

SAIMAAN AMMATTIKORKEAKOULU
Tekniikka, Lappeenranta
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Maa- ja kalliorakentamisen suuntautumisvaihtoehto

Susanna Seppänen

KALLIORAKENNUSHANKKEEN TUOTANNON- SUUNNITTELU JA KUSTANNUSTARKASTELU

Opinnäytetyö 2010

TIIVISTELMÄ

Susanna Seppänen

Kalliorakennushankkeen tuotannosuunnittelu ja kustannustarkastelu, 49 sivua

Saimaan ammattikorkeakoulu, Lappeenranta

Tekniikka, Rakennustekniikan koulutusohjelma

Maa- ja kalliorakentaminen

Opinnäytetyö 2010

Ohjaajat: Työpäällikkö Petri Cavander, Destia Oy,

Yliopettaja Tuomo Tahvanainen, Saimaan ammattikorkeakoulu

Opinnäytetyön tavoitteena oli tuoda esille aikataulu- ja tehtäväsuunnittelun merkitys vaativassa maanrakennus- ja louhintakohteessa.

Työssä pohditaan Museoviraston toimitilahankkeen työmaan kautta tulleita kokemuksia tuotannonohjauksesta ja siitä, minkälaisia asioita kustannussuunnittelussa tulee ottaa huomioon.

Hankkeen toteuttamiselle haastetta toivat kireä aikataulu, ahdas rakennusalue ja sen ympärillä pyörivä vilkas kaupunkielämä. Kohdetta ympäröivien ja rakennussuojelulla suojeltujen rakennuksien vuoksi louhintatyö oli erityistä varovaisuutta ja tarkkuutta vaativaa. Kohteen ainutlaatuisuus ja kokemattomuus vastaavanlaisista urakoista herättivät mielenkiinnon aiheen tutkimiselle.

Museoviraston toimitilahankkeen urakkaan kuului useita työvaiheita, joista osaan perehdytään tarkemmin.

Hankkeen kustannusarvion ja toteutuneiden kustannusten vertailu antaa viitteitä siitä, miten kustannusten arvioimisessa onnistuttiin.

Asiasanat: tehtäväsuunnittelu, aikataulusuunnittelu, kustannussuunnittelu, tuotannonohjaus

ABSTRACT

Susanna Seppänen

Review in production planning and evaluation of costs in a rock excavation project, 49 pages

Saimaa University of Applied Sciences, Lappeenranta

Technology, Civil and Construction Engineering

Thesis 2010

Instructors: Project manager Petri Cavander, Destia Oy

Senior Lecture Tuomo Tahvanainen, Saimaa University of Applied Sciences

The main target of this thesis was to examine how successfully task planning and time scheduling were planned in a rock excavation project.

Experiences from National Board of Antiquities and Historical monuments – construction project gives valuable information on how Production management and cost planning should be made.

The project was challenging because of the tight schedule, close quarters and the fact that it was done in the middle of urban living. Excavation had to be done extremely carefully because of two buildings protected by law and those surrounding the construction area. The fact that this project was unique and that exactly same kind of projects had not been done before made this topic also interesting.

The contract included many stages and tasks and some of them will be paid more attention to in this thesis.

Estimated costs and cost calculation will give some facts on how well task planning and time scheduling were made.

Keywords: Task planning, time scheduling, cost planning, production management

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	4
2	TEHTÄVÄSUUNNITTELU	5
	2.1 Suunnittelun tavoitteet	5
	2.2 Tehtäväsuunnittelun toteutus.....	6
3	KUSTANNUSSUUNNITTELU.....	9
	3.1 Hankkeen kustannuslaskenta	9
	3.2 Tarjouslaskenta	9
	3.3 Budjetointi.....	11
	3.4 Valvonta.....	11
	3.5 Jälkilaskenta	11
4	AIKATAULUSUUNNITTELU.....	12
	4.1 Yleisaikataulu	12
	4.2 Työn kesto	13
	4.3 Aikataulumuodot.....	13
5	TUOTANNONOHJAUS.....	14
6	MUSEOVIRASTON TOIMITILAHANKE.....	17
	6.1 Aikataulu.....	18
	6.2 Työvaiheet	19
7	AIKATAULU- JA TEHTÄVÄSUUNNITTELUN VAIKUTUS KUSTANNUKSIIN.....	21
	7.1 Aikataulusuunnittelu kohteessa	21
	7.2 Tehtäväsuunnittelu esimerkkikohteessa	25
	7.2.1 Purkutyöt.....	26
	7.2.2 Louhinnoista yleisesti	27
	7.2.3 Hissikuilun työt	29
	7.2.4 Varapoistumistieaukko	31
	7.2.5 Ruiskubetonointi.....	32
	7.2.6 Pultitus	33
	7.3 Resurssit.....	34
	7.4 Kustannussuunnittelu	36
	7.4.1 Suunnittelun vaikutus hankkeen tulokseen	37
	7.4.2 Tärkeät vaiheet tuotannonsuunnittelussa.....	44
8	YHTEENVETO	46
	LÄHTEET.....	49

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää tuotannosuunnittelun tärkeyttä ja merkitystä lähdeittäessä viemään rakennushanketta eteenpäin. Työssä tarkastellaan kallio- ja maarakennuskohteen aikataulu-, tehtävä- ja kustannussuunnittelua.

Esimerkki kohteena on Museoviraston toimitilahanke, vaativa maarakennus- ja lousintaurakka, jossa huomioon otettavia asioita olivat tilan ahtaus ja tilaajan vaatima kireä aikataulu. Monen monta samanaikaisesti toteutettavaa työvaihetta ja kaupunkimiljöö eivät helpottaneet hankkeen toteuttamista.

Työmaan arvioidut ja toteutuneet kustannukset kertovat sen, onko jokin mennyt vikaan ja missä vika on ollut vai onko kyse jostain aivan muusta. Kyse ei kuitenkaan ole syyllisten vaan syiden etsimisestä.

Työssä tarkastellaan ensin kohteen aikataulua ja sitten tehtäväsuunnittelua, lopuksi perehdytään suunniteltuihin ja toteutuneisiin kustannuksiin. Työhön olennaisena osana kuuluu pohdinta siitä, mitä tehtiin, miten tehtiin, miksi tehtiin ja kuinka olisi voinut tehdä. Yhtä oikeaa työskentelytapaa ei ole olemassa, eikä tämänkään työmaan kohdalla sellaista olisi ollut.

Tutkimuksella pyritään tuomaan esille, miten muuten tuotannonohjausta voisi toteuttaa, mitä siinä voisi muuttaa vai onko jonkin tehtäväsuunnittelu toteutunut niin että jatkossakin voidaan työskennellä samoin menetelmin. Last planner-menetelmän voisi ottaa yhdeksi ajattelutavaksi. Voisiko esille tuomiani asioita, tuotannon ongelmia, muuttaa ottamalla käyttöön tarkennettuja aikatauluja tai esimerkiksi paikka-aikakaaviomallisen aikataulun?

Lähden tutkimaan laaditun yleisaikataulun ja päiväkirjamerkintöjen sekä kokemuksieni pohjalta, kuinka hyvin aikataulussa pysyttiin muun muassa töiden aloituksen ja keston suhteen.

2 TEHTÄVÄSUUNNITTELU

Tehtäväsuunnittelulla varmistetaan, että hanke toteutetaan sopimusten ja suunnitelmien mukaisesti. Hankkeen työtehtävät yksilöidään ja niiden tavoitteet ja vaatimukset selvitetään. Suunnittelulla pyritään siihen, että työvaiheen alkaessa kaikki sen aloitusedellytykset ovat kunnossa ja että työ toteutetaan suunnitellusti. Työn hallittu toteuttaminen, aikataulussa pysyminen, kustannustavoitteiden saavuttaminen, virheiden ennaltaehkäiseminen, työ- ja ympäristöturvallisuus sekä laadukkaan lopputuotteen rakentaminen ovat asioita jotka jokaisen projektin kohdalla asetetaan tavoitteiksi ja näin saadaan myös työn laatu varmistettua. (Koskenvesa & Pussinen 1999, 9-13.)

2.1 Suunnittelun tavoitteet

Tavoitteena on tehdä työ niin kuin se vaaditaan tehtäväksi ja saada lopputuotteesta halutunlainen. Ennen kuin rakennushanketta lähdetään viemään eteenpäin, tulisi sen kokonaisuus olla selvillä. Kokonaisuus muodostuu määritellyistä tehtävistä; se mitä tehtävät pitävät sisällään, tulee selvittää. Työn tavoitteista ja vaatimuksista keskustellaan työntekijöiden kanssa, jolloin he tietävät mitä työmaalla tehdään, mutta työnjohto huolehtii, että näiden tavoitteiden ja vaatimusten mukaisesti toimitaan. (Koskenvesa & Pussinen 1999, 14.)

Rakennushankkeen onnistumiseen tarvitaan sen eri osapuolien hyvää yhteistyötä ja tiedonkulkua. Osapuolet kuten tilaaja, yritys itse sekä viranomaiset ja lainsäädäntö asettavat rakentamiselle vaatimuksia, jotka urakoitsijan tulee ottaa huomioon. Työmaalla työskentelevien henkilöiden tulee tuntea vaatimukset ja keinot, jolla työ saadaan tehdyksi näiden vaatimusten mukaisesti. Laatusuunnitelman tekeminen on keino pitää huolta siitä, että kaikki vaatimukset on otettu huomioon. Jokaisen työvaiheen laatuvaatimukset kootaan yhteen, tarkistetaan aikataulu- ja kustannustavoitteet, varmistetaan aloitusedellytykset, etsitään keinot tavoitteiden saavuttamiseksi, suunnitellaan työn aikana pidettävät aloitus- ohjaus- ja palautepalaverit. Tämän jälkeen tehtäväsuunnitelma on valmis. (Koskenvesa & Pussinen 1999, 9.)

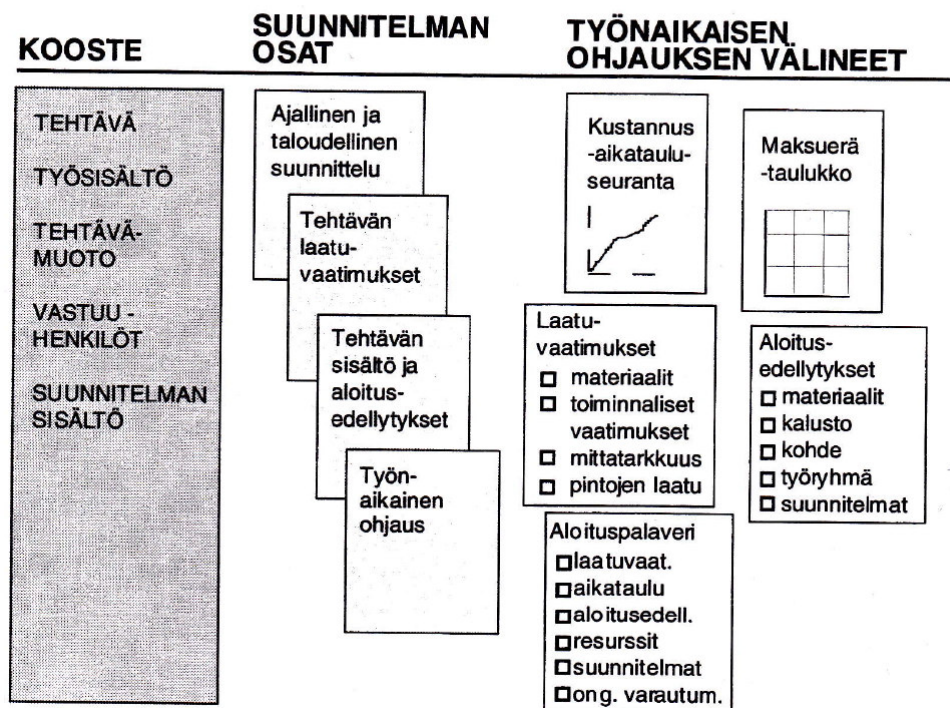
2.2 Tehtäväsuunnittelun toteutus

Tehtäväsuunnitelmia laaditaan, jotta työmaalla toimitaan sekä ajallisesti että taloudellisesti oikeaan suuntaan. Jotkin työmaan tehtävät ovat merkityksellisiä työmaan aikataulussa pysymiseen ja ne määräävät työskentelytahdin. Tehtäväsuunnittelu aloitetaan tarpeeksi ajoissa, jotta työvaiheeseen tarvittavat hankinnat on tehty ja työryhmä sekä kalusto mietitty ennen kuin työ on tarkoitus aloittaa. Tehtäväsuunnittelua tehdään osittain jo tarjouslaskentavaiheessa, ja se antaa suunnan täsmentävälle suunnittelulle, kuten kustannustietoutta tehtäviin kalustovalintoihin. Työnaikainen valvonta ja ohjaus auttavat tehtäväsuunnitelman mukaisessa työskentelyssä.

Tehtävät suunnitellaan kokonaisuuksiksi. Tarkoituksena on suunnitella yksi tehtävä alusta loppuun asti, kokonaisuuteen voi kuulua yksi tai useampi työlaji. Aika, kustannukset, laatu, turvallisuus ja ympäristö ovat huomioon otettavia asioita työn suunnittelussa. Tehtäväsuunnittelua ei tehdä jokaiselle työlle, vaan tehtäväsuunnitelmat tehdään aikataulullisesti ja taloudellisesti merkittävistä töistä sekä virhe-alttiiksi ja vaativiksi osoittautuneista, työryhmälle tuntemattomista tai harvoin tehdyistä töistä. Suunniteltu työ on ajallisesti yhtenäinen ja yleensä yhden työryhmän tekemä. (Koskenvesa & Pussinen 1999, 14-15.)

Ohessa on tehtäväsuunnitelma-malli, josta nähdään suunnitelman kooste, osat ja työnaikaisen ohjauksen välineet (kuva 1). Tehtäväsuunnitelman tärkeimmät osat ovat ajallinen ja taloudellinen suunnittelu, tehtävän laatuvaatimukset, tehtävän sisältö ja aloitus-edellytykset sekä työnaikainen ohjaus. (Koskenvesa & Pussinen 1999, 16.)

Tehtäväsuunnitelma-malli



Kuva 1. Tehtäväsuunnitelma malli (Koskenvesa & Pussinen 1999)

Kun tehtävän ajallista ja taloudellista suunnittelua tehdään, kerätään tietoa hankkeen tavoitearviosta, hankintasuunnitelmasta ja yleisaikataulusta. Tehtävän kannalta tärkeät asiat tarkistetaan kuten työmenekki, kesto, työryhmä sekä materiaali- ja kalustotarve. Työmenekin tarkistamiseen voidaan käyttää apuna yrityksen omia kokemusten kautta tulleita menekkitietoja tai yleistä RATU-tiedostoa. Kun tehtävän kustannukset ovat selvillä, verrataan saatuja kustannuksia tavoitearvioon. Mikäli saadut kustannukset ja arvio eivät saavuta toisiinsa, voidaan tässä vaiheessa, kun se on vielä mahdollista, muuttaa työjärjestystä, työmenetelmiä, työryhmää, materiaaleja tai kalustoa. Välitavoitteiden eli jonkin tietyn tehtävän ajallinen saavuttaminen otetaan huomioon ajallisessa ja taloudellisessa suunnittelussa, sillä mikäli välitavoitetta ei saavuteta, voi tulla lisäkustannuksia ja aikataulumuutoksia. (Koskenvesa & Pussinen 1999, 19.)

Tehtäväsuunnittelussa on laadullisia vaatimuksia kuten materiaali-, työmenetelmä-, valmiin työn mittatarkkuus- ja sijaintivaatimukset sekä valmiin työn visu-

aalliset vaatimukset. Työ on suunniteltava niin, että laatuvaatimukset saavutetaan ja niiden mukaan työ tehdään alusta loppuun asti. Laatuvaatimukset tulee käydä läpi työntekijöiden kanssa ja esimerkiksi työntekijälle annetun tarkistuslistan avulla työntekijä pystyy kontrolloimaan työnsä oikeanlaista toteutumista. Lopuksi on kuitenkin työnjohdon velvollisuus tarkistaa työn tulos. (Koskenvesa & Pussinen 1999, 21.)

Työn sisällön ja aloitusedellytysten määrittäminen ovat yksi tehtäväsuunnitelman osista. Jos työtehtävä toteutetaan aliurakkana tai omana työnä, aliurakoitsijalle selvennetään urakan osatehtävät, sisältö ja laajuus. Tehtävän sisältö tulee olla kaikilta osin selvä, kuten kuka maksaa koneiden siirrot, tarvittavat materiaalit tai milloin työn eri osavaiheiden tulee olla valmiina.

Työmaalla työ ei voi alkaa ennen kuin työryhmä, materiaalit, tarvikkeet ja kalusto sekä tarvittavat asiakirjat kuten luvat, piirustukset, työselostukset, työturvallisuusmääräykset ja –ohjeet ovat toimitettuina ja kaikkien luettavissa. Työt eivät voi alkaa, jos edellinen työvaihe on vielä kesken, vaadittavaa laatua ei ole saavutettu, työskentelyolosuhteet eivät ole suotuisat, työturvallisuusmääräyksiä ei ole huomioitu tai työntekijää ei ole perehdytetty. (Koskenvesa & Pussinen 1999, 23.)

Työaikaiseen ohjaukseen kuuluu aloitus-, ohjaus- ja palautepalaverit ja tehtyjen töiden tarkistaminen kuten esimerkiksi raudoitus, ruiskubetoniseinän paksuus tai louhitun pinnan korkojen tarkistus. Aloituspalaveri on tärkeä ja sillä varmistetaan, että työ alkaa suunnitellusti ja kaikki työntekijät tietävät, kuinka työ toteutetaan. (Koskenvesa & Pussinen 1999, 25.)

Ohjauspalaverissa työtä ohjataan oikeaan suuntaan. Ohjausta tarvitaan, jos on kohdattu aikataulullisia ongelmia, työturvallisuus on vaarantunut, huomataan suuria materiaalihukkaa, valmis työ on vahingoittunut ja työntoteuttamisessa on muuten vain vaikeuksia. Ongelmia ratkaisemaan voidaan paikalle pyytää asiantuntijoita kuten pääsuunnittelija tai materiaalitoimittaja. Palautepalaveri on keino käydä läpi tehtyä työtä, jos ongelmia on kohdattu ja niitä halutaan jatkossa vält-

tää. Näin voidaan tulevissa hankkeissa helpommin ennakoida samantyyppisiä ongelmia. (Koskenvesa & Pussinen 1999, 27.)

3 KUSTANNUSSUUNNITTELU

Hankkeen kustannuksia lasketaan sen eri vaiheissa. Kustannushallinta alkaa tarveselvitysvaiheessa kustannusten ennustamisella, josta se etenee kustannuksien määrittämiseen hankesuunnittelussa ja viimeisenä tehdään kustannusohjausta rakentamissuunnitteluvaiheessa. Tilaajan kustannussuunnitteluvaihe päättyy tuotantovaiheen hankelaskennan alkamiseen, jolloin tilaaja voi vaikuttaa kustannuksiin enää vain tuotantoratkaisujen valinnalla. (Lindholm 2009, 7-9.)

3.1 Hankkeen kustannuslaskenta

Tuotantovaiheen hankelaskentaan kuuluu urakoitsijan tekemä kustannusarvio, tarjouslaskenta, kustannusten budjetointi eli kustannusarvion osien kohdistaminen eri työtehtäville ja hankinnoille sekä työnaikaiseen ohjaukseen tarvittava kustannusten valvonta ja jälkilaskentavaihe. (Lindholm 2009)

Ensimmäinen vaihe alkaa, kun urakoitsija saa tarjouspyynnön hankkeen rakentamisesta hankkeen tilaajalta. Jos urakoitsija toteaa kohteen sopivaksi tarjouskohteeksi, aloitetaan kohteen kustannusarvion laatiminen ja tarjouslaskenta. (Lindholm 2009, 20.)

3.2 Tarjouslaskenta

Kun tilaaja on lähettänyt tarjouspyynnöt urakoitsijoille ja urakoitsija on päättänyt jättää kohteesta tarjouksen, laaditaan kustannusarvio. Urakoitsijalle annetaan tarjouslaskentaan tarvittavat tarjouspyyntöasiakirjat, joita ovat tarjouspyyntökirje, urakkaohjelma, urakkarajaliite, yksikköhintaluettelo, tarjouslomake ja tekniset asiakirjat. Rakennusselostus ja muut selostukset sekä piirustukset kuuluvat tekniisiin asiakirjoihin, ja ne ovat yhdessä urakkaohjelman sekä urakkarajaliitteen kanssa hankekohtaisia asiakirjoja. Yleisiä asiakirjoja käytetään tarjouslaskennassa, niitä ovat muun muassa rakennusalan yleiset sopimusehdot eli YSE98,

joka kuuluu kaupallisiin asiakirjoihin. Muut ohjeita, määräyksiä ja alan tapoja sisältävät asiakirjat kuten RYL2000 ja RATU kuuluvat yleisiin teknisiin asiakirjoihin. (Lindholm 2009, 21-22.)

Hankkeen kustannusarvio tehdään kustannuslaskentaa käyttäen ja tavoitteena on määrittää hankkeen toteutuksesta aiheutuvat kustannukset. Aluksi on tärkeää saada kokonaiskuva hankkeesta, joten perehdytään tarjouspyyntöön sekä urakkaohjelmaan. Tarjouspyynnöstä selviää muun muassa tarjousaika. Kun hankkeen yleispiirteet ovat selvillä, tutustutaan rakennus-, rakenne- ja erikoistöiden piirustuksiin. Rakennusselitys eli työselitys on asiakirja, josta yleinen laatutaso ja poikkeukselliset, hankalat tai kalliit työlajit / työvaiheet tarkentuvat.

Kun kustannuslaskentaa lähdetään tekemään asiakirjoihin tutustumisen jälkeen, perehdytään laskentatyön suorittamiseen. Pidetään aloituspalaveri tarjouslaskentaan osallistuvien kesken ja jaetaan vastuut, samalla päätetään laskentamenetelmät. Laskentamenetelmä voi olla joko suorite-, rakennusosa-, tuoteosa tai tilalaskentaperusteinen. Suoritelaskenta on panospohjaista laskentaa ja sen tarkoituksena on määrätietojen perusteella hinnoitella panos eli esimerkiksi yhdelle pultille tuleva hinta. Rakennusosalaskenta on suurempi kokonaisuus; esimerkiksi maankaivu € / m² tai louhinta € / m³ koostuvat useammista panoksista kuten tarvikkeista ja työpanoksista, joista rakennusosan hinta määräytyy. Tuoteosalaskennassa hinta muodostuu useammasta rakennusosasta tai suoritteesta esimerkiksi maankaivu ja anturat muodostavat yhdessä tuoteosan. Tilalaskenta tehdään tiloista, joita on useampia esimerkiksi wc-tilat asuinrakentamisessa. Yhden tilan rakentamiseen lasketaan kaikki siihen menevät kustannukset.

Kustannuslaskennan muita tärkeitä vaihteita ovat alihankintojen hintatiedustelut, kyselyt epäselvistä asioista rakennuttajalta, määrälaskenta, työ- ja resurssi-suunnittelu, töiden hinnoittelu, kustannuslaskelman koonti ja lopuksi kustannuslaskelman tarkistus. (Enkovaara & Jeskanen 1994, 37-40.)

Kun kustannusarvio on laskettu, lisätään arvioon katetavoite ja riskivaraus. Kustannusarvion osia ovat työkohdekustannukset ja käyttö- ja yhteiskustannukset.

Hankkeesta tehtävä tarjous muodostuu kustannusarviosta ja lisäeristä, joita ovat riskit, kustannustason muutos ja työmaakate. Tarjoushintaan lisätään arvo-lisävero vasta sitten, kun tarjous lähetetään tilaajalle. Tarjouskohteen ominai-suudet määräävät riskivarauksen, riski syntyy usein yleensä jostakin yllättäväs-tä poikkeamasta. Työmaakate määräytyy sen mukaan, mikä on yritysjohton tuotto-odotus eli se on lähinnä yrityskohtaista. Katteeseen voi sisältyä myös yrityksen keskushallinnon kulut, muut hankkeille kohdistamattomat kustannuk-set, korot, verot, poistot ja voitto.

Kun tarjouslaskenta on suoritettu ja tarjous käyty läpi tarjoukseen osallistuvien kesken, urakoitsija jättää kohteesta tarjouksen. Tilaaja tekee päätöksen siitä, kenet hyväksyy kohteen rakentajaksi. Päätös perustuu tilaajan omaan kustan-nuslaskelmaan tai tilaajan teettämään yleisen hintatason mukaiseen kustan-nusarvioon. (Enkovaara & Jeskanen 1994, 37.)

3.3 Budjetointi

Urakoitsijalla budjetti merkitsee hankkeen tavoitearviota. Hankinnoille ja työteh-täville kohdistetaan tietty määrä rahaa kustannus- ja tarjouslaskennan tietoja hyväksikäyttäen. Työtehtävien budjetoinnissa auttaa kohteelle suunniteltu aika-taulu, jonka mukaan kustannukset voidaan jakaa ajallisesti.

3.4 Valvonta

Tavoitearviossa pysyäkseen urakoitsijan on suoritettava koko hankkeen ajan kustannusvalvontaa. Jos työmaalla huomataan poikkeamia työntoteutuksen suhteen, niihin reagoidaan miettimällä taloudellisia toteutusratkaisuja. Kustan-nustarkkailua tehdään hankintojen ja työtehtävien osalta. Jos kustannusylytyksiä huomataan, niihin voidaan puuttua saman tien.

3.5 Jälkilaskenta

Jälkilaskennan avulla selvitetään, kuinka hyvin kohteen taloudellisessa suunnit-telussa onnistuttiin, lisäksi tarkistetaan määrät ja hinnat. Uusien hankkeiden laskentaa varten saadaan ajantasaista kustannustietoa.

Lopullista jälkilaskennan avulla saatua tietoa verrataan suunniteltuihin kustannuksiin. Urakan taloudellinen arviointi voi antaa viitteitä siitä missä menttiin viikaan ja voitaisiinko jatkossa miettiä vaihtoehtoisia toteutustapoja. Jälkilaskennasta saatu tieto on syytä dokumentoida, jotta se on käytettävissä seuraavan vastaavanlaisen urakkalaskennan tai toteutuksen aikana. (Enkovaara & Jeskanen 1994, 45.)

4 AIKATAULUSUUNNITTELU

Hankkeelle laaditaan ajallinen ohjaus. Sen avulla tuotanto saadaan toteutumaan suunnitellulla tavalla. Suunniteltuja tehtäviä ohjataan alkamaan ja loppumaan oikeaan suunniteltuun aikaan. Hankkeen kannalta on tärkeää tehdä aikatauluvalvontaa, jolloin työmaalla käynnissä olevia tehtäviä valvotaan ja verrataan niiden toteutumista vastaavaan aikatauluun. Jos työt eivät kulje aikataulun mukaisesti, voidaan tuotanto yrittää palauttaa sen mukaiseksi. (Kankainen & Sandvik 1993, 14.)

4.1 Yleisaikataulu

Alustava yleisaikataulu laaditaan jo tarjous- ja sopimusvaiheessa, kun tilaajan aikatauluvaatimukset ovat selvillä. Projektin valmisteluvaiheessa työtehtävät on määriteltävä tarkemmin ja niiden kesto on tunnettava. Silloin laaditaan lopullinen yleisaikataulu. Yleisaikataulun laatijoina ovat työpäällikkö, työsuunnittelija tai työmaainsinööri sekä vastaava työnjohtaja. Toteutusvaiheessa tehtäville laaditaan tarkempia aikatauluja. (Mäki & Koskenvesa 2007, 3.)

Aikataulua suunnitellaan hankkeen tavoitearvion pohjalta, ja se on työn toteutuksen malli. Suunnittelun kannalta merkittäviä selvitettäviä asioita ovat kokonaisrakennusaika, välitavoitteet, tekniset vaatimukset, tuotanto-olosuhteet, tuotantotekniset ratkaisut, työvoiman käyttö ja aliurakkana tehtävät työt. (Mäki & Koskenvesa 2007, 20.)

Aikataulu tarkistetaan ennen kuin se luovutetaan tilaajalle ja ennen kuin mitään lähdetään rakentamaan. Aikataulusta tarkistetaan, että tilaajan vaatimukset on otettu huomioon, aikataulumuoto on sopiva, osakohdejako ja suoritusjärjestys on kohteeseen oikea, tehtävien menekit ja työsaavutukset on mitoitettu järkevästi, aloitusedellytykset eli lähinnä töiden riippuvuussuhteet on tarkistettu, työ on sujuvaa ja työhön ei tule ylimääräisiä katkoksia, se on tahdistettua ja vapaiden työkohteiden riittävyys sekä resurssien määrä ja käytön jatkuvuus on otettu huomioon. (Siikanen & Kankainen 2004, 12.)

Yleisaikataulun toteutumista valvotaan. Valvonnan avulla hankitaan tietoa toteutuneesta tuotannosta ja siitä, onko se edennyt suunnitelmien mukaan. Raportointi työmaan johdolle on aiheellista silloin, kun valvonta osoittaa poikkeaman työn etenemisessä. (Kankainen & Sandvik 1993, 36.)

4.2 Työn kesto

Työn ajallisen keston määrittää sen laajuus. Työ kestoon vaikuttaa se, tehdäänkö työ mies- vai konetyönä. Työhön käytettävää aikaa voidaan kuvata suoritemäärällä, joka tarkoittaa määrällistä aikaansaannosta ja työsaavutuksella, joka on jossakin ajassa toteutettu suorite. Työryhmän koko vaikuttaa olennaisesti siihen, millaiseen työsaavutukseen pystytään eli mikä on tuotannonnopeus. Jos mitataan tiettyyn työhön menevää aikaa, puhutaan työmenekistä.

Työn ajalliseen suunnitteluun voidaan käyttää apuna erilaisia tiedostoja kuten RATU–työmenekkitiedostot. Yrityksen omia työaikatiedostoja tai työmaakokemusten kautta tulleita tietoja voidaan myös käyttää hyväksi.

4.3 Aikataulumuodot

Yleisimmin käytössä olevia aikataulumuotoja ovat jana-aikataulu, toimintaverkot, tuotantoaika-kaavio ja ajoitettu paikka-aikakaavio. Aikatauluna voidaan käyttää lisäksi tehtävälueiteloita, joissa näkyy tehtävälle varattu aika.

Jana-aikataulussa pystyakselilla luetellaan työmaan tehtävät ja vaaka-akselilla näkyy aika. Tehtävälle suunniteltu kesto ja ajankohta merkataan kalenteriosaan

piirrettynä janana. Välitavoitteet on mahdollisuus lisätä näkyviksi tiettyyn ajankohtaan tummempana erottavana viivana. Jana-aikataulussa ei pysty esittämään ajan ja paikan suhdetta, mutta tehtävät voidaan jakaa sijaintipaikan mukaan. Jana-aikataulun laadintaan voi käyttää esimerkiksi PlaNet-ohjelmaa, jota voidaan käyttää myös muunlaisten aikataulujen tekoon kuten paikka-aikakaavioon.

Toimintaverkon hahmottaminen on eräs tapa helpottaa aikataulusuunnittelua, se ei niinkään ole "aikataulu". Toimintaverkosta nähdään tehtävien riippuvuudet, ja jos aikatauluun tulee poikkeamia, nähdään poikkeaman vaikutukset välittömästi koko tuotantoketjussa. (Kankainen & Sandvik 1993, 11.)

Tuotantoaikakaaviossa tehtävän valmiusaste tai suoritemäärä on pystyakselina ja aika vaaka-akselina. Tehtävät kuvautuvat aikataulussa akselien suhteen 45 asteen kulmassa. Tuotantoaikakaaviosta nähdään tuotannonnopeus, se kuinka nopeasti tehtävä valmistuu, ja siksi se sopii hyvin työnajallisen toteutumisen valvonnan välineeksi. (Kankainen & Sandvik 1993, 11.)

Paikka-aikataulun pystyakseli kertoo, minne toiminta sijoittuu, esimerkiksi talonrakentamisessa paikat ovat kerrostalon kerroksia. Vaaka-akselilta on luettavissa työhön varattu aika. Paikka-aikataululla voidaan ennakoida ja todeta esimerkiksi ongelmia sen suhteen, työskenteleekö samassa paikassa liian paljon väkeä samaan aikaan. Kaluston tarvetta ja työryhmien siirtoa voidaan muunnella ennakoidusti, mikäli havaitaan aikataulullisia päällekkäisyyksiä. (Kankainen & Sandvik 1993)

5 TUOTANNONOHJAUS

Yrityksen tuotantoa ohjaamaan on kehitetty erilaisia toimintajärjestelmiä. Järjestelmässä kerrotaan kaikki tarvittava tieto tarjouksen laadinnasta, projektin valmistelusta ja toteutuksesta sekä sen päättämisestä. Projektinhallinta pitää sisälleen sen, mitä projektiin osallistuvan organisaation on syytä hallita. Yrityksen asiakkuushallinta ja myyntityö kuuluu myös osaksi toimintajärjestelmää.

Tarjousvaiheessa tehdään osa tuotantoa ohjaavista suunnitelmista, joita ovat työmaan tehtäväluettelo, määräluettelo, alustavat yleisaikataulu, henkilöstö-, kalusto- ja hankintasuunnitelmat sekä rakennusaluasuunnitelma. Tarjousvaiheessa tehdään hankkeen kustannusarvio, jonka pohjalta kohteesta tehdään tarjous. Jos päädytään sopimusneuvotteluihin ja niiden pohjalta urakkasopimukseen, alkaa hankkeen yleissuunnittelu eli projektin valmistelu.

Tuotannon ohjaamista varten projektin valmistelu aloitetaan suunnittelemalla tarkemmat aikataulut. Työmaan organisointi ja perustamiseen tarvittavat toimenpiteet mietitään valmiiksi. Tuotantoon osallistuvat henkilöt tekevät tarkennetut resurssi- ja hankintasuunnitelmat sekä muut tehtäväkohtaiset suunnitelmat. Kun toteutusvaihe alkaa, huolehditaan siitä, että tehtyjen suunnitelmien mukaan edetään. Toteutuksen aikana tehdään tarkempia viikkosuunnitelmia yleisaikataulun rinnalle sekä valvotaan aikataulua, kustannuksia ja hankintoja. Laatu ja turvallisuustekijät kulkevat suunnittelun ja ohjauksen välineinä koko projektin ajan. (Koski, H. 1998)

Last Planner -tuotannonohjausmenetelmä

Last Planner on tuotannonohjausmenetelmä, joka perustuu Lean Construction-ajatteluun eli tuotannon johtamisfilosofiaan. Lean pyrkii siihen, että turhat asiat eli hukat poistetaan ja näin pystytään parantamaan asiakastyytyväisyyttä sekä laatua, pienentämään kustannuksia, nopeuttamaan tuotantoa. Työmaalla havaittavia ”hukkia” voivat olla turhat odotukset, kuljetukset, siirrot tai ylimitoitettu kuorma-autojen tarve, henkilöstön luovuuden käyttämättömyys, varastoon tilatut liiat materiaalit ja aliurakoitsijaongelmat. (Koskela ym. 2004)

Perinteisen tuotannonohjausmenetelmän ongelmat ovat tulleet esille työmaalla työtehtävää aloittaessa tai tehtävän aikana ja tehtävä saattaa jopa kokonaan keskeytyä. Ongelmia kohdataan, jos tehtävän aloitukselle ei ole mietitty vaadittavia resursseja tarpeeksi ajoissa tai edellinen työvaihe on vielä kesken tai aliurakoitsija ei ole riittävästi perehtynyt sovittuun urakkaansa. Last Plannerilla pyritään estämään tuotannonkatkokset tai aikataulun hidastumiseen liittyvät

ongelmat. Tavoitteena on saada työt tehdyksi ajallaan ja halutunlaisesti tehtävän aloituksesta sen lopettamishetkeen josta seuraava työvaihe voi joustavasti alkaa. (Koskela ym. 2004)

Last Planner -prosessi lähtee käyntiin hankkeen pääaikataulusta, mietitään tehtävät, jotka pitäisi tehdä. Kun tehtävät, jotka pitäisi tehdä, ovat selvillä, tehdään erillinen työvaiheaikataulu. Tehtävät, jotka tullaan tekemään, kerätään valmistelevaa suunnittelua varten, ja tehtävät, jotka voidaan tehdä, otetaan pohdintaan viikkosuunnittelussa. Tehtävät, jotka päätetään tehdä, toteutetaan suunnitelmien mukaan. Tehdyistä tehtävistä otetaan oppia, menivät ne sitten huonosti tai hyvin, ja kerättyjä tietoja käytetään hyödyksi tehdessä samantyyppisiä tehtäväsuunnitelmia tulevaisuudessa. (Koskela ym. 2004)

Last Planner -suunnittelussa on pääaikataulu-, työvaiheaikataulu-, valmisteleva suunnittelu- ja viikkosuunnitteluvaiheet. Pääaikataulu kertoo päätyövaiheet, välitavoitteet ja esimerkiksi kriittisistä hankinnoista ja luvista. Työvaiheaikataulu lyhyemmissä projekteissa riittänee tehtäväksi kerran tai 2..4 kuukauden välein riippuen korjaustarpeista. Siinä otetaan huomioon töiden resurssit, kestot, vastuunjako ja osapuolten sitouttaminen esimerkiksi aliurakoitsijat. Valmisteleva suunnittelu tehdään 6 viikoksi, se on 6 viikon näkymä työvaiheaikataulusta ja sen tavoitteena on työn esteetön eteneminen, tunnistamalla mahdollisia häiriötekijöitä. Valmistelevaa suunnittelua eli 6-viikkoissuunnittelua tehdään tarvittaessa joka viikko järjestämällä palavereja, joihin osallistuu kaikki projektin osapuolet. Viikkosuunnitelman tulee olla sellainen, että tehtävät myöskin toteutuvat. Niitä ei oteta viikkosuunnitelmaan, jos niiden toteutumista ei voi luvata. Valmistelevaa suunnittelua tehdään, jotta viikkosuunnitelman mukaiset tehtävät päästään tekemään eli niiden aloitusedellytykset ovat kunnossa. Aloitusedellytykset varmistetaan sillä, että piirustukset, materiaalit, työntekijät, kalusto, tila, edeltävät työvaiheet ja olosuhteet ovat oikeat ja olemassa työn aloittamiselle. (Koskela ym. 2004)

6 MUSEOVIRASTON TOIMITILAHANKE

Rakennuskohteena oli Helsingissä sijaitsevien kiinteistöjen KOy Sturenkatu 2 A (ns. vanha oppilaitos) ja KOy Helsingin Kulttuuritalo Oy (ns. Kulttuuritalo) välinen tontti, johon rakennetaan uudisrakennus. Uudisrakentamisosa käsittää kolmikerroksisen, maanalaisen rakennuksen rakentamisen Museoviraston arkkitehti- ja kokoelmatiloille, sen liittämisen molempien tonttien kiinteistöihin, kiinteistöjä yhdistävän maanpäällisen, lämpimän yhdyskäytävän rakentamisen sekä ylimpiin maanalaisiin kerroksiin tulevien taloteknisten tilojen rakentamisen. Lisäksi oppilaitoksen eli Sturenkatu 2:ssa, olevan kiinteistön sisälle rakennetaan uudisrakennuksesta ulosjohtava poistumistieporras ja hissikuilu. Kuvassa 2 on kuva työmaalta ennen louhintaa ja kuvassa 3 louhinnan jälkeen.



Kuva 2 Ennen louhintaa. Vasemmalla kulttuuritalo ja oikealla oppilaitos, edessä näkyy Sturenkatu



Kuva 3 Louhinnan jälkeen.

Maanrakennus- ja louhintaurakkaan sisältyi Museoviraston toimitilahankkeen uudisrakennuksen ja sen ympäristön raivaus-, suojaus-, purku- ja tuentatyöt, maankaivu- ja louhintatyöt, kallion lujitus-, tiivistys-, injektointi- ja vahvistustyöt, sekä irtiporaus- ja sahaustyöt. Lisäksi urakkaan kuului myös Kulttuuritalosta poisjohtavan poistumistiesillan rakennustyöt, paikallavalutyöt ja muita kyseisiin työvaiheisiin liittyviä rakennusteknisiä ja taloteknisiä töitä.

6.1 Aikataulu

Urakka-aikaa oli 5,5 kuukautta. Urakkaohjelman mukaan urakoitsija sai aloittaa työt 27.4.2009, mutta rakennuslupien myöhästymisen vuoksi ne pystyttiin aloittamaan vasta toukokuun alussa. Maanrakennus ja louhintaurakan tuli olla luovutettavassa kunnossa 30.10.2009 mennessä. Tilaajan asetti urakalle sakolliset välitavoitteet, joita oli yhteensä kolme. Ensimmäiseksi välitavoitteeksi oli mää-

rätty aloittaa räjäytys- ja louhintatyöt viimeistään 1.6.2009, seuraavaksi Kulttuuritalon poistumistieputken tuli olla valmis 31.7.2009 ja viimeinen tavoite oli saada räjäytys- ja louhintatyöt tehdyiksi 28.9.2009 mennessä.

6.2 Työvaiheet

Urakkaan sisältyi seuraavat työt:

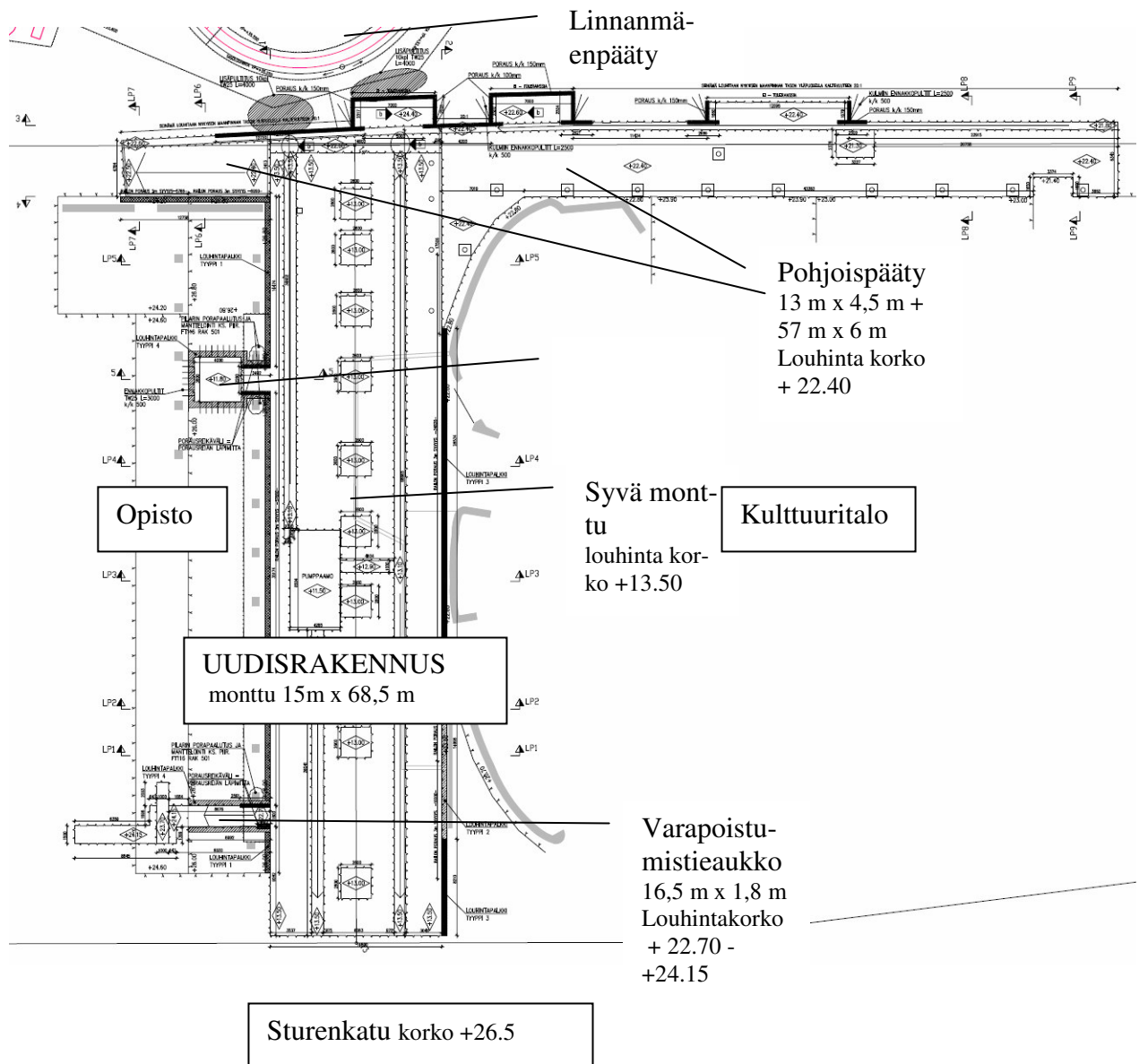
- Purkutyöt (rakenteet, rakennusosat)
- Raivaus
- Suojaus (Ikkunat, julkisivut)
- Työmaa-aita
- Pintamaan sekä asfaltin ja betonilaatan poisto
- Maankaivu
- Työnaikaiset tuennat
- poistumistiesilta (kulttuuritalo)
- Kallion irtiporaus
- Louhinta
 - Hissikuilu
 - Varapoistumistieaukko
 - Syvä monttu
 - Pohjois-osa
- Louhintapalkit
- Lujitustyöt
 - pultitus
 - injektointi
 - ruiskubetonointi
 - ankkurointi (Porapaalut)
- Alapohjan tasaus betonilla
- LVI-purku, siirto, asennus

Urakkaohjelman mukaan ennen louhintatöiden aloittamista tulee alueen raivaus-, purku-, tukemis- ja kaivutyöt olla suoritettut, viereisten rakennusten ja rakenteiden suojaukset tehty, ympäristökatselmukset ja tärinäsuojaukset tehty sekä

louhintakohteen välittömässä läheisyydessä olevien säilytettävien rakennusten suojaus, vahvistus- ja tuentatyöt sekä määritellyt esilujitus- ja injektointityöt tehdyt.

Tilaaajan vaatimuksena oli, että pääurakoitsija johtaa työmaata siten, että työmaalla saavutetaan eri osapuolten kannalta toimiva työjärjestys ja yhteisesti sovitut aikataululliset ja laadulliset tavoitteet. Työmaalla toimi maanrakennus- ja louhintaurakoitsijan kanssa samanaikaisesti myös viereisen rakennuksen purku-urakoitsija sekä tämän jälkeen muutaman kuukauden kuluttua korjausurakoitsija.

Työmaan eteläsivulle oli määrätty rakennettavaksi meluaita, josta ei ilman urakoitsijan erillistä toivomusta ollut kulkua kadulle. Pohjoissivultaan työmaata rajasi Linnanmäki, jonka maanpinnantaso on huomattavasti korkeamana. Rakennusalue on kooltaan 1475 m² niin kuin kuvasta 4 nähdään.



Kuva 4 Työmaa-alue (Pöllä 2009)

7 AIKATAULU- JA TEHTÄVÄSUUNNITTELUN VAIKUTUS KUSTANNUKSIIN

7.1 Aikataulusuunnittelu kohteessa

Työmaan yleisaikataulu laadittiin jana-aikataulun muotoon ja se tehtiin käyttäen PlaNet 6.1 -aikataulu- ja resurssisuunnitteluohjelmaa. Työmaalla aloitettiin purku-, suojaus-, aitaus- ja raivaustöillä aikataulun mukaisesti ja samanaikaisesti aloitettiin myös asfaltinpoisto sekä maankaivutyöt. Yleisaikataulu laadittiin niin,

että jo ensimmäisen viikon aikana työmaalla oli alkanut noin 35 % työvaiheista, ja tämän jälkeen lähes joka viikko alkoi jokin uusi työvaihe.

Työmaan aikataulusuunnittelussa huomioon otettavia seikkoja olivat louhinnan työvaihe, joka oli jatkuvaa lähes koko urakan ajan. Louhintatyöt aloitettiin 5 päivää ennen välitavoitteeksi määrättyä päivämäärää ja ne alkoivat 2 viikkoa työmaanaloituksesta. Kahden viikon aikana kaikkia suojuuksia ja purkutöitä ei tehty, sillä asia saatiin sovittua tilaajan kanssa.

Yleisaikataulu laadittiin niin, että siihen pyrittiin miettimään selkeät kokonaisuudet ja kokonaisuuksiin kuuluvia osatyövaiheita. Esimerkiksi oppilaitoksen sisäpuoliset työt jakautuivat aikataulussa hissikuilun betonointi-, injektointi- ja poraapaalutustöihin. Lisäksi hissikuilun louhinta oli jaettu aikataulullisesti 4 kerrokseen. Kaikkia osatyövaiheita ei otettu huomioon esimerkiksi purkutöiden osalta, kun taas joillekin työkokonaisuuksille oli tehty tarkempi aikataulu. Viikkoaikataulut tehtiin yleensä kahdeksi viikoksi kerrallaan ja ne tarkensivat yleisaikataulun työvaiheita.

Yleisaikatauluun oli suunniteltu tehtäväksi suojaus- ja aitaustöitä, ja niiden oli tarkoitus kestää 8 viikkoa. Suojaukset suunniteltiin tehtäväksi seinä seinältä ja niitä suojattiin sitä mukaa kuin louhinta eteni. Tämän vuoksi työryhmä joka teki suojuuksia, siirrettiin välillä muihin töihin. Yleisaikatauluun suojaukset ja aitaukset oli merkattu samaan kohtaan, sillä niissä käytettiin samaa työryhmää. Aitaa rakennettiin silloin, kun suojuuksia ei pystytty tekemään. Tilan ahtauden vuoksi tällainen työryhmän siirto paikasta toiseen oli välttämätöntä ja muiden töiden jatkumisen kannalta se vaikutti parhaimmalta vaihtoehdolta. Osa suojaus- ja aitaustöistä tehtiin vielä kahdeksan viikon jälkeenkin, joten yleisaikatauluun merkattu työnkesto ei toteutunut. Työmaan muiden työvaiheiden kannalta olisi suojaus- ja aitaustöiden saattaminen täysin valmiiksi ollut jossain määrin merkittävää. Työvaiheisiin ei olisi tarvinnut palata enää myöhemmin, koska silloin työmaalla oli paljon muitakin työvaiheita käynnissä.

Suunnitelmien mukaan louhinnat tuli suorittaa neljässä kuukaudessa ja louhittavaa oli noin 16 000 m³tr, mikä tarkoitti 4000 m³tr kuukautta kohti. Tämän li-

säksi tuli ottaa huomioon kaikki muut samanaikaisesti tehtävät työvaiheet, kuten irtiporauksen tai lujitustöiden eteneminen niin, että louhinta ei keskeydy. Yleisaikatauluun louhintatyön kestoon sisältyi pultitukset, sillä louhintaa pystyttiin jatkamaan vasta, kun ennakkopultitukset oli tehty.

Louhintaa tehtiin kerroksittain, sillä montulle tuli syvyyttä noin 13 metriä, maanpinnan tason ollessa +26,5. Kerroksien määrä ja koko riippui paikasta, sillä kiinteistöjen välisestä montusta tuli syvämpi kuin niiden takana louhittavasta tontin pohjoisesta alueesta. Yleisesti louhinta jaettiin aikataulussa kolmeen osioon, Linnanmäen pääty, syvä osa ja pohjois-osa. Hissikuilu ja varapoistumistieaukko olivat omina alueinaan louhinnan suhteen. Yhden kerroksen louhinnalle oli laskettu aikaa 10-25 päivää riippuen pengerkorkeudesta, joka vaihteli 2-4 metriin.

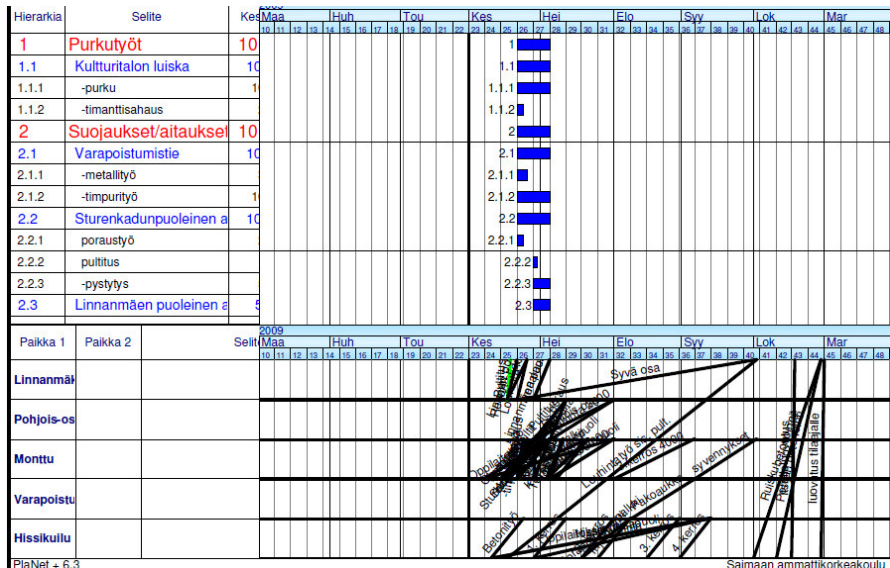
Kohteessa tehtiin irtiporausta yhteensä 375 m². Se suunniteltiin tehtäväksi opiston pitkälle seinälle sekä sen taakse ja Kulttuuritalon puoleiselle seinälle. Irtiporaukseen rakennusten kummallekin puolelle oli varattu aikaa 20 päivää puolta kohti. Poraus aloitettiin opiston puolelta, sillä kulttuuritalon puolella oli käynnissä kellarinpurkutyöt. Opiston puolella tehtiin porapaalutusta, joka hidastutti irtiporausta kolmella päivällä, mutta työnsuunnittelussa tähän oli varauduttu. Kaiken kaikkiaan opiston puoleiseen irtiporaukseen ei mennyt kuin 8 päivää, samalla tehtiin myös rakoreiät myöhempää louhintaa varten. Kulttuuritalon puoleinen irtiporaus alkoi suunnitelmallisessa ajassa, mutta se kesti 11 päivää ja lisätyö irtiporaus mukaan lukien yhteensä 13 päivää. Kulttuuritalon puolella jouduttiin hieman poikkeamaan suunnitellusta porauksen etenemisestä, sillä poravaunun puomi oli liian pitkä, kun porattiin varapoistumistiesillan eli vanhan kellarin katon alapuolella. Poravaunun puomi vaihdettiin, jolloin se mahtui katoksen alle. Irtiporausten yleisaikataulun mukainen aika ei toteutunut, vaan työ tehtiin nopeammin kuin oli suunniteltu. Irtiporauksessa olisi säästetty vielä enemmän aikaa, jos työ ei olisi estynyt missään vaiheessa.

Vanhan oppilaitoksen sisään louhittiin hissikuilu sekä varapoistumistieaukko, jotka sijoituivat rakennuksen eri päätyihin. Hissikuilun kokonaistoteutukselle oli laskettu aikaa 68 päivää. Hissikuilussa tehtiin montaa työvaihetta: lattian purku-

työtä, injektointia, betonipalkit, porapaalutusta, metallitöitä, pulttustusta ja louhinnan lopuksi verkotus, salaojitus ja ruiskubetonointi. Kaikki edellä mainitut oli laskettu hissikuilun kokonaiskestoajaksi. Työn alkamispäivämäärä ei kuitenkaan toteutunut vaan työt alkoivat noin viikon myöhässä. Hissikuilun louhinnat aloitettiin 7.9., vaikka niiden oli tarkoitus alkaa jo kesäkuun puolella. Viimeiset louhintatyöt tehtiin 8.10, jonka jälkeen sinne tehtiin vielä verkotusta, salaojitus ja ruiskubetonointia noin 2 viikkoa tämän jälkeen. Hissikuilun työt kestivät 90 päivää töiden aloituksesta niiden lopettamiseen asti. Louhintatyöt hissikuilussa kestivät 24 päivää.

Yleisaikataulussa varapoistumistieaukon töitä ei aluksi erikseen jaoteltu, vaikka siellä tapahtui merkittävästä muutakin kuin pelkästään louhintaa. Urakan aikana yleisaikataulua tarkennettiin ja työt jaettiin purkutöihin, tukipalkkeihin ja louhintaan. Aukolla tehtiin suojaus- ja purkutöitä, työnaikaisia tuentoja, betonivaluja sekä kiilausta. Kaiken kaikkiaan varapoistumistieaukon töiden on ollut määrä kestää 4 viikkoa. Aika ei kuitenkaan toteutunut, jos se lasketaan purkutöiden aloittamisesta viimeiseen kiilattuun kiveen asti. Tällaisessa hankalasti louhittavassa aukossa ei osattu varautua vanhojen rakenteiden sekä tilan ahtauden vuoksi riittävään ajalliseen suorittamiseen.

Yleisaikataulun jana-aikataulumuoto oli selkeä, työn aloitusajankohta selvisi janan sijoituksesta ja töiden kesto pituudesta sekä tärkeät välitavoitteet oli esitetty. Se mitä jana-aikataulusta ei ollut nähtävillä, liittyy töiden yhteensovittamiseen. Työvaiheet ja niihin sisältyvät työlajit olisivat voineet olla selkeämmin esillä. Muutettaessa jana-aikataulu paikka-aikakaavioksi ja jakamalla urakka-alue osakohteisiin, voidaan hyvin havainnollistaa työvaiheiden päällekkäisyyttä (kuva 5).



Kuva 5 Esimerkki jana- ja paikka-aikataulun eroista

Tehty osakohdejako ei kuitenkaan ole tarpeeksi tarkka, jotta tästä voitaisiin suoraan päätellä, että työvaiheet ovat toistensa tiellä. Töiden sijoittuminen samalle alueelle osoittaa lähinnä sen, että alueella tehtiin montaa työvaihetta samaan aikaan. Ne ei välttämättä olleet toistensa tiellä, mutta saattoivat aiheuttaa kohteeseen entistäkin ahtaammat työskentelyolosuhteet.

Tällaisissa kohteissa on usein ongelmana töiden ryhmittäminen samaan paikkaan, ja se vaikuttaa työskentelytehoon. Paikka-aikakaavio voisi olla käytännöllinen ratkaisu, jotta estettäisiin töiden ahtauminen työmaalla samaan nurkkaan. Mitä tarkemmin paikka-aikakaavio mallinen aikataulu tehtäisiin, sitä paremmin pystyttäisiin suunnittelemaan työryhmien ja koneiden sijoittamista. Aikataulun kireys ja työvaiheiden keskinäinen riippuvuus tulisi esille selkeämmin.

7.2 Tehtäväsuunnittelu esimerkkikohteessa

Tietuille työvaiheille, kuten louhinta, oli laadittu ennen töiden aloittamista työvaiheen työ- ja laatusuunnitelma. Tässä lomakkeessa oli hyvin osattu ottaa huomioon kaikki käytössä olevat resurssit, työvaiheen valmistavat vaiheet, työturvallisuus ja ympäristöasiat sekä se, kuinka työ suoritetaan.

Kohteen töiden järjestelyllä ja tehtäväsuunnittelulla pyrittiin siihen, että päästäisiin aloittamaan louhinta mahdollisimman aikaisin. Louhinta oli ikään kuin mää-

räivän tekijä töiden etenemisen kannalta. Työmaan muut työt keskitettiin sinne, missä louhintaa ei juuri silloin suoritettu, tai louhintaa tehtiin siellä, missä louhinnan etenemisen kannalta tärkeät muut työt eivät olleet tiellä, kuten kellarin-purkutyöt tai käynnissä oleva irtiporaus.

Työmaalla töitä tehdessä ja ongelmia kohdatessa asiat voivat kuitenkin muuttua työn toteutuksen suhteen, ja niin se muuttui monen työvaiheen osalta myös tässä hankkeessa.

7.2.1 Purkutyöt

Purettavia kohteita olivat Kulttuuritalon kellari, teräsbetoninen polttoainevarasto, tuhkanpoistokuilu ja varapoistumistieluukut, halkokuilu sekä teräsbetonimuuri.

Kulttuuritalon kellari ja sinne johtava ajoramppi määrättiin purettavaksi. Osa kellarin rakenteista tuli irrottaa ehjänä ja viedä säilytykseen kuten luonnonkivet, julkisivumuurausten tiilet, kuparipellitykset, mainoskaappi ja kulttuuritalon katoksen osa. Suunnitelmien mukaisesti säilytettävät osat dokumentoitiin ja numeroitiin myöhempiä takaisinasennusta varten.

Kellarin purku aloitettiin purkamalla ensiksi säilöön vietävät materiaalit. Tämän jälkeen kellarin sisällä tehtiin tuenta- sekä muut purkutyöt. Kellarin katon kannatinpalkkeja vasten tehtiin tuet, sillä osa katosta säilyi varapoistumistieputken kulkusiltana. Kun vinotuet oli tehty, pystyi timanttisahauksen aloittamaan kellarin katolla. Timanttisahauksen jälkeen kaivinkoneen hydraulisella vasaralla piikattiin irrotettu kellarin katoksen ja seinän osa.

Purkutöiden työsuunnittelu tehtiin noudattaen tilaajan vaatimuksia, sillä kyseessä oli rakennussuojelulailla suojellut rakennukset. Työhön perehdyttämisessä työntekijöiltä vaadittiin erityistä huolellisuutta purettavien rakennusosien suhteen. Mitään sellaista ei saanut purkaa, mitä ei ollut määrätty purettavaksi. Purkutyöt rakennusten ulkopuolella sujuivat suunnitelmien mukaan, rakennuksen sisällä tehdyt purkutyöt olivat ongelmallisempia työn toteutuksen suhteen, sillä vanhojen rakenteiden vuoksi purkusuunnitelmiin tuli muutoksia.

7.2.2 Louhinnoista yleisesti

Louhinnan työvaiheen työ- ja laatusuunnitelman lisäksi laadittiin räjäytys- ja louhintatyön yleis- ja turvallisuussuunnitelma sekä kenttäkohtaiset räjäytyssuunnitelmat. Yleissuunnitelmassa ensimmäisessä kohdassa kerrottiin tehtävän organisaatio eli räjäytystyönjohtaja, panostajat sekä porauksesta vastaava henkilö. Työmaan yleiskuvaus, tarvittavat luvat ja ilmoitukset, ympäristötekijät, ennakkosuunnittelu, räjäytystöistä varoittaminen ja varmistustoimenpiteet sekä poistumis- ja pelastautumissuunnitelma, käytettävien räjähdystarvikkeiden varastointi, muut työvaiheet ja työntekijöiden perehdyttäminen olivat kaikki kiitettävästi esillä kyseisessä suunnitelmassa.

Työnsuorittamisen kannalta tärkeitä huomioon otettavia asioita, jotka työsuunnitelmassakin mainitaan, ovat viranomaisten määräämät asiat, kuten meluluvan mukainen työskentely. Kohteessa sai tehdä meluavaa työtä kello 7.00 - 18.00, räjähdystöitä sai kuitenkin tehdä klo 07.00 - 21.00, viikonloppuisin töitä sai tehdä kello 10.00 -16.00 välisenä aikana. Myöhemmin melulupaun haettiin muutosta tekemällä melumittaus, jonka jälkeen työmaalla oli meluluvan mukaisesti mahdollista porata iltayhdeksään asti.

Louhintasuunnitelman mukaan edettiin kenttä kerrallaan tietyssä järjestyksessä. Syvän montun puolella tarkoituksena oli louhia yksi kerros kerrallaan ja näin myös tehtiin, mutta välillä siirryttiin myös kulttuuritalon sekä opiston taakse. Tarkoituksena oli saada louhinnat täysin valmiiksi kulttuuritalon sekä opiston takaa, jotta sinne ei tarvitsisi palata uudestaan, sillä kulttuuritalon takapihan kautta suoritettiin louheen ajo eikä tämä saanut estyä enää sen jälkeen, kun muuta reittiä louheen ajoon ei ollut. Sturenkadun pääty oli määrätty suljettavaksi 5 metriä korkealla äänieristetyllä aidalla, joka olisi estänyt sieltä kulkemisen kuorma-autoilla. Aitaa ei kuitenkaan tehty täysin suljetuksi kuin vasta elokuun puolella. Louheen ajo kahta reittiä pitkin mahdollisti louheen kuljetuksen pois työmaalta nopeammin, ja sen vuoksi pystyttiin siirtymään louhinnoissa eteenpäin aikaa tuhlaamatta.

Töiden etenemistä suunniteltiin ja seurattiin. Työmaalla järjestettiin palavereja, joissa työvaiheen etenemiselle mietittiin uusi toteutustapa, jos aikaisemmin mietitty ja suunnitelmien mukainen toteuttaminen ei onnistunut. Työt estyivät tai jäivät kesken syystä tai toisesta, vaikka ennakoitua pyrittiin tekemään. Kaikkiin tuotannon ongelmiin ei osattu varautua. Vaikka ne olivat ongelmina pieniä, ne saattoivat olla merkittäviä työn etenemisen kannalta.

Työmaalla oli paljon kalustoa, niin kuin kuvasta 6 on nähtävissä, ja ahtaat olosuhteet hankaloittivat töiden järjestelyä suunnitelmien mukaisiksi. Tällaiset tuotannon ongelmat olivat seikkoja, jotka vaikuttivat louhinnan etenemiseen, koska louhinta jouduttiin suorittamaan pienissä osissa kerrallaan. Louhinnan jatkumisen kannalta tarvittavat resurssit olivat olemassa, mutta työvaiheen aloituksen kannalta ei kaikkia riippuvuustekijöitä otettu huomioon. Olosuhderiippuvuustekijät vaikuttavat tällaisessa kohteessa hyvin merkityksellisiltä.



Kuva 6 Ahtaat olosuhteet

Edellisiä työvaiheita oli mietitty työsuunnitelmissa ja niissä mainittiin muun muassa seuraavia kohtia: tarvittavat suojaukset, mittaukset, maankaivut, kalliopinnan puhdistus tulee olla tehty, työmaan-alue käyttösuunnitelmat ja ajojärjestelyt mietitty sekä kiinteistöjen katselmukset tehty ja tärinämittarit asennettu, louhinnoista ilmoitettu viranomaisille sekä työntekijät perehdytetty ja varottavat kohteet huomioitu. Louhinnan työsuunnitelmassa olisi lisäksi voinut olla maininta työmaan olosuhteiden varmistamisesta, kuten tarvittavasta vapaasta tilasta, jotta työ päästään varmasti toteuttamaan.

7.2.3 Hissikuilun työt

Hissikuilun työt lähtivät suunnitelmallisesti käyntiin lattianpurkutöistä, jonka jälkeen kalliopinnan esille tultua isommat kivet kiilattiin ja poistettiin ja injektointityö aloitettiin. Suunnitelmien mukaiset alapohjan ja seinän tuennat porapaalutukseen tehtiin ja tulevan hissikuilun ympärille valettiin betonipalkit. Hissikuilun ja montun välisen seinän huomattiin rakenteiltaan olevan hieman erilainen kuin odotettiin. Uusien suunnitelmien valmistuttua oli tarkoitus puhkaista ulkoseinään aukko, kunnes huomattiin, että seinän sisäpuolella olevassa tiiliverhouksessa oli katosta lattiaan asti oleva railo. Tiilet olisivat tulleet alas, jos seinää olisi käyty piikkaamaan. Tiiliverhoukseen tehtiin betonipaikkaus, mikä omalta osaltaan myöhästytti hissikuilun louhintojen aloittamista, mutta tämä johtui urakoitsijasta riippumattomista syistä. Töiden jatkuvan etenemisen kannalta olisi työsuunnitelmissa voinut olla maininta vanhojen rakenteiden tarkistamisesta, ja se olisi kuulunut työn valmistavaan vaiheeseen.

Hissikuilun louhinnoista ei tehty erillistä työvaiheensuunnitelmaa. Monet yleisai-kataulun aloituspäivämääristä ei toteutuneet hissikuilun osalta. Syvän osan louhinta eteni nopeammin kuin hissikuilun louhinta, mikä tuotti vaikeuksia hissikuilussa muun muassa suunnitellun kentän poraamiseen tai räjäytettävän kentän peittämiseen. Samaan aikaan tuli ottaa huomioon hissikuilun ulkopuolelta työkoneiden vaatima tila. Työmaalla saattoi lisäksi olla käynnissä louheen kuormaus ja kuljetus, mikä tietenkin hidastutti esimerkiksi räjäytettävän kentän peittämistä.

Hissikuilun louhinta suunniteltiin tehtäväksi useamassa kerroksessa, sillä hissi-
kuilun kokonaissyvyys oli noin 14,5 metriä. Ensimmäisen kerroksen louhinta
onnistui hyvin, mutta seuraavan kerroksen kohdalla kohdattiin ongelmia. Kallion
rakoilusuunnat kulkivat niin, että vaikka louhittiin suunnitelmien mukaan, kallio
ryösti porapaalujen kohdalta, niin kuin kuvasta 7 nähdään. Porapaalut tulivat
esiin ja niiden tukemiseen tarvittiin suunnitelma. Ennen lujitustöiden tekemistä
ei saanut louhintatöitä jatkaa. Tämä viivästytti louhintojen jatkumista hissi-
kuilussa ja aiheutti muun muassa sen, että syvän montun louhinnat kulkivat jo liikaa
edellä hissi-kuilusta.



Kuva 7 Louhittu hissi-kuilu (Porapaalutuennat reunoilla)

Hissikuilun töiden etenemisen kannalta olisi ollut tärkeää ennakoida, jolloin olisi
ollut jo valmiit suunnitelmat ongelmien kohtaamiseen. Resursseja oli työmaalla
tarpeeksi saatavilla monenlaisten ongelmien väistämiseen. Ruiskubetonointi
onnistui tehtäväksi lähes saman tien, oman porakaluston käyttöön oli varaudut-
tu koko työmaan keston ajaksi, työmiehiä saatiin heti paikalle, kun heitä tarvit-
tiin. Aikaa veivät juotos- ja ruiskubetonin kuivumisajat sekä uusien suunnitelmi-
en odottaminen.

7.2.4 Varapoistumistieaukko

Varapoistumistieaukon työt aloitettiin lattian purkamisella, lisäksi aukolle tuli kaksi porrastuentaa sekä yksi ulkoseinän tuenta. Näissäkin tuentatöissä kohdatiin vanhojen rakenteiden vuoksi uusia suunnitelmia vaativia tilanteita.

Varapoistumistieaukolla työskentelytilat olivat vieläkin ahtaammat ja sielläkin louhinta kulki jäljessä syvän montun louhinnoista. Varapoistumistieaukolla työskentelyä olisi helpottanut tarkempi resurssisuunnittelu. Ahtaissa tiloissa työskenneltäessä tarvittaisiin omat koneet, laitteet ja tarvikkeet, jotta työ olisi mahdollisimman turvallista ja sujuvaa.

Turvallinen työskentely sekä muiden töiden samanaikaisuus tuli ottaa huomioon, sillä varapoistumistieaukko oli hieman yli 9 metriä ylempänä kuin syvän montun pohja, jossa työskenteli samanaikaisesti ihmisiä ja koneita. Louheen pudottaminen aukolta onnistui vain silloin, kun syvässä montussa ei aukon välittömässä läheisyydessä työskennelty. Räjätystyöt täytyi suunnitella tehtäväksi eri aikaan kuin syvän montun räjäytykset, mikäli räjäytettävä kenttä oli suoraan aukon alapuolella. Vaikka louhetta ei pudotettu alas aukolta, oli vaarana, että sitä putosi sieltä joka tapauksessa aina, kun siellä työskenneltiin. Tämä oli turvallisuuden kannalta huomioon otettava asia.

Varapoistumistieaukon louhinnan kesto pitkittyi, sillä turvallisuusasioiden lisäksi, aukolla olevan louheen alas pudottaminen oli hidasta ja työlästä käytössä olevalla kalustolla. Tämä hidastutti seuraavan kerroksen louhintaa. Aukon tyhjentäminen ulkokautta olisi voinut nopeuttaa työskentelyä. Räjäytettävän kentän peittäminen vei kauan aikaa, sillä räjäytysmatot eivät mahtuneet sisään aukosta. Peittäminen oli hankalaa, sillä kone ei päässyt työskentelemään riittävän lähelle aukkoa. Louhetta oli ajettu liikaa pois työmaalta, josta olisi saanut rakennettua penkan koneelle. Monet asiat eivät tulleet esille ennen kuin työtä tehtiessä.

Työsuunnitelman ja tarkennetun aikataulun tekeminen varapoistumistieaukolle olisi auttanut ennakoimaan työmäärää, kestoja ja siellä tarvittavia resursseja

sekä niiden hankkimista oikeaan aikaan oikeaan paikkaan. Last Planner- menetelmällä työsuunnittelu olisi voitu hoitaa 6 viikkoa aikaisemmin, jolloin moni asia olisi voitu ennakoida. Päivät, jolloin varapoistumistieaukon alapuolella olisi työskennelty, päivät, jolloin räjäyttäminen aukolla olisi ollut mahdollista, ja päivät, jolloin mitään ei olisi voitu tehdä aukolla, olisivat olleet jo etukäteen selvillä. Suunnitteleamalla asiat 6 viikkoa aikaisemmin, olisi voitu päästä siihen, että louhintapaikka on vapaa ja sinne pääsee työskentelemään. Ilman tarkennettua aikataulua ja suunnittelua jouduttiin siihen, että huomattiin lattian olevan purettu vain osittain ja varsinaista suunnitelmaa, jossa eritöiden kestotkin olisi huomioitu, ei ollut. Olennaisinta olisi ollut arvioida aukon tyhjennykseen, poraukseen, panostukseen ja kentän peittämiseen menevä aika.

7.2.5 Ruiskubetonointi

Päiväkirjamerkinnöistä huomaa, että työvaiheet jäivät usein kesken ja joitakin työvaiheita jatkettiin päivien tai jopa useiden viikkojen jälkeen siitä kun ne oli aloitettu. Eräs huomattava muutos liittyi ruiskubetonointiin. Sen oli tarkoitus alkaa yleisaikataulun mukaisesti vasta lokakuun alussa, mutta se aloitettiin kuitenkin jo heinäkuun alussa. Yleisaikatauluun muutos tehtiin näkyväksi vasta elokuussa, jolloin se merkattiin jatkuvaksi työvaiheeksi lokakuun toiseksi viimeiselle viikolle asti.

Suunnitelmana oli ruiskubetonoida viikonloppuisin sekä arkena siellä, missä ei työskennelty. Ruiskuttaminen olisi seurannut louhintoja, ja tällöin mitään apuvälineitä kuten henkilönostimia ei tarvittu, sillä työn tekeminen oli mahdollista maasta käsin. Heinäkuussa sääolosuhteet olivat ihanteelliset ruiskubetonointiin, kun taas myöhemmin syksyllä sateet ja pakkanen hankaloittivat ruiskutusta. Ruiskubetonointia pystyttiin aluksi tekemään niin kuin oli suunniteltu. Ajatuksena ruiskuttamisen aikaistaminen sää-olosuhteidenkin puolesta toimi, mutta mitä enemmän ruiskutettiin ja louhittiin samaan aikaan, sitä enemmän ne olivat toistensa tiellä.

Ruiskubetonointi olisi voitu suunnitella kustannustenkin kannalta tehtäväksi louhintojen etenemisen mukaiseksi. Kun olisi ruiskubetonoitu yksi kerros kerrallaan

ja keskitetty kaikki muu toiminta silloin toisaalle, olisi ruiskuttaminen sekä louhinta voinut olla kustannustehokkaampaa. Tehtäväsuunnittelua miettiessä ja tällaisessa kohteessa, jossa ruiskubetonoidaan kaikki yli 2 metriä korkeat kallioseinämät, joita on yhteensä 2600 m², voitaisiin suunnitella selkeä työjärjestys. Esimerkko kohteessa ruiskubetonointi tehtiin sieltä, missä se oli mahdollista ja sitä tehtiin välillä hyvin pieniä osia kerrallaan.

Ruiskubetonoinnin ja louhinnan suorittaminen samanaikaisesti ei onnistunut. Jotta se olisi saatu onnistumaan, olisi turvaetäisyyden pitänyt olla riittävä. Ruiskubetonointi vaati tilaa alleen, sillä ruiskuttaessa betonimassaa, on työskentely tämän välittömässä läheisyydessä vaarallista. Laitteet, letkut, työskentelyalueet ja -alustat, kuten henkilönostimet, tuli ottaa huomioon eri työmaan toimintoja suunniteltaessa. Räjätettävää kenttää panostettaessa täytyi panostusryhmälle, kumimatoille ja kaivinkoneelle varata riittävästä tilaa. Louheen lastaus ja kuljetus, poraaminen, pultitus ja lisäksi purku ja suojaustyöt kaikki saattoivat olla vielä samanaikaisesti edellä mainittujen työvaiheiden lisäksi käynnissä.

Suunniteltaessa ruiskubetonointia johonkin kohtaa tontilla täytyy suunnittelussa ottaa huomioon monen monta seikkaa. Työskentelyn sujuvan jatkumisen kannalta tulee miettiä työvaiheet ennen ruiskutusta ja sen jälkeen. Ruiskutuspaikasta riippuen, on syytä varautua ennen ruiskuttamista ympärillä olevien rakenteiden ja muiden kohteiden suojaamiseen, esimerkiksi porattujen reikien peittämiseen sekä ruiskuttamisen jälkeiseen siivoukseen, sillä ruiskuttaessa syntyy runsaastikin hukkaröiskettä. Aikataulussakin olisi hyvä ottaa huomioon esi- ja jälkitöiden vaatima aika, lisäksi myös muitakin pelivaroja, sillä ruiskuttamisessa aikaa vaativat myös ruiskutusmassan toimitusajat ja työskentelypaikassa työskenneltävyys. Työskentely voi tapahtua esimerkiksi henkilönostimesta, jolloin nostimen siirtoihin kuluu aikaa.

7.2.6 Pultitus

Kohteeseen oli määrätty tehtäväksi ennakkopultituksia ja systeemipultituksia suuri määrä ja niitä tekemään valittiin työryhmä. Työnjohtajan tehtävänä oli osoittaa työryhmälle paikka, jonne ennakkopultitukset tehtiin ja missä järjestyk-

sessä ne tehtiin. Pultituksen työvaihe oli selkeä kokonaisuus, porattiin reikä ja valmistettiin juotosmassa sementistä, hiekasta ja vedestä tietyin suhteutuksin. Työryhmässä yksi puhalsi tarvittaessa poratut reiät puhtaiksi, toinen valmisti juotosmassan ja asensi pultin reikään. Työryhmään kuuluva henkilö tai työjohto merkitsi toteutuneet pultitukset työmaan piirustuksiin ja kirjasi pultitukset tehdyiksi pultituspöytäkirjaan.

Yleisesti pultitus sujui niin kuin suunniteltiin, tehtäväkokonaisuus oli selkeä ja sitä tekemään oli valittu ammattitaitoinen työryhmä. Pienimuotoisen ohjauspalaverin järjestäminen, jopa ammattitaitoisille työntekijöille, selkeyttäisi työntekijöiden mielikuvaa tehtävästä työstä. Usein oletetaan heidän osaavan tehdä työn vaaditunlaisesti, ja se voi hankaloittaa työkuviota. Seurauksena voi olla työntekijöiden epävarmuuden aiheuttama työnaloittamisen vaikeus, kuten juotosmassan valmistaminen, pultin pituus tietyssä paikassa tai pultitusreikien sijainti. Palaverissa pultitustyö pultituspiirustuksineen olisi voitu käydä nopeasti läpi, pulttireikiä porannut porari olisi voitu ottaa palaveriin mukaan ja työnjohtajalta olisi ollut tilaisuus esittää kysymyksiä.

7.3 Resurssit

Työmaan työntekijöiden keskivahvuus vaihteli. Työnjohtajat pois lukien toukokuussa rakennusmiesten ja rakennusammattimiesten keskivahvuus oli 7, kesä- ja heinäkuussa 18, elokuussa 17, syyskuussa 13 ja lokakuussa enää vain 11 miestä. Rakennusmiehet ja – ammattilaiset tulivat aliurakoitsijoilta tai olivat pääurakoitsijan omia työntekijöitä. Työnjohtajien määrä vaihteli 2 - 4, kiireisimpään aikaan eli kesäkuusta elokuulle oli 4 työnjohtajaa räjäytystyönjohtaja mukaan lukien.

Kuorma-autoja toukokuussa oli keskimäärin käytössä 3 kappaletta, jolloin louhetta/maata ajettiin yhteensä 13 päivänä, kesäkuussa louheen- ja maanajopäiviä oli 20 ja joinakin päivinä kuorma-autoja oli 8 ajossa, mutta keskimääräisesti niitä oli 4 kappaletta. Heinä- ja elokuussa autojen määrä vaihteli 1 - 9 ja keskimääräisesti niitä oli 5 kappaletta. Syyskuussa louhetta ajettiin 19 päivää ja kuorma-autojen keskimäärä oli 7.

Louhintojen resurssisuunnittelun mukaan työmaalla varauduttiin 1-3 poravaunuun (kuva 8), 1 - 3 panostajaan sekä kaivinkoneeseen ja riittävään määrään kumimattoja. Poravaunuista yksi teki irtiporausta, toinen porasi kenttäreikiä ja kolmas pienempi vaunu porasi kenttäreikien lisäksi pulttireikiä. Alussa panostajat panostivat samaa kenttää, sillä rakoreikien panostaminen oli aikaa vievää. Louhintapaikkojen lisääntyessä jakauduttiin erilleen ja muun muassa hissikuilussa tai varapoistumisaukolla työskenteli vain yksi panostaja. Panostajat työskentelivät välillä myös kahdessa vuorossa.



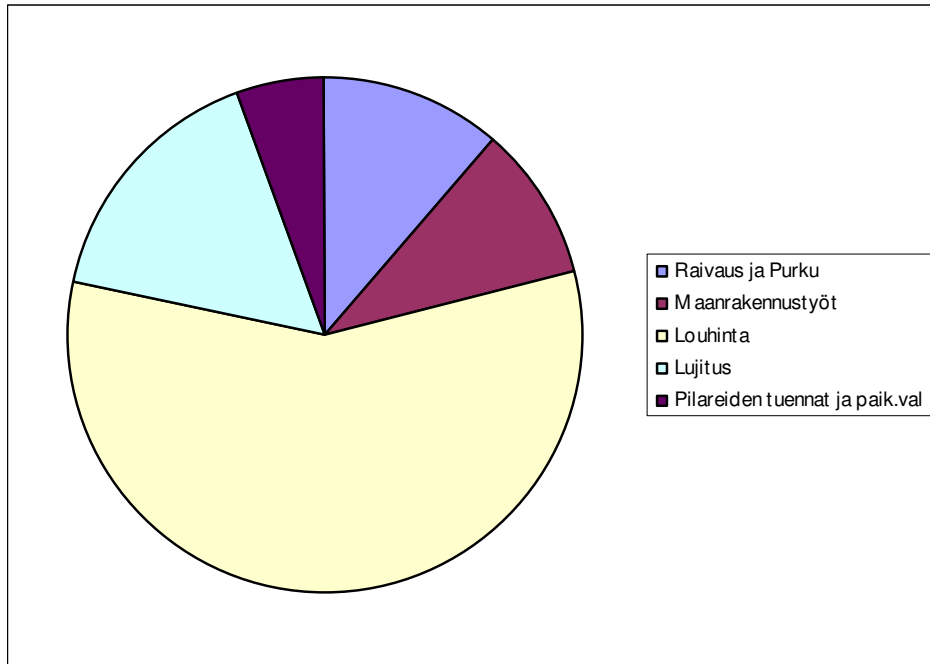
Kuva 8 Louhintatyöt käynnissä

Ruiskubetonoinnin suorittamiseen resurssit olivat erinomaiset, ruiskubetonointilaitteet sekä kompressori olivat työmaan käytössä koko ajan. Ruiskubetonointilaitteeseen tilattiin eniten käytössä kuluvia osia jo etukäteen. Myös useita kymmeniä metrejä letkua tilattiin lisää, jotta ruiskubetonointilaitte pystyttiin sijoittamaan kauemmas ruiskutettavasta kohteesta. Betonitehtaalta tilaukset onnistuivat tilatuksi lähes juuri sille päivälle, kun ruiskutusta oli tarkoitus tehdä. Kuivamassan purku tapahtui siiloon, jonka sai vuokrattua koko työmaan ajaksi betonitehtaalta. Rakennusmiehiä oli saatavilla ja heitä koulutettiin ruiskuttamiseen.

Kaivinkoneita ja muita työkoneita oli riittävästi tarjolla koko työmaan ajan. Parhaimmillaan työmaalla työskenteli kolme kaivinkonetta samanaikaisesti.

7.4 Kustannussuunnittelu

Työmaan työkustannukset suunniteltiin jakautuvan oheisen ympyräkaavion (kaavio 7.1) mukaisesti.



Kuvio 1 Työkustannusten jakauma (Louhinta 57%, Lujitus 16%, Raivaus ja purku 11%, Maanrakennus 10%, Pilareiden tuennat ja paikalla valutyöt 6 %)

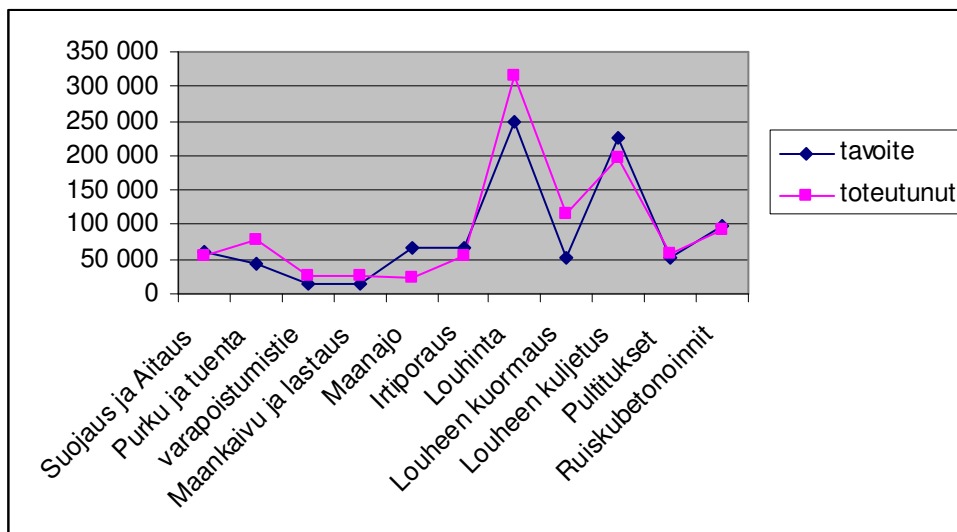
Kustannusseuranta tehtiin jakamalla työt suuremmiksi kokonaisuuksiksi. Louhinnan kustannuksiin kuului panostus, poraus, räjähteet, louheen siirto eli kuljetus ja kuormaustyöt, lisäksi irtiporaus, hissikuilun ja varapoistumistien louhinnat. Kaiken kaikkiaan louhintojen kustannukset oli suunniteltu olevan 57 % työkustannuksista.

Lujitustöihin kuului pultitus, ruiskubetonointi ja hissikuilun injektointi ja ne olivat 16 % suunnitelluista kustannuksista. Raivaus ja purkutyöt pitivät sisällään lisäksi myös tuenta-, aitaus- ja suojaustyöt sekä kulttuuritalon työnaikaisen varapoistumistienrakentamisen. Pilareiden tuentoihin ja paikalla valutyöihin kuului poraupalutukset, timanttioraukset, louhitun pohjan tasaus ja kallistusbetonointi sekä louhintapalkit.

Työmaan suunnitellut kustannukset eivät toteutuneet arvioiden mukaisesti, työkustannukset olivat 27 % suuremmat ja yhteiskustannukset 44 %.

7.4.1 Suunnittelun vaikutus hankkeen tulokseen

Kustannusylityksiä kohdattiin lähes jokaisen urakkaan sisältyvän työn kohdalla. Työkustannukset eroteltiin selkeisiin kokonaisuuksiin, joita pystyttiin vertaamaan tavoitearvioihin.



Kuvio 2 Toteutuneet ja tavoitteelliset kustannukset

Työkustannukset (kuvio 2) jaettiin muun muassa näihin selkeisiin kokonaisuuksiin:

- Suojaus ja aitaus
- Purku ja tuenta
- Kulttuuritalon varapoistumistiesilta
- Maankaivu ja lastaus
- Maanajo
- Irtiporaus (375 m²)
- Louhinta
- Louheen kuormaus
- Louheen kuljetus
- pultitus

- Ruiskubetonointi

Suojauksia tehtiin ulkoseiniin, ikkunoihin ja rakennuksesta purkutyön jäljiltä jääneisiin aukkoihin. Aitaustyöt rajoittuivat lähinnä tontin pohjoispuolelle sekä Sturenkadun päätyyn. Suojaus ja aitaustöillä ei varsinaisesti ollut riippuvuussuhteita muihin töihin; suojauksista osa pystyttiin tekemään vasta, kun purkutyöt oli tehty. Sturenkadun aitaakaan ei rakennettu valmiiksi kivenajon vuoksi. Vaikka aitaus ja suojaus työt eivät valmistuneet täysin ajallaan, kustannussuunnittelu oli onnistunut. Kustannuksiin vaikuttaneiden tekijöiden kuten materiaalien ja rakennusmiesten hinnat, olivat kohdallaan sekä arvioidut määrät ja työtunnit toteutuivat kustannussuunnittelun mukaisesti.

Purku- sekä tuentatyöt tehtiin aliurakkana. Purku-urakkaan kuului muun muassa sulkulaattojen timanttisahaukset, kulttuuritalon kellarin purkutyö, pihalla olevan polttoainevaraston, tuhkanpoistokuilun ja halkokuilun purku sekä 45 metriä pitkän teräsbetonitukimuurin purku. Oppilaitoksen sisäpuoliset purkutyöt tehtiin osaksi aliurakoitsijan urakkatyönä sekä omilla rakennusmiehillä teetettynä työnä. Kustannukset ylittyivät tavoitteesta arviolta kaksinkertaisesti.

Kustannusarviot tehtiin yhden purkukohteen arvioina esimerkiksi halkokuilun tai varapoistumistieluukun sahaustyö, jolloin sahaukselle oli laskettu metrihinta. Työ tehtiin kuitenkin urakka-työnä ja aliurakoitsija tarjosi työn tehtäväksi tietyllä urakkasummalla. Purkuöiden osalta olisi voitu tehdä tarkempi tehtäväsuunnittelu, jonka avulla työkustannukset olisi tulleet selville. Tehtäväsuunnitelman myötä, olisi esille voinut nousta se, tuleeko halvemmaksi tehdä purkutyöt omia rakennusmiehiä käyttäen vai aliurakkatyönä. Jos työ päätetään tehdä aliurakoitsijaa käyttäen, tulee tavoitearviota verrata saatuihin tarjouksiin ja tarjouksista tärkeintä on huomioida se, mitä ne pitävät sisällään.

Irtiporauksen kustannukset toteutui suunnitellusti. Irtiporaukselle laskettiin yksikköhinta yhtä irtiporattua neliötä kohden. Työ onnistui suunnitelmien mukaan ja kustannustavoitteissa pysyttiin. Aliurakoitsijan käyttäminen tässä työvaiheessa oli onnistunut valinta. Aliurakoitsijalta löytyi oikeanlainen kalusto työnsuorit-

tamiseen ja ammattitaitoiset työntekijät. Vaikka irtiporaus ei edennyt ongelmitta, aliurakoitsijalta löytyi ratkaisu, joka toimi pääurakoitsijan kannalta onnistuneesti.

Louhinnan jälkilaskennassa kustannuksiin laskettiin mukaan poraus, panostajat, räjähteet sekä kiilaus ja hydraulinen vasarointi. Lisäksi siihen laskettiin kallio-pinnan puhdistukseen ja räjäytettävän kentän peittämiseen kuluneita kaivinkonetunteja. Louhinnan kustannusarviossa kustannukset jaoteltiin louhittavaan määrään, jota oli yhteensä 16 000 m³ktr ja pienempiin kokonaisuuksiin: rakorei-ät, rusnaus, kanaalit, pumppaamo, pakoaukko ja hissikuilun louhinta. Edellä mainituille annettiin tietyt yksikköhinnat, joiden mukaan kokonaishinta määräytyi. Hankalimmille kohteille eli hissikuilulle ja pakoaukolle laskettiin tietenkin korkeammat yksikköhinnat. Lopullinen louhinnan tulos kertoo, että louhinta tehtiin 1,29 kertaa korkeammalla yksikköhinnalla kuin louhinnan keskimääräiseksi yksikköhinnaksi arvioitiin.

Tarkastelemalla eri kohteiden, kuten varapoistumistieaukon ja hissikuilun louhintamäärää ja toteutusaikaa, voidaan kustannuksia arvioida karkeasti. Hissikuilussa oli louhittavaa 303 m³ktr ja louhintatyö suoritettiin 24 päivässä, yleisaikataulussa louhinta-aikaa oli varattu 55 päivää. Hissikuilun yhden kerroksen poraamiseen meni 1 - 2 päivään samoin panostukseen. Poraus ja panostus ei ollut mahdollista samaan aikaan. Jos 24 päivää, jotka hissikuilun louhimiseen meni, jaetaan niin, että 12 päivää poraustyötä ja 12 päivää panostusta, saadaan helposti laskettua hissikuilun panostus ja porauskustannukset esimerkiksi niiden tuntihinnoilla, metrityönä tehty poraus voi nostaa porauskustannuksia. Kun laskelmiin lisätään räjähdysaineet ja kentän peittämiseen menneet kaivinkonetunnit, saadaan todellinen hissikuilun louhintahinta yhtä kuutiota kohden. Aikataullisesti hissikuilun louhinta tehtiin kohtuullisessa ajassa. Kustannukset porauksen ja panostuksen suhteen olivat onnistuneet, vaikka räjäytettävän kentän peittämiseen meni ylimääräisiä panostajan ja kaivinkoneen tunteja. Jos syvän montun louhinta olisi kulkenut vain muutaman metrin alempana kuin hissikuilun, työ olisi voitu tehdä kustannusten kannalta tehokkaammin.

Hissikuilun kokonaiskesto muuttui 68 päivästä 90 päivään. Louhintojen osalta työt eivät viivästyneet, ja syitä viivästymiseen on syytä etsiä muista hissikuilun työvaiheista.

Louhintojen kokonaiskustannusten nousuun vaikuttaneet tekijät ovat voineet olla esimerkiksi louhintaympäristön asettamat rajoitukset, aikataulu ja työn suunnittelu, mutta on mahdollista, että työn kustannusarvio ei ole toteutunut, koska kustannusarviossa ei ole otettu kaikkia työlajeja huomioon.

Louhinnassa käytettiin tiettyä työjärjestystä, joka oli pakollista töiden etenemisen vuoksi. Ensin louhittiin se, mikä oli louhittavissa ja sitten kuormattiin ja porattiin uudelleen tai sitten kuormattiin ja louhittiin samaan aikaan, toki ottaen huomioon turvaetäisyys. Louhintojen ja louheen ajoa varten tehty tarkempi aikataulu olisi ollut tärkeä työkalu ja louhintatyön järjestelmällisyys olisi selkeytynyt. Työn toteutuksen suhteen, avolouhintakohde olisi voitu ajatella osittain maanalaisena louhintana. Louhintatyöt alkoivat avolouhintatyömaan tapaan ja työt sujui suunnitelmallisesti, mutta mentäessä neljän kallioseinämän sisään, muuttivat tilat ahtaiksi ja hankalakulkuisiksi. Tehtäväketjun olisi voitu ajatella etenevän niin kuin tunnelilouhinnoissa edetään: kalliopinnan puhdistus ja poraus, panostus ja peittäminen, räjäytys ja lopuksi louheen kuormaus. Olisiko kustannuksiin voinut vaikuttaa edeten ja soveltaen edellä mainittua tehtäväketjua? Tunnelilouhinnoissa tarvittavaa tuuletusvaihetta ei tarvittu, avonaisen ”katon” vuoksi, ja kuormaus päästiin aloittamaan heti räjäytyksen jälkeen. Poraus olisi aloitettu silloin, kun louhetta oli kuormattu tarpeeksi niin, että poraus pääsisi etenemään häiriöttä. Kun kuormaus ja poraus olisi saatu loppuun, olisi panostus aloitettu. Rakennusalue olisi voitu jakaa ikään kuin kahteen ”tunneliin” eli pohjoispäätyyn ja syvän montun alueeseen sekä lisäksi Linnanmäen avolouhintaan, hissikuiluun ja varapoistumistieaukkoon. Alussa olisi edetty niin kuin edettiin eli louhimalla Linnanmäen korkea kallio ensin. Pohjois- ja syväosa olisi voitu louhia taseuslouhinnan mukaisesti. Kun louhinta eteni ja edettiin enemmän ”maan alle”, olisi louhittu yksi kerros kultakin alueelta kerrallaan. Aikataulua tarkentamalla ja aluejaolla, olisi nähty mistä ja milloin olisi ollut oikea hetki aloittaa kuormaus ja kuormauksen jälkeen uudelleen poraus ja sen jälkeen panostus. Porakoneiden käyttöä olisi voitu ennakoida ja turhilta odotustunneilta vältyä, kun olisi

tarpeeksi ajoissa tiedetty minne porakone tai panostusryhmä siirtyy seuraavaksi. Syvän -osan alue olisi ollut suurin kokonaisuus, jonka vuoksi kuormaukseen olisi mennyt enemmän aikaa kuin muissa alueissa. Siksi sillä välin olisi keskitetty muu toiminta kaikkiin kolmeen alueeseen.

Työteho olisi voinut muuttua esimerkiksi 2 räjäytyksen sijaan 4 räjäytykseen päivässä, käytettävissä oli kuitenkin 3 panostajaa. Jos olisi tehty yksi työvaihe kerrallaan, kuten poraus, panostus tai kuormaus, olisi kustannuksiin voitu vaikuttaa, sillä työteho voi laskea, jos tehdään montaa työvaihetta saman aikaan.

Louhintatyöt saatiin tehtyä välitavoitteen mukaisesti. Viimeistelytyötä jouduttiin tekemään lopuksi, kuten kovien kohtien kiilauksia, joihin meni huomattavan paljon aikaa, toleransseista poikkeavia ”kovia” kohtia jäi poikkeuksellisen paljon. Louhinta-ajan loppuun ei jäänyt riittävästä pelivaraa aikataulun kireyden vuoksi. Kustannusten kasvuun on yksikertaisesti voinut vaikuttaa se, että päivät venyivät normaalityöaikaa (8h) pidemmiksi.

Louheen kuormauskustannukset olivat lähes kaksinkertaiset laskettuun kustannusarvioon verrattuna. Työmaalla oli lähes koko urakan keston eli 6 kuukauden ajan kaksi kaivinkonetta. Toinen kuormasi ja toinen toimi muiden töiden lisäksi myös louhintatyön apukoneena. Kaivinkonetta tarvittiin töiden loppuvaiheessa avuksi kalliopinnan puhdistustöihin vielä sen jälkeenkin, kun kaikki louhe oli nostettu montusta pois. Montun pohjalle tehtiin kallistusbetonointi, jonka vuoksi pohjan täytyi olla täysin puhdas. Irtotavaraa jouduttiin nostamaan lopuksi montusta pois nosturiauton avulla, sillä kulkutietä ei enää ollut. Tämä toi myös ylimääräisiä nostokustannuksia. Kustannussuunnittelussa tämä on voinut jäädä huomaamatta jostakin syystä.

Kuormaus oli mahdollista, mikäli louheen ajoa varten oli tehty tie ja sen täytyi olla kuorma-autoille ajettavassa kunnossa. Kuormauksen onnistuminen halutulla tavalla toi haasteensa, sillä oli otettava huomioon muut työmaalla käynnissä olevat työvaiheet (kuva 9), jotka esimerkiksi veivät puolet työmaa-alueesta, kuten panostus, tai koneiden ja laitteiden sijoittuminen niin, että työskentelyalue pieneni. Kuormaukseen tuli odottelu-aikoja, jos kuorma-autoja ei ollut tarpeeksi,

mutta odotteluaikaa syntyi myös, koska kuorma-autot joutuivat peruuttamaan pitkän matkaa hankalaa reittiä pitkin kaivinkoneen luokse.



Kuva 9 Käynnissä olevat työvaiheet: Irtiporaus, kenttäreikien poraus, maanajo ja kuormaus, pultitus ja panostus.

Louheen kuljetuskustannukset pysyivät pitkälti alle kustannusarvion. Louhe ajettiin 18 kilometrin päähän työmaasta. Ruuhkista riippuen yhden kuorman viemiseen kului 45 minuutista 60 minuuttiin. Suurimmat odotusajat olivat aamuisin. Jos kuorma-autoja oli useampi, viimeisen auton ensimmäinen kuorma saattoi lähteä vasta 40 minuuttia kuormauksen aloittamisesta. Kuorma-autot olivat tuntiajossa eli niille maksettiin ajettujen tuntien mukaan, työnaloituksen porrastus olisi voinut olla kannattavaa sopia kuljetusliikkeen kanssa etukäteen.

Louheen kuljetusjärjestelyitä suunniteltiin päivittäin: onko louheenajo mahdollista ja kuinka paljon louhetta voidaan viedä pois. Työmaan ensimmäisten kuu-kausien ajan louheen- ja maanajo onnistui kahta reittiä pitkin, mikä helpotti ja nopeutti louheen pois viemistä.

Lujitustöiden osalta pulttustöiden kustannusten arvioimisessa onnistuttiin, mutta pultitusmäärissä oli laskentavirhe. Lujituspultille arvioitiin tietty suoritehinta, joka piti sisällään pultituksen materiaalihinnat sekä pulttustyön. Pultitus suunniteltiin tehtäväksi yksikköhintaisena aliurakkana, mutta aliurakoitsija ei päässyt etenemään työssä halutunlaisesti, joten työ tehtiin omana työnä. Arvioidessa yhdelle pultille tulevaa kustannusta (taulukko 1), olisi aliurakoitsijan tarjoama hinta osoittautunut korkeaksi, sillä lähes samaan hintaan saatiin lisätyksi yhden pultinreiän porauskustannukset, joka aliurakkatyöhön ei olisi sisältynyt.

Taulukko 1 Arvio yhden pultin kustannuksista

Arvio yhden juotetun pultin kustannuksista

Harjateräs (A500HW)	
- L=3000 /ø 25	5.32 €
Juotosmassa / kolo	2.4 €
Rakennusmies 3kpl (AU)	12 €
Koneet ja Laitteet / pultti	0.6 €
Poraus L=3000 ø43mm	13.5 €
YHTEENSÄ:	33.82 €

Yllä olevat kustannukset on laskettu 3 metrisille pultille ja kuvitellen, että pultitusryhmä asentaa 8 pulttia tunnin aikana, materiaalihukkaa ei ole otettu huomioon. Työteho ja sen aiheuttamat kustannukset ovat riippuvaisia työryhmän koosta sekä pultitettavasta määrästä. Työteho huononee, jos porattuja reikiä pulteille ei ole valmiina ja työryhmä joutuu odottelemaan. Odottelua voi syntyä myös, mikäli kaikki edellytykset pultituksen aloittamiselle ei ole kunnossa. Mitä enemmän työryhmä pääsee työvuoronsa aikana pulttaamaan ja mitä suotuisimmat puitteet sille on varattu, sitä edullisempi hinta muodostuu yhdelle pultille. Jos pultitusryhmä joutuu käyttämään henkilönostinta työssään, vaikuttaa sekin yhden pultin hintaan.

Jatkossa voitaisiin miettiä pultitusryhmän käyttöä jossain muussa työssä, jos pultinporaus metrejä ei ole kertynyt tarpeeksi. Tarvittavan pultitusmateriaali mekin löytyminen työmaalta on myös hyvä varmistaa. Yhdelle työvuorolle voitaisiin asettaa tavoitteeksi esimerkiksi 180 pultitusmetriä, jos tämän saavuttamiseen ei olisi edellytyksiä, tehtäisiin muita töitä. Olisi kuitenkin hyvä varmistaa, että louhintatöitä pystytään jatkamaan. Pultituksessa ei täysin välttyä materiaa-

lihukilta, mutta sitä voidaan vähentää varastoimalla teräspultit ja juotosbetoniin käytettävät sementit oikein.

Ruiskubetonointi tehtiin omaa kalustoa ja omia rakennusmiehiä käyttäen, kustannustavoitteissa pysyttiin ja ruiskutuksen aikataulumuutokset eivät vaikuttaneet suoranaisesti ruiskubetonointikustannuksiin. Tällaisessa kohteessa ruiskuttamisen kustannuksia laskettaessa huomioon otettavia seikkoja ovat ruiskubetonointilaitteisiin varattavat letkujen ja muiden varaosien määrät, kaluston siirtokustannukset, rakennusammattimiesten käyttö (aliurakoitsijalta vai omat miehet), laskettava kuivamassan hukkaprosentti sekä ruiskutusajankohta, jonka vaikutus näkyy esimerkiksi syksyllä sateiseen aikaan tarvittavassa lisäaineiden määrissä.

Ruiskubetonointisuunnitelmaa tehtäessä voisi laadulliseksi tavoitteeksi asettaa ruiskubetonointipaksuuden määrittämisen ruiskutustyön aikana. Ruiskubetonointipaksuus oli määritelty olevan 30 mm kauttaaltaan muualla paitsi hissikuilussa, jonne tuli myös salaojat ja ruiskubetoniverkko. Ruiskubetonointi paksuuksia mitattaessa vaihtelivat paksuudet 30 mm – 60 mm välillä. Paikoittain oli ruiskutettu enemmän kuin oli tarve. Hankkeen aikana tehtävää kustannushallintaa voi tehdä seuraamalla laadullisia tavoitteita ja työn oikeanlaista suorittamista. Niin kuin pultituksessakin, ruiskubetonoinnissakin paras mahdollinen työteho saavutettaisiin silloin, kun pystyttäisiin ruiskuttamaan mahdollisimman paljon samalla kertaa.

7.4.2 Tärkeät vaiheet tuotannosuunnittelussa

Tuotannon sujuvan etenemisen ja kustannusten kannalta vastaavanlaisten kaupunkirakennushankkeiden kohdalla, joissa on useita työvaiheita, voisi suunnittelussa kiinnittää enemmän huomiota seuraavanlaisiin vaiheisiin:

- Työvaiheen työlajit
 - mitä
 - kesto
 - määrä

- ennen ja jälkeen
- Aikataulumalli
 - Työjärjestely
 - päällekkäisyys
 - riippuvuus
- tavoitearvio vs. kustannukset
 - Vertailu
 - aliurakoitsija vai omatyö
 - käytettävät resurssit
- kustannusvalvonta
 - vähintään joka viikko

Kustannussuunnittelu tulisi ajatella kokonaisuutena niin, että mietitään, mitä kustannuksia on ennen työvaiheen aloitusta, sen aikana ja sen jälkeen. Työvaiheisiin kuuluvien työlajien määrittelemine on tärkeää, jotta tiedetään varautua oikeanlaisiin kustannuksiin. Tavoitearvio antaa lähtötiedot työkustannuksista ja työtä tulee suunnitella sen mukaan, minkälaisiin mahdollisuuksiin kuten resursseihin on varauduttu. Kaikkia työlajeja ja niiden kustannuksia ei välttämättä osata ottaa huomioon. Ylimääräisiä kustannuksia ilmaantuu helposti urakan loppuvaiheessa, jolloin viimeistelytyöhön voi mennä vielä suuriakin kustannuksia. On tärkeää miettiä, mille ajalle mikäkin kone tai työryhmä on varattu ja minkälaiselle ajalle kyseinen resurssi on suunniteltu. Joskus voi olla kannattavampaa ottaa ulkopuolinen työryhmä tekemään jokin tietty työ urakkana, kuin teettää sama työ omilla rakennusmiehillä.

Kun louhitaan kohteessa, jossa työskentelytilaa on rajallisesti, ei aina voida arvioida työnkestoa tarkasti. Työnkesto voidaan yrittää määrittellä lähemmäs oikeaa, joka on jo ratkaiseva tekijä senkin kannalta, että saadaan tehtyä jonkinlainen aikataulu. Sijoittamalla aikatauluun arvioituja työnkestoja eri työlajeista saadaan työn toteuttamiselle malli jonka mukaan työskennellään. Valitsemalla perinteisen jana-aikataulun rinnalle myös paikka-aikakaavio mallisen aikataulun nähtäisiin työn mahdolliset päällekkäisyydet.

Työn toteutuksen aikana työmäärien sekä kustannuksien tarkkailu, antaa viitteitä siitä, tuleeko arvioinnit toteutumaan. Ennustamalla kustannuksia, voidaan huomata kustannusten ylittävän jossain vaiheessa. Jos huomataan kustannusten ylittävän, voidaan asiaan reagoida. Työtä ei voida jättää tekemättä, mutta sen kustannuksiin voidaan yrittää vaikuttaa. Mitä enemmän työlajeja urakkaan kuuluu, sitä monimutkaisemmaksi kustannusseurantakin voi mennä. Hahmotamalla kustannusten pääkohdat, voidaan tietyssä määrin jakaa kustannuksia alakohtiin. Tässä hankkeessa suurimmat kustannukset tulivat louhintatöistä. Louhintojen kustannukset on helppo jakaa alakohtiin panostus, poraus, räjähteet, kaivinkone ja muut tarvikkeet. Töiden pitkittyessä, alkaa helposti esiintymään ylimääräisiä kustannuksia, joiden kohdistaminen ei enää olekaan niin helppoa. Minne sijoitetaan kallion puhdistukseen menneet rakennusmiestunnit tai louheen nostoon menneitä autonosturin tunteja, jos tällaisiin kustannuksiin ei oltu varauduttu ja niistä ei löydy merkintää tavoitearviosta? Mahdolliset muut kustannukset –alakohta voi nopeasti kasvaa yllättävänkin suureksi kustannuseräksi sellaisella työmaalla, jossa on useita erilaisia työvaiheita.

8 YHTEENVETO

Lähdettäessä viemään hanketta eteenpäin on sille laadittava realistinen työnteutuksen malli eli aikataulu. Ilman toimivaa aikataulua ja ilman suunnitelmallista toimintaa on vain kasa töitä, jotka pitäisi tehdä. Kasa ei kuitenkaan pienene, vaikka työt järjestettäisiin aikatauluun ja suunniteltaisiin. Aikataulun täytyy olla toimiva ja siitä täytyy pitää kiinni, suunnitelmien tulee olla selkeät ja niiden mukaan on toimittava, mutta tämä on helpommin sanottu kuin tehty.

Museoviraston toimitilahankkeen työmaa oli ainutkertainen, ja vastaavanlaisia monttuja tullaan varmasti rakentamaan lähitulevaisuudessa. Tällaisesta hankkeesta saatu kokemus on arvokasta suunniteltaessa seuraavaa samantyyppistä kohdetta. Kohteessa tehtiin useita työvaiheita ahtaalla tontilla, ja se toi haastetta töidensuunnitteluun. Tehtäväsuunnittelua ja aikataulun toteutumista tarkastelemalla voidaan etsiä niiden epäkohtia, ja se auttaa hahmottamaan, miksi hankkeen tavoitearvioon ei päästy.

Yritykselle arvokasta tietoa on se, minkälaisilla kustannuksilla irrotetaan 16 000 m³ctr tai kuinka paljon yksi ruiskubetonineliö maksaa. Tällainen kaupunkilouhintakohde eroaa täysin siitä, kun jos esimerkiksi louhittaisiin samanlainen monttu keskelle metsää kauas asutuksesta.

Louhinnan työkustannukset ylittyivät eniten, ja niiden suunniteltiinkin olevan 57 % kokonaistyökustannuksista. Vaikka ammattitaito ja muut valmiudet työnsuorittamiselle olivat olemassa, jokin meni silti vikaan.

Vaikka kohde saatiin louhittua sille varatussa ajassa, kustannustavoitearvio ei toteutunut. Syy kustannusten ylittymiseen ei välttämättä ole ollut louhinnan kokonaiskestossa. Kustannusten ylittymiseen on esimerkiksi voinut vaikuttaa se, kuinka työjärjestely onnistui. Ahtaalla rakennusalueella paikka-aikakaavio mallinen aikataulu olisi antanut enemmän tietoa töiden päällekkäisyyksistä. Louhinnan kannalta olisi voinut olla tarpeellista jakaa alue useampaan kohteeseen ja jokaiseen kohteeseen olisi mietitty oma aikataulunsa. Muutoksen olisi tuonut yhden työvaiheen suorittaminen kerrallaan jaetuilla alueilla eli työ per alue. Toisaalta, jos mietitään louhintojen kokonaiskestoa, joka oli vähän yli 4 kuukautta, olisi viikkotavoitteena ollut louhia suunnilleen 1000 m³ctr. Panostustyö oli tarkkuutta ja huolellisuutta vaativaa, koska louhittiin keskellä asutusta ja ympärillä oli paljon varottavia kohteita. Panostus ja kenttien peittäminen vei aikaa. Jos olisi odoteltu kuormauksen ja porauksen loppumista joka kerta ennen panostuksen aloittamista eli tehty työ alue kerrallaan, olisiko 4 kuukautta riittänyt louhinta-ajaksi.

Kustannusten ylittymiseen on voinut olla syynä sekin, että kustannussuunnitelua toteutusvaiheen alkaessa ei tehty tarpeeksi syvällisesti. Jokaisen työvaiheen suunnitellut kustannukset olisi ollut hyvä käydä useampaan kertaan läpi. Joka ikisen euron menekki suunnittelemaan työhön on voinut vaikuttaa ratkaisevasti toteutuneisiin kustannuksiin. Kun tällaisen kohteen toteuttamisesta ei ollut aikaisempaa kokemusta, olisi kustannusten tiukempi valvonta voinut tuoda esille asioita, joihin olisi täytynyt kiinnittää entistäkin enemmän huomiota. Kustannuksia seurattiin, mutta seurattiinko riittävässä määrin?

KUVAT

Kuva 1 Tehtäväsuunnitelma malli (Koskenvesa & Pussinen 1999), s.7

kuva 2 Ennen louhintaa. Vasemmalla kulttuuritalo ja oikealla oppilaitos, edessä näkyy Sturenkatu, s. 17

Kuva 3 Louhinnan jälkeen, s.18

Kuva 4 Työmaa-alue (Pöllä 2009), s.21

kuva 5 Esimerkki jana- ja paikka-aikataulun eroista, s.25

Kuva 6 Ahtaat olosuhteet, s.28

Kuva 7 Louhittu hissikuilu (Porapaalutuennat reunoilla), s.32

Kuva 8 Louhintatyöt käynnissä, s.35

kuva 9 Käynnissä olevat työvaiheet: Irtiporaus, kenttäreikien poraus, maanajo ja kuormaus, pultitus ja panostus,s.42

KUVIOT

Kuvio 1 Työkustannusten jakauma (Louhinta 57%, Lujitus 16%, Raivaus ja purku 11%, Maanrakennus 10%, Pilareiden tuennat ja paikalla valutyöt 6 %), s.36

Kuvio 2 Toteutuneet ja tavoitteelliset kustannukset, s.37

TAULUKOT

Taulukko 1 Arvio yhden pultin kustannuksista, s.43

LÄHTEET

Enkovaara, E., Haveri, H. & Jeskanen, P. 1994. Rakennushankkeen kustannushallinta. Helsinki: Rakennustieto.

Eramo, O., Hynynen, T. & Kiiras, J. 1978. Rakennustyö: Valmistelu, suunnittelu, ohjaus, hallinto. Helsinki: Rakentajain kustannus.

Kankainen, J. & Sandvik, T. 1993. Rakennushankkeen ohjaus. Helsinki: Rakennustieto.

Koskela, L., Koskenvesa, A. & Sipi, J. 2004. Työmaan toimiva tuotannonohjaus: Opas Last Planner –menetelmään. Helsinki: Rakennusteollisuuden kustannus.

Koskenvesa, A. & Pussinen, T. 1999. Opas urakoitsijan tehtäväsuunnitteluun. Helsinki: Rakennusteollisuuden keskusliitto.

Koski, H. 1998. Rakennushankkeen tuotannosuunnittelu ja –ohjaus. Helsinki: Rakennustieto.

Lindholm, M. 2009. Kustannushallinta rakennushankkeessa. Helsinki: Suomen Rakennusmedia.

Mäki, T. & Koskenvesa, A. 2007. Aikataulukirja 2008. Helsinki: Rakennustieto.

Pöllä, J. 2009 TkL. Fundatec. Kalliorakennuspiirustus.

Siikanen, P. & Kankainen, J. 2004. Työpäällikön käsikirja. Helsinki: Rakennusteollisuuden kustannus RTK.