaa ja rahaa. Muuten ongelmia siirretään vain eteenpäin kertaluokkaa pahempana.

Tulee myös huomioida, että aikojen saatossa ei-kantavat rakenteet ovat voineet muodostua kantaviksi. Esimerkiksi puinen kattoristikko voi vaurioitua siten, että sen alapaarteet siirtävät kuormituksia tiilirakenteisille väliseinille, tällöin väliseinien rei'ittäminen hankaloituu.

Erityisen hankalista kohdista voidaan tehdä esimerkiksi koeporauksia, jotta lävistettävän rakenteen ominaisuudet selviävät. Laattojen koeporauksilla voidaan mm. helposti selvittää, ovatko eri kerroksissa sijaitsevat kantavat rakenteet samassa linjassa.

7.4 Työmaavaihe

Rakentamisen aikana on edelleen pidettävä suunnittelukierroksia, joissa on mukana eri alojen suunnittelijat, työmaanjohto sekä urakoitsijoiden edustajat. Suunnittelukierroksilla pystytään varmistamaan toteuttamisen onnistuminen ja valvomaan sekä opasta-

maan työmaata. Jos suunnittelu on onnistunut, eivät kierroksiin käytetyt kustannuksetkaan voi muodostua kovin suuriksi. Pitää huomioida, että reikien tarkka sijainti selviää usein vasta työmaan aikana, haastattelujen perusteella työmaapalavereita pidettiin erittäin tärkeinä.

7.5 Luovutuspiirustukset

Tulevaisuutta varten olisi tarpeen laatia toteutuneiden reikien perusteella luovutuspiirustukset, haastattelujen perusteella tällaista käytäntöä ei ole. Kuitenkin tarkat tiedot reikien sijainnista ja koosta tulevat olemaan arvokkaita, tulevaisuuden korjauksia ajatellen. Nykyaikaisilla mittaustekniikoilla (kuten suoraan kuvasta mittaaminen) tällaisten piirustusten laatimisen pitäisi myös olla helppoa. Hankkeen tilaaja näkee varmasti tarkat luovutuspiirustukset arvokkaina [14;20;21;22;23;24;26;27;28;30].

8 Yhteenveto

Tein insinööriyöni suurimmilta osin haastattelujen perusteella. Haastattelut olivat minulle oikein sopiva työskentelytapa, sillä niiden avulla kuulin erilaisia mielipiteitä ja faktoja rakennusalan kokeneilta ammattilaisilta. Haastatteluissa en pelkästään kirjannut ylös tietoja vaan niissä käytiin myös vuorovaikutusta eri osapuolten kesken, liittyen erilaisiin toimintamalleihin varaussuunnittelun prosessissa. Haastatteluiden tuloksia syvensin tutkimalla kirjallisuuslähteitä, joissa oli vain tiedon murusia aiheeseen liittyen. Työn aihepiirin rajaaminen ja tiedonhankkiminen oli hankalaa, koska aihe oli laaja ja siitä löytyi vähän tietoa.

Tuloksena ovat luvut, joissa perinteisen prosessin kulkua selvennetään (luvut 2 ja 3), esimerkkitapausten analysointi (luvut 4 ja 5), perinteisen prosessin arviointi (luku 6) ja ehdotuksia prosessin parantamiseen (luku 7). Yritykselle laadittiin myös varaussuunnittelun prosessin toimintamalli, joka ei kuitenkaan ole yleisessä jaossa.

Mielestäni onnistuin työssä hyvin jo pelkästään sen takia, että se saatiin koottua järkevänä kokonaisuutena kirjoitettuun muotoon. Alkuvaiheessa oli suuri riski, että koko työ ei saada valmiiksi. Vertailukohtaa insinööriyölle on vaikea löytää, sillä aihepiiristä ei ole laadittu laajoja kirjallisia tutkimuksia. Tämän insinööriyön voidaan ajatella siirtävän

kokoneiden suunnittelijoiden ”hiljaista tietoa” eteenpäin ja toimivan pohjana jatkotutkimuksille. Jatkotutkimusten kannalta olisi esimerkiksi mielenkiintoista tutkia ulkomaisia julkaisuja asiaan liittyen – mikäli sellaisia on olemassa?

Rakennusinsinööri opiskelijalle tämä työ oli erinomainen mahdollisuus soveltaa koulussa opittuja tietoja ja taitoja käytännön rakentamisessa. Varaussuunnittelun prosessiin liittyviä asioita ei suuremmin käsitellä koulussa, oli erittäin mielenkiintoista tutkia aihetta, joka on periaatteessa uusi rakennusalalla.

Lähteet

- 1 Jalli, Jyrki, Toimitusjohtaja, IdeaStructura Oy, Helsinki. Haastattelu, varaussuunnittelusta yleisesti 4.11.2013
- 2 Roine, Arto, Projektipäällikkö, IdeaStructura Oy, Helsinki. Haastattelu, reikäkierrosta yleisesti 12.11.2013
- 3 Roine, Arto, Projektipäällikkö, IdeaStructura Oy, Helsinki. Haastattelu ja työmaakäynti 3.12.2013
- 4 Rakennustietosäätiö. 2013. RT-kortti RT 10-11105 Tehtäväluettelot käyttöohje KO12. Helsinki: Rakennustieto Oy
- 5 Rakennustietosäätiö. 2013. RT-kortti RT 10-11109 Arkkitehtisuunnittelun tehtäväluettelo ARK12. Helsinki: Rakennustieto Oy
- 6 Rakennustietosäätiö. 2013. RT-kortti RT 10-11128 Rakennesuunnittelun tehtäväluettelo RAK12. Helsinki: Rakennustieto Oy
- 7 Rakennustietosäätiö. 2013. RT-kortti RT 10-11129 Taloteknisen suunnittelun tehtäväluettelo TATE12. Helsinki: Rakennustieto Oy
- 8 Betoniteollisuus ry. 2010. Runkorakenteet-ohje versio 10.3.2010. pdf-dokumentti
- 9 Ari Pesonen, Rakennustekninen asiantuntija, IdeaStructura Oy, sähköpostikeskustelu 29.10.2013
- 10 Seppänen, Olli. Seppänen, Matti. 1996. Rakennusten sisäilmasto ja LVI-tekniikka. Espoo: SIY Sisäilmatieto Oy: Kolmas painos
- 11 HT-sähköpalvelu Oy:n tiedotuslehti. 2012. Verkkodokumentti. http://www.ht-sahkopalvelu.fi/SPNews_2012_netti.pdf. Luettu 28.2.2014
- 12 IdeaStructura Oy:n Sähköiset asiakirjat
- 13 Sähkötieto ry. 2002. ST-käsikirja 35 Sähkö- ja teletekniset tilat ja asennusreitit. Tampere: Sähköinfo Oy
- 14 Hoikka, Markku, LVI-urakoitsija, Helsinki. Haastattelu, varausten toteuttamisesta työmaalla 30.11.2013
- 15 Aho, Pentti, Projektipäällikkö, IdeaStructura Oy, Helsinki. Haastattelu ja työmaakäynti 11.11.2013

- 16 Roine, Arto, Projektipäällikkö, IdeaStructura Oy, Helsinki. Haastattelu, esimerkkikohteesta 1 7.2.2014
- 17 Esimerkkikohde 1, Internet-pohjainen Projektipankki
- 18 Hönö, Antero, Projektipäällikkö, Indepro Oy, Helsinki. Haastattelu, esimerkkikohteesta 1 26.2.2014
- 19 Kotiranta, Juha, Rakennesuunnittelija, IdeaStructura Oy, Helsinki. Suunnittelupalaverit esimerkkikohteesta 2, 1.12.2013–15.4.2014
- 20 Konttila, Mika, Tietomalli asiantuntija, IdeaStructura Oy, Helsinki. Haastattelut esimerkkikohteesta 2 1.1.2014–15.4.2014
- 21 Suunnittelupalaveri, esimerkkikohteesta 2, IdeaStructura Oy, Helsinki. 4.2.2014
- 22 Suunnittelupalaveri, esimerkkikohteesta 1 ja varaussuunnittelusta yleisesti, Indepro Oy, Helsinki. 27.1.2014
- 23 SKOL ry. 2013. Tietomallisuunnittelun tehtäviä ja lähtötietovaatimuksia versio 1.0. pdf-dokumentti, laadittu 25.11.2013
- 24 Haastattelu, talotekniikka suunnittelijoiden roolista varaussuunnittelussa, Insinööritoimisto Leo Maaskola Oy, Helsinki. 25.2.2014
- 25 Sähkötieto ry. 1997. ST-kortti ST 13.35 Suositus reikäpiirustus- ja elementtipiirustusmerkinnöiksi. Espoo: Sähköinfo Oy
- 26 Rakennustietosäätiö. 2012. RT-kortti RT 10-11070 Yleiset tietomallivaatimukset 2012 Osa 5. Rakennesuunnittelu. Helsinki: Rakennustieto Oy: Versio 1.0 1.3.2012
- 27 Vainio, Lauri. 2014. Rakenteiden mallintaminen korjaushankkeessa. Opinnäytetyö. Metropolia AMK. Helsinki,
- 28 Kanto, Timo, Projektipäällikkö, Caverion Oy, Hoikka, Markku, LVI-urakoitsija, Helsinki. Haastattelu, työmaan vaatimuksista varaussuunnittelulle 1.4.2014
- 29 Hänninen, Aku. 2014. Omat valokuvat. Helsinki.
- 30 Pehkonen, Kari, Projektipäällikkö, Helsingin kaupunki, Kiinteistövirasto, Tilakeskus, Helsinki. Haastattelu esimerkkikohteesta 1 ja tilaajan roolista varaussuunnittelussa 9.4.2014