

Talonrakentamisen tuotteiden ja toimintatapojen vertailu

Markku Kiviniemi
VTT Rakennustekniikka



ISBN 951-38-4990-2
ISSN 1235-0605
Copyright © Valtion teknillinen tutkimuskeskus (VTT) 1996

JULKAISIJA – UTGIVARE – PUBLISHER

Valtion teknillinen tutkimuskeskus (VTT), Vuorimiehentie 5, PL 2000, 02044 VTT
puh. vaihde (09) 4561, faksi (09) 456 4374

Statens tekniska forskningscentral (VTT), Bergsmansvägen 5, PB 2000, 02044 VTT
tel. växel (09) 4561, fax (09) 456 4374

Technical Research Centre of Finland (VTT), Vuorimiehentie 5, P.O.Box 2000, FIN-02044 VTT,
Finland
phone internat. + 358 9 4561, fax + 358 9 456 4374

VTT Rakennustekniikka, Rakentaminen ja kiinteistönhallinta, Tekniikankatu 1, PL 1802, 33101
TAMPERE
puh. vaihde (03) 316 3111, faksi (03) 316 3445

VTT Byggnadsteknik, Byggande och fastighetsförvaltning, Tekniikankatu 1, PB 1802, 33101
TAMMERFORS
tel. växel (03) 316 3111, fax (03) 316 3445

VTT Building Technology, Construction and Facility Management, Tekniikankatu 1, P.O.Box
1802, FIN-33101 TAMPERE, Finland
phone internat. + 358 3 316 3111, fax + 358 3 316 3445

Tekninen toimitus Kerttu Tirronen

VTT OFFSETPAINO, ESPOO 1996

Kiviniemi, Markku. Talonrakentamisen tuotteiden ja toimintatapojen vertailu [Comparison of building products and procedures]. Espoo 1996, Valtion teknillinen tutkimuskeskus, VTT Tiedotteita - Meddelanden - Research Notes 1795. 57 s. + liitt. 15 s.

UDK 69:658.62:681.3
Avainsanat construction, costs, indirect costs, productivity, product comparison, operations comparison, methods

TIIVISTELMÄ

Tutkimuksessa on kehitetty rakennushankkeen rajatun osan tai rakenteen vaihtoehtoisten toteutustapojen vertailumenetelmä. Vertailu voi kohdistua erilaisiin tuoteratkaisuihin tai toiminta- ja tuotantotapoihin. Päänäkökulmana ovat kustannukset, mutta niiden lisäksi käsitellään myös vaihtoehtojen muita eroja. Vertailumenetelmä ei ole varsinaisesti uusi vaan siihen on koottu joukko olemassa olevia käytännöllisiä menetelmiä, joiden avulla vertailuja voidaan tehdä eri näkökulmista.

Kustannusvertailussa määritellään vaihtoehtojen kustannustekijät kattavasti, jotta vaihtoehdot olisivat vertailukelpoisia. Välittömien rakennuskustannusten, kuten työ, tarvikkeet, aliurakat ja kalusto, lisäksi otetaan huomioon myös muut kustannuserät, joita aiheutuu mm. työmaatekniikan (käyttö- ja yhteiskustannukset) sekä rakennuttajan kustannuksista. Tutkimuksessa on määritelty periaatteita, kuinka välillisiä kustannuksia voidaan kohdistaa rakennusosille tai järjestelmille. Tutkimuksessa on lisäksi on kerätty tarvittavia menekki- ja kustannustietoja.

Aikatauluvertailun avulla määritellään vaihtoehtojen kestot ja kustannusten ajoitus sekä niistä aiheutuvat pääomakustannusten erot. Samalla arvioidaan myös mm. työpanosten kuormituksen tasaisuutta. Jos vertailtavat vaihtoehdot vaikuttavat koko rakennushankkeen rakentamisaikaan, lasketaan hankkeen aikasidonnaisten kustannusten ja tuottojen erot.

Kustannusvertailun lähtötietojen epävarmuuden vaikutusta lopputulokseen arvioidaan vaihteluvälimenetelmällä, jossa kustannusarvio lasketaan yhteen optimistisilla ja pessimistisillä lähtöarvoilla. Vaihtoehtoihin sisältyviä yksittäisiä riskejä tarkastellaan riskin toteutumisesta aiheutuvan kustannusvaikutuksen sekä riskin arvioidun todennäköisyyden perusteella.

Vaihtoehtoihin liittyy aina välillisiä tekijöitä, joiden paremmuutta ei voida täsmällisesti määritellä. Niitä arvioidaan vertailemalla vaihtoehtojen toteutusprosessien ominaisuuksia ja laskelmalla niiden sisältöä kuvaavia tunnuslukuja.

Tutkimuksessa laadittiin menetelmää hyödyntävä VERTTI-vertailusovellus, joka sisältää kustannus- ja aikatauluvertailut. Ohjelma on tehty monikäyttöiseksi työkaluohjelmaksi eikä käyttäjää ole sidottu noudattamaan vertailumenetelmää yksityiskohtaisesti. Sovellus perustuu tietokanta- ja projektinhallintaohjelmiin.

Kiviniemi, Markku. Talonrakentamisen tuotteiden ja toimintatapojen vertailu [Comparison of building products and procedures]. Espoo 1996, Technical Research Centre of Finland, VTT Tiedotteita - Meddelanden - Research Notes 1795. 57 p. + app. 15 p.

UDC 69:658.62:681.3

Keywords construction, costs, indirect costs, productivity, product comparison, operations comparison, methods

ABSTRACT

In the study a method was developed to compare the alternate modes of building a specific part of a project or a structure. It allows comparison of various product selections or operational and productional modes. The main concern are costs, but other differences between the alternatives are also considered. The comparison method is not altogether novel, but a collection of existing practical methods that allow comparisons from various viewpoints.

In cost comparison, the cost factors related to alternatives are defined comprehensively in order to make them commensurate. In addition to direct construction costs, such as labour, materials, subcontracts and equipment, other cost items are also taken into account. These include, for instance, the site's operating and general costs and the cost of the client's project manager. The study has defined principles for allocating the costs to structural elements and necessary input data has also been collected.

The time schedules of various building modes are compared to determine their respective durations and the point in time when costs are incurred as well as the resulting differences in capital costs. At the same time, the evenness of the allocation of labour inputs is assessed. If the compared alternatives have an impact on the construction time of the overall project, the differences between the timebound costs and revenues of the project are calculated.

The impact of the uncertainty of the basic data of the cost comparison on the end result is assessed by computing a cost estimate using optimistic and pessimistic given values. The individual risks related to alternatives are examined on the basis of the cost effect of the realization of the risk and its estimated probability.

There are always indirect factors linked to the alternatives which cannot be ranked definitely. Their assessment is facilitated, for instance, by the calculation of indicators that describe the content of alternatives.

The study developed the VERTTI comparison application that makes use of the method and includes cost and schedule comparisons. The program is a versatile tool and does not require the user to adhere to every detail of the comparison method. The application is based on database and project-management software.

ALKUSANAT

Tutkimuksen päätavoitteena on ollut kehittää menetelmiä ja apuvälineitä rakentamisen uusien teollisten tuotteiden sekä toimintamallien kilpailukyvyn analysointia varten. Kehitystyötä on tehty erityisesti kolmessa case-vertailukohteessa, joiden tilaajina ovat olleet Rautaruukki Oy, Kone Oy ja Partek Betonila Oy. Yritykset ovat yhdessä Tekesin ja VTT Rakennustekniikan kanssa rahoittaneet tutkimushankkeen. Tutkimus on tehty VTT Rakennustekniikassa Tampereella.

Tutkimusta ohjasi ryhmä, johon kuuluivat kehityspäällikkö Petri Meller Rautaruukki Oy:stä (ryhmän puheenjohtaja), toimitusjohtaja Petri Janhunen Partek Concrete Development Oy:stä, osastopäällikkö Reino Myllymäki YIT-Yhtymä Oy:stä, suunnittelupäällikkö Jukka Palmanen Parma Oy:stä ja työmaainsinööri Jari Panhelainen NCC-Puolimatka Oy:stä. Lisäksi johtoryhmään ovat kuuluneet kehityspäällikkö Lars Lindeman ABB Installaatiot Oy:stä (28.2.1995 asti) ja projektipäällikkö Jorma Kankaanpää Parma Oys:stä (31.8.1995 asti).

Ohjausryhmän sihteerinä ja tutkimuksen päätutkijana toimi erikoistutkija Markku Kiviniemi. Tutkija Timo Hyttinen laati pääosin case-vertailujen kustannuslaskelmat sekä osallistui lähtötietojen kokoamiseen. Tietojen keräykseen haastattelujen ja muiden lähteiden avulla osallistui lisäksi tutkija Janne Korja. Hankkeessa kehitetyn tietokonesovelluksen toteutti tutkija Seppo Salminen. Kaikki tutkijat ovat VTT Rakennustekniikasta Tampereelta.

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ.....	3
ABSTRACT	4
ALKUSANAT	5
1 JOHDANTO	8
1.1 TAUSTA	8
1.2 TAVOITE.....	8
1.3 TOTEUTUS	8
2 VERTAILUMENETELMÄN ESITTELY.....	10
2.1 YLEISTÄ.....	10
2.2 MENETELMÄN PÄÄOSAT.....	12
2.3 RAJOITUKSET	14
2.3.1 Edullisuusvertailu.....	14
2.3.2 Hintaperusteinen vertailu	15
2.3.3 Tuottavuusvertailu	15
2.3.4 Muut rajoitukset.....	16
3 RAKENNUSKUSTANNUSTEN LASKENTA.....	17
3.1 LASKENTAMENETELMÄ	17
3.2 RAKENNUS- JA LAITEOSIEN KUSTANNUKSET.....	18
3.2.1 Yleistä	18
3.2.2 Työpanokset.....	19
3.2.3 Tarvikepanokset.....	19
3.2.4 Aliurakkapanokset	19
3.2.5 Kalustopanokset.....	19
3.3 HANKEOSIEN KUSTANNUKSET	20
3.3.1 Sisältö ja merkitys.....	20
3.3.2 Yleiskustannusten kohdistaminen.....	21
3.3.3 Hankeosien kustannusten laskentatapa	21
3.3.4 Työmaatekniikan kustannusmerkitys.....	22
3.3.5 Työnjohto	23
3.3.6 Hankintojen suoritus	24
3.3.7 Rakennuttamisen kustannukset.....	27
3.3.8 Työmenekkisidonnaiset työmaatekniikkakustannukset	28
3.3.9 Muut työmaatekniikkakustannukset.....	29
4 MUUT KUSTANNUSLASKELMAT.....	31
4.1 RAKENNUSKUSTANNUSTEN VAIHTELU	31
4.1.1 Lähtökohta.....	31
4.1.2 Vaihteluvälimenetelmä	32
4.1.3 Jakaumamenetelmä	33
4.2 AIKASIDONNAISET KUSTANNUKSET JA TUOTOT.....	34

4.2.1	Laskentatapa.....	34
4.2.2	Aikasidonnaiset työmaatekniikkanimikkeet	35
4.3	PÄÄOMAKUSTANNUKSET.....	37
4.4	ELINKAARIKUSTANNUKSET.....	40
5	VAIHTOEHTOJEN ARVIOINTI.....	41
5.1	AIKATAULUVERTAILU	41
5.1.1	Vertailun tarkoitus.....	41
5.1.2	Tuotantoprosessien simulointi	42
5.1.3	Aikataulujen laatiminen ja analysointi.....	43
5.2	RISKIT	45
5.3	PROSESSIN ARVIOINTI.....	46
5.3.1	Arviointiprofiili.....	46
5.3.2	Edut ja haitat	47
6	VERTAILUSOVELLUS.....	49
7	YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET	52
	LÄHDELUETTELO	55

LIITTEET

- LIITE 1 Esimerkkejä toteutusprosessin arviointitaulukoista
- LIITE 2 Asuinrakennustyömaan aikasidonnaiset kustannukset
- LIITE 3 Talo 90 - ja Talo 80 -nimikkeistöjärjestelmien työmaatekniikan muunnostaulukko

1 JOHDANTO

1.1 TAUSTA

Teollisen talonrakentamisen kehittäminen edellyttää uusien teollisten rakennustuotteiden ja tekniikoiden edullisuuden ja muiden etujen osoittamista. Näitä etuja voi syntyä tuotteiden ominaisuuksien lisäksi esim. tuotantotekniikoista, rakentamisnopeudesta, hankinta- ja toimitustavoista tai hankkeen ohjauksesta.

Uusien ratkaisujen ja toimitusmuotojen vertailu nykyisiin rakentamistapoihin on vaikeaa vaihtoehtojen erilaisen sisällön ja rajauksen vuoksi. Nykyiset rakentamisessa käytetyt kustannuslaskentamenetelmät eivät tue erisisältöisten vaihtoehtojen vertailua. Ne eivät erittele riittävästi välillisiä vaikutuksia, kuten esim. aikataulun, toimituslogistiikan tai tuotesuunnittelun vaikutuksia kustannuksiin ja tuottavuuteen.

Teollisten tuotantoratkaisujen vertailun tulee perustua reaalisten tuotantopanosten tarpeeseen ja niiden asettamiin reunaehtoihin. Kustannukset ovat seuraus näistä tekijöistä. Tuotantoratkaisujen arvioinnin tavoitteena tulee olla koko rakennustuotantoketjun tuottavuuden jatkuva parantaminen.

1.2 TAVOITE

Tutkimuksen tavoitteena on teollisen talonrakentamisen uusien tuotteiden, tuotantotekniikoiden ja toimituskonseptien vertailumenetelmä, jolla lasketaan niiden vaikutukset kustannuksiin ja tuottavuuteen sekä arvioidaan systemaattisesti välillisiä vaikutuksia, joita ovat mm. aikataulu-, logistiikka- ja ylläpitovaikutukset.

Laskentamenetelmä tukee rajattujen tuoteosa- ja toimintakonseptien vaihtoehtovertailuja. Menetelmää voidaan soveltaa sekä yksittäisen rakennushankkeen että tuotekehityksen valintatilanteissa. Tutkimuksen osatavoitteena on laatia tietokone-sovellus menetelmän käyttöä varten.

1.3 TOTEUTUS

Tärkein tutkimusmenetelmä on ollut kehitystyön toteutus todellisissa case-vertailuissa. Tutkimuksessa tehtiin kolme erillistä vertailua, jotka koskivat rakennuksen ulkopuolisten kylpyhuonetornien rakentamistapoja korjaushankkeessa, hissikonehuoneiden rakentamisvaihtoehtoja sekä pysäköintitalon toteutusta tuoteosakauppana. Vertailuista tehtiin erilliset raportit eikä tuloksia esitetä tässä julkaisussa. Case-vertailujen yhteyshenkilöinä ovat: Petri Meller Rautaruukki Oy (kylpyhuonetornit), Seppo Rantamäki Kone Oy (hissikonehuoneet), Tauno Vesterinen Partek Betonila Oy ja Jari Panhelainen NCC-Puolimatka Oy (pysäköintitalo).

Case-vertailuihin osallistuneiden henkilöiden haastatteluista ja heidän toimittamista lähtötiedoista saatiin vertailumenetelmässä tarvittavat perustiedot. Lisäksi tutkimuksessa selvitettiin haastattelujen avulla rakennustyömaan toimihenkilöiden ajankäyttöä. Tärkeä merkitys on myös ollut asiantuntija-arvioilla, joiden perusteella määriteltiin tarvittuja lähtötietoja sekä kohdennettiin kehitystyötä.

Kirjallisista lähteistä on koottiin perustietoja kustannuslaskenta- ja vertailumenetelmistä. Eri rakennusyritysten rakentamien kohteiden toteutuneista kustannuksista laskettiin tutkimuksessa tarvittuja tunnuslukuja. Vertailuissa tarvittuja lähtötietoja koottiin julkisista lähteistä kuten [32, 33, 34], case-vertailun toteutuneista tiedoista sekä VTT Rakennustekniikan tiedostoista.

Hankkeessa kehitettiin vertailumenetelmää soveltava tietokoneohjelma Windows-ympäristöön. Ohjelma on tehty Microsoft Access -tietokantaohjelmalla ja sitä voidaan käyttää Access-ajoversiolla ilman, että käyttäjä tarvitsee Access-käyttöoikeutta. Ohjelmaprototyyppejä kehitetään edelleen koekäyttäjiltä saatavan palautteen perusteella.

Tutkimus on ollut luonteeltaan enemmän kehitys- kuin tutkimushanke. Rakentamisen tuotteiden ja niiden toimitusprosessien vertailumenetelmän kohdealue on laaja ja siihen sisältyvät periaatteessa kaikki rakentamisprosessin osatekijät. Kattavan teoriamallin kehittäminen tähän tarkoitukseen on vaativaa ja suuritöistä. Hankkeessa on selvitetty teoriaperustaa kirjallisuuden avulla, mutta työ on painottunut käytännöllisen vertailumenetelmän kehittämiseen. Tavoitteena on ollut saada aikaan kohtuullisen helppokäyttöinen tuotteiden ja toimintojen vertailutapa, joka ohjaa etsimään kustannussäästöjä ja kehittämään toimintaa.

Vertailumenetelmää koskevat rajoitukset esitetään julkaisun kohdassa 2.3.

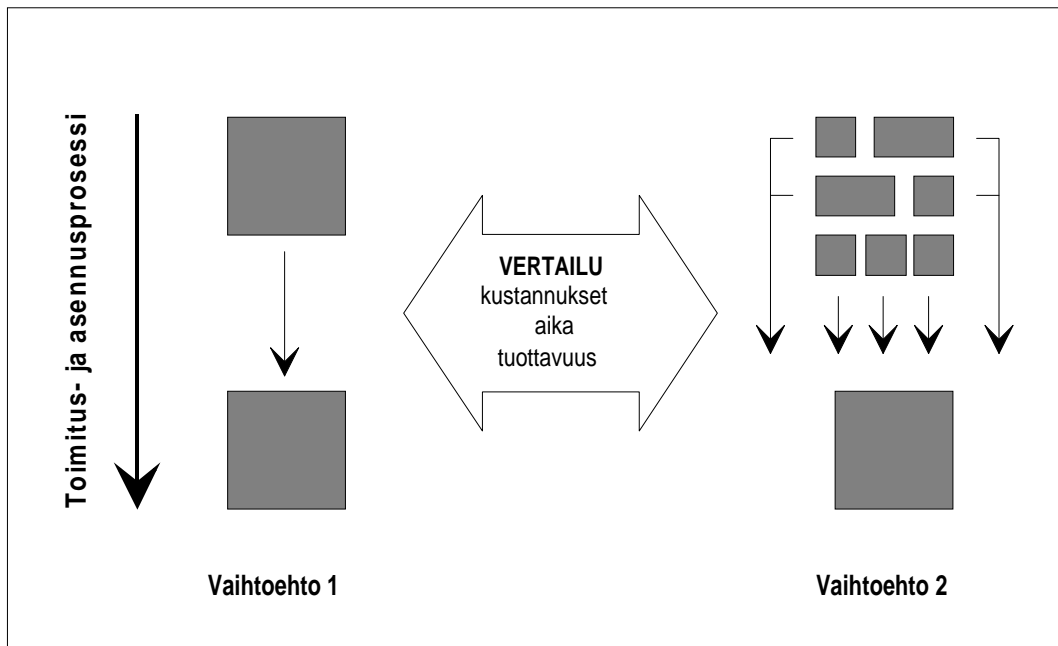
2 VERTAILUMENETELMÄN ESITTELY

2.1 YLEISTÄ

Raportissa esiteltävä menetelmä on tarkoitettu talonrakennushankkeen rajattujen osien vaihtoehtoisten toteutustapojen vertailuun. Vertailu voi kohdistua esim. tuoteratkaisuihin, toteutuksen organisointiin, työmenetelmiin tai näiden erilaisiin yhdistelmiin. Vertailu on ensisijaisesti kustannusvertailua, mutta sen rinnalla tarkastellaan vaihtoehtojen etuja ja haittoja.

Tyypillisiä vertailumenetelmän käyttökohteita ovat (kuva 1)

- rakennuksen osan tai rakenteen toteutuksen vertailu valmisosarakenteisena tai paikallarakennettuna
- perinteisesti organisoidun toteutuksen vertailu tuotesatoimitukseen (ks. esim. [23]), jossa toimittajalle kuuluu valmistuksen lisäksi toteutussuunnittelu ja asennus.



Kuva 1. Vertailumenetelmä soveltuu tuoteratkaisuiltaan tai organisointitavoiltaan eroavien rakennushankkeen osien vertailuun.

Menetelmän kehitystyön yhtenä lähtökohtana on ollut perinteinen työmaan vaihtoehtolaskenta (esim. [9]). Työnsuunnittelun vaihtoehtolaskenta on yksi vertailumenetelmän käyttökohde, vaikka menetelmä on varsinaisesti tarkoitettu laajempien ja organisaatorajat ylittävien vertailujen tekoon.

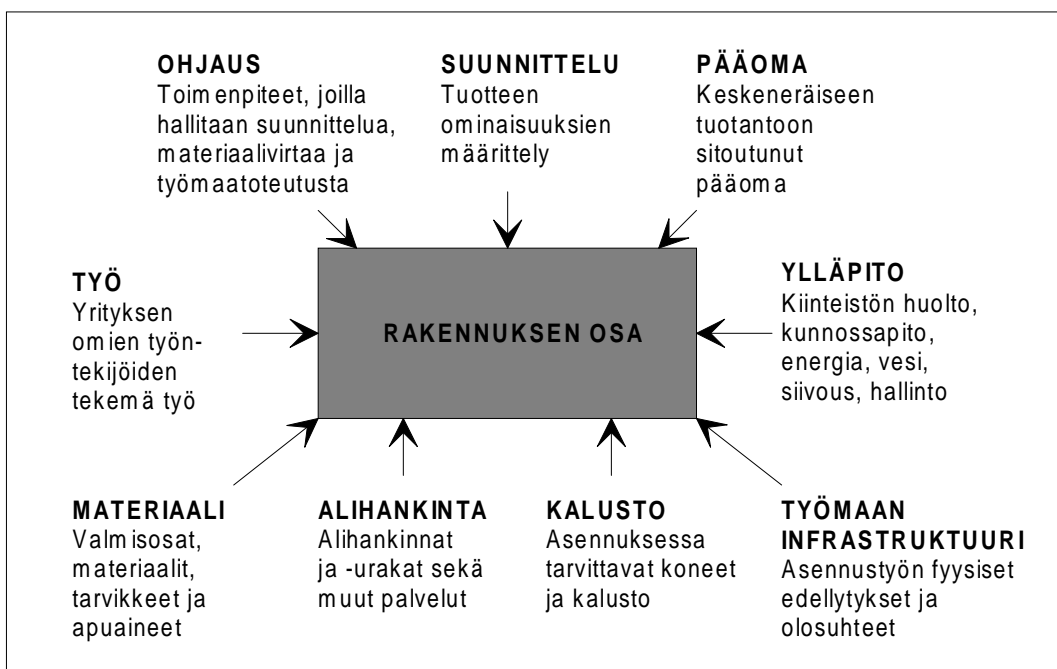
Vertailumenetelmää voidaan hyödyntää myös tuotekehityksessä. Valmistaja voi arvioida asiakkaansa näkökulmasta tuotteen kokonaiskustannuksia ja verrata niitä muihin olemassa oleviin ratkaisuihin. Kilpailevien ratkaisujen kokonaiskustan-

nukset asettavat tavoitteet tuotekehitykselle. Vertailusta saatavaa kustannustietoa voidaan hyödyntää myös uuden tuotteen hinnoittelussa.

Vertailumenetelmä ei ole varsinaisesti uusi menetelmä, vaan se on ko. käyttötarkoitukseen koottu sovellus olemassa olevista menetelmistä. Kustannuslaskentamenetelmät on yleensä tarkoitettu hankkeen kokonaiskustannusten arviointiin tai urakoitsijoiden kustannuslaskentaan. Nämä kustannukset osataan laskea riittävän tarkasti käytössä olevilla menetelmillä, kun menetelmät on viritetty käyttötarkoituksiinsa ja niiden käyttö hallitaan.

Kustannuslaskennan menetelmiä ovat esim. suoritteisiin tai panoksiin perustuvat yksityiskohtaiset laskentamenetelmät [36, 37, 38, 39] sekä karkeampaan määrien erittelyyn perustuvat tavoitehintamenettely ja rakennusosa-arvio [41, 42]. Lisäksi erityistarkoituksiin on kehitetty muita laskentamenetelmiä ja kustannustiedostoja [10, 32].

Menetelmän kustannuslaskenta perustuu normaaliin panospohjaiseen laskentaan. Erona tavanomaiseen laskentamenettelyyn on se, että vertailulaskennassa kiinnitetään erityistä huomiota erilaisten välillisten kustannusten sekä työmaa- ja yritys-kohtaisten yleiskustannusten laskentaan ja kohdentamiseen. Näitä kustannuksia aiheutuu mm. logistiikasta, toimihenkilötyöstä, työmaan yhteisten resurssien käytöstä, työmaan ylläpidosta jne. Kuvassa 2 esitetään vertailussa tarkasteltavia panostekijöitä, joiden käytöstä kustannukset varsinaisesti aiheutuvat.



Kuva 2. Toteutustapojen vertailussa tarkasteltavat kustannustekijät

Kun verrataan erilaisista tuote- ja/tai toimituskokonaisuuksista muodostuvia vaihtoehtoja, tulee vertailu rajata niin laajasti, että kaikki välittömät ja välilliset kustannustekijät otetaan huomioon. Vaikka vertailu tehdään käytännössä tietyn osa-

puolen näkökulmasta, joudutaan siinä ottamaan huomioon myös muille osapuolille aiheutuvat merkittävät kustannusvaikutukset. Esim. tuoteosakauppaan sisältyvä suunnittelu alentaa tilaajan suunnittelukustannuksia.

2.2 MENETELMÄN PÄÄOSAT

Vertailumenetelmä muodostuu kolmesta osasta:

- 1 Rakennuskustannusten laskenta
- 2 Muut kustannuslaskelmat
- 3 Muiden vaikutusten arviointi.

Taulukkoon 1 on koottu esimerkkejä vertailumenetelmän em. osissa käsiteltävistä asioista. Rakennuskustannusten laskenta (osa 1) tarkoittaa tarkasteltavan rakennuksen osan tai rakenteen investointikustannusten määrittelyä. Rakennus- ja laiteosien kustannukset ovat välittömiä rakennuskustannuksia, jotka ovat suoraan verrannollisia osien määriin. Hankeosien kustannuksilla tarkoitetaan hankkeen muita kustannuksia, jotka aiheutuvat mm. rakennuttamisesta, suunnittelusta, työmaatekniikasta sekä niistä yrityskohtaisista yleiskustannuksista, jotka otetaan vertailussa huomioon. Hankeosien kohdistus vertailtaville vaihtoehdoille tehdään tutkimuksessa määritellyillä periaatteilla.

Muut kustannuslaskelmat (osa 2) täydentävät rakennuskustannusten laskentaa. Kustannusvertailun tulosten arviointia varten lasketaan lähtötietojen epävarmuudesta johtuva kustannusten vaihteluväli. Laskentanimikkeiden panosmenekeille ja tarvittaessa yksikkökustannuksille määritellään todennäköisimmän arvon lisäksi minimi- ja maksimiarvot. Laskemalla kustannusarvio yhteen minimi- ja maksimiarvoilla saadaan vaihtoehdon kustannusten vaihteluväli.

Aikasidonnaisilla kustannuksilla ja tuotoilla tarkoitetaan kustannuseriä, jotka riippuvat hankkeen rakentamisajasta. Lyhyempi rakentamisaika alentaa aikasidonnaisia kustannuksia ja aientaa rakennuksen käytöstä saatavia tuottoja. Aikasidonnaiset kustannukset ovat pääosin työmaan ylläpidosta aiheutuvia kustannuksia, joita syntyy niin kauan kuin työmaa on käynnissä. Aientuneet tuotot ovat esim. vuokratuloja tai vastaavia rakentamisajan lyhennystä vastaavalta ajalta.

Kustannusten sitoutumisajankohdat vaikuttavat pääomakustannuksiin. Jos kustannusten sitoutumisessa on eroa, lasketaan pääomakustannusten vaikutus nykyarvomenetelmällä. Varsinkin aikasidonnaisten kustannusten ja tuottojen sekä pitokustannusten laskennan yhteydessä tulee näiden ajoittuminen ottaa huomioon.

Kolmas osa vertailumenetelmää on vaihtoehtojen vaikutusten arviointi. Ne ovat tekijöitä, jotka tulee päätöksenteossa ottaa huomioon, mutta niille ei määritellä kustannusta tai kustannukset ovat ehdollisia. Aikatauluvertailussa tarkastellaan paitsi rakentamisaikoja niin myös tuotantoprosessien eroja. Muita vertailuja ovat riskien analysointi sekä prosessien arviointi. Vaihtoehdoista voidaan lisäksi laskea erilaisia tunnuslukuja vertailua varten.

Taulukko 1. Vertailumenetelmän pääosat.

Vertailumenetelmän osat	Sisältö
<p>1 RAKENNUSKUSTANNUKSET</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Rakennus- ja laiteosien kustannukset</i> • <i>Hankeosien kustannukset</i> 	<p>Oma työ: yrityksen työntekijöiden työ kuten rakennusammattityö ja avustavat työt kuten materiaali- ja jätesiirot, suojaus, siivous</p> <p>Materiaali: valmisosat, materiaalit, tarvikkeet ja apuaineet</p> <p>Alihankinta: aliurakat ja työurakat, tuoteosatoimitukset, kuljetus, loppusiivous</p> <p>Kalusto: asennuskoneet ja -kalusto, pienkoneet ja käsityökalut, työmaan yhteiset koneet ja kalusto, jolle olemassa kohdistamisperuste</p> <p>Toimihenkilötyö: työnjohto, hankintojen suoritus, yrityksen muiden toimihenkilöiden työ, jolle määriteltävissä kohdistamisperuste</p> <p>Työmaan infrastruktuuri: työmaatilat ja -verkostot, yhteiset koneet ja kalusto, työmaan ylläpitotyö</p> <p>Rakennuttamisen kustannukset: ohjaus- ja valvontatyö, suunnittelu</p>
<p>2 MUUT KUSTANNUSLASKELMAT</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Kustannusten vaihteluvälin arviointi</i> • <i>Aikasidonnaiset kustannukset ja tuotot</i> • <i>Pääomakustannukset</i> • <i>Elinkaarikustannukset</i> 	<p>Lähtötietojen epävarmuus: kustannuslaskelman vaihteluvälin laskeminen panosmenekkien tai -hintojen alaja ylärajojen avulla</p> <p>Rakennusajan muuttumisesta aiheutuvien kustannusten ja tuottojen laskenta</p> <p>Pääoman sitoutumisesta aiheutuvien aikakustannusten laskenta.</p> <p>Rakennuksen käytön aikaisten hoito- ja kunnossapitokustannusten laskenta.</p>
<p>3 VAIHTOEHTOJEN ARVIOINTI</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Aikatauluvertailu</i> • <i>Riskit</i> • <i>Prosessien arviointi</i> 	<p>Työmaatehtävien ja riippuvuuksien määrittely. Tehtävien ajoitus ja kestojen laskenta. Resurssikuormitusten arviointi.</p> <p>Riskien määrittely sekä niiden todennäköisyyden ja kustannusvaikutusten arviointi.</p> <p>Tuotantoprosessin sujuvuuden arviointi. Tuotantorakennetta ja -prosessia kuvaavien vakiotunnuslukujen laskenta. Etujen ja haittojen sanallinen arviointi eri osapuolten näkökulmista</p>

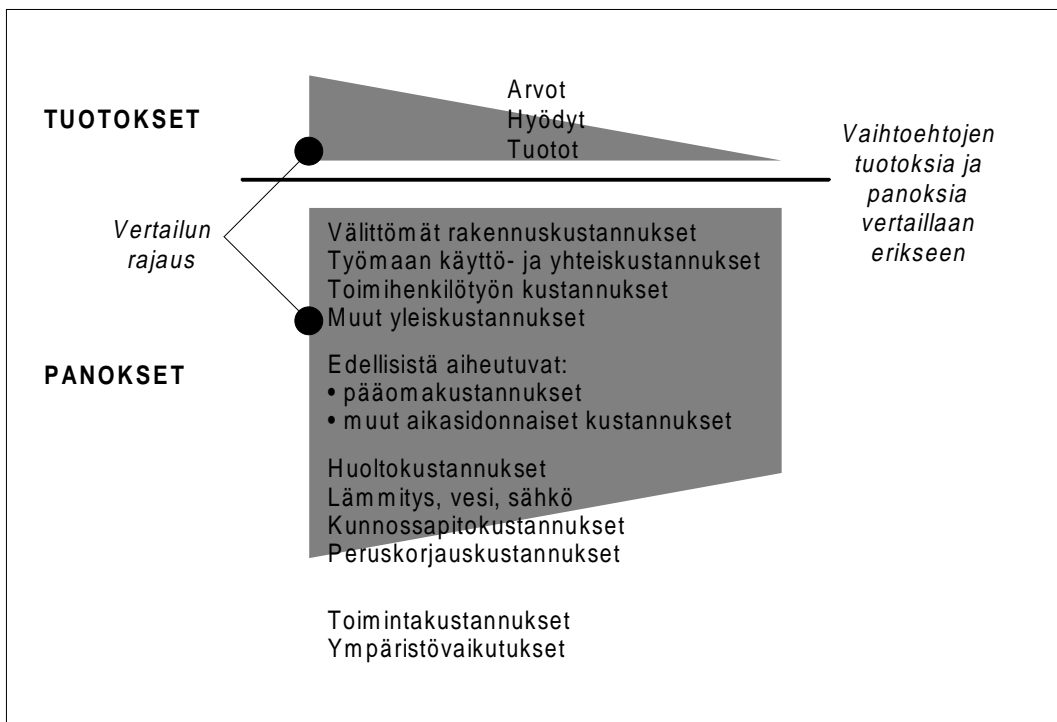
2.3 RAJOITUKSET

2.3.1 Edullisuusvertailu

Taloudellinen valinta perustuu arvojen, hyötyjen tai tuottojen vertailuun kustannuksiin [35]. Kustannukset ovat seuraus tuotantopanosten käytöstä eivätkä ne suoranaisesti kerro hyödykkeen tuottamista arvoista tai hyödyistä käyttäjälle. Päätöksentekijän tarpeet ja arvostukset vaikuttavat aina niiden arviointiin. Esimerkiksi tuottajan ja kuluttajan arvostukset ovat erilaisia.

Järjestelmällistä arvojen, hyötyjen ja tuottojen vertailua kustannuksiin nimitetään edullisuusvertailuksi. Tuotosten ominaisuudet ja niiden tasoerot arvioidaan ja näin määritellyjä pisteytettyjä arvoja verrataan kustannuksiin. Lisätietoja edullisuusvertailun menetelmistä saa esim. lähteistä [3] ja [8].

Tutkimuksessa kehitetty vertailumenetelmä painottuu kustannusvertailuun sekä muuhun panosten käytön arviointiin eikä menetelmään sisälly järjestelmällistä edullisuusvertailua (kuva 3). Lähtöoletuksena on, että vertailtavat vaihtoehdot täyttävät asiakkaan vaatimukset eikä niiden tuottamissa arvoissa ole asiakkaan kannalta oleellisia eroja. Vertailun tekijän tulee varmistua tuotosten vertailukelpoisuudesta.



Kuva 3. Vertailumenetelmän rajaus. Tuotosten arvoja ja hyötyjä ei vertailla järjestelmällisesti panostarpeeseen vaan tarkasteltavien vaihtoehtojen tuotoksia ja panoksia vertaillaan erikseen.

Vertailumenetelmässä on kuitenkin piirteitä, jotka ottavat vaihtoehtojen arvoja ja hyötyjä sekä tuottoja huomioon. Esim. vaihtoehtojen etujen ja haittojen määrittely

on sanallinen kuvaus, joka tehdään vertailun tekijän näkökulmasta. Siinä ei kuitenkaan järjestelmällisesti arvioida eri ominaisuuksia. Täydentävät kustannuslaskelmat, kuten esim. aikasidonnaisten tuottojen laskenta, ottavat myös huomioon vaihtoehtojen ominaisuuksista johtuvia eroja.

2.3.2 Hintaperusteinen vertailu

Kustannusten laskenta perustuu normaalitapauksessa panoshintoihin, jotka sisältävät mm. tuotevalmistajien ja aliurakoitsijoiden yleiskulut ja voittomarginaalin. Hintoihin vaikuttavat toimittajan tuotantokustannusten lisäksi mm. kilpailutilanne, toimittajan työtilanne, toimittajan myöntämät alennukset, toimittajan riskivaraukset sekä kustannusten nousuvaraukset. Tarjoushinnat ovat aina hankekohtaisia ja aliurakoitajien ja laajojen tuotetoimitusten hinnan määrittely ilman toimittajan tekemää tarjousta on epävarmaa.

Kustannusvertailun informaatioarvo ja hyöty paranee, jos ainakin keskeisten hankintojen osalta tunnetaan niiden todellinen kustannusrakenne eikä vertailussa jouduta käyttämään pelkää hankinnan kokonaishintaa.

Vertailumenetelmän keskeinen tavoite on tunnistaa eri kustannustekijät (välittömät ja välilliset) ja pyrkiä osoittamaan kustannussäästökohteet, jotta rakentamistavan kilpailukykyä voidaan kehittää. Toimitusten ja aliurakoitajien välillisiä kustannuksia, esim. logistiikka- tai laatuvirhekustannuksia, ei pystytä kuitenkaan analysoimaan, jos tiedossa on vain kokonaishinnat. Hintaperusteisessa kustannusvertailussa välillisten kustannustekijöiden tarkastelu rajoittuu vertailun tekijän omien välillisten kustannusten käsittelyyn. Niiden merkitys on usein melko pieni, jos hankintojen osuus kokonaiskustannuksista on suuri.

Teollisuudessa pitkäaikaisten alihankintasuhteiden tavoitteena on kehittää yhteistyössä toimitusketjujen tehokkuutta. Tämä edellyttää avointa työvaiheiden ja kustannusten tarkastelua. Rakentamisessa päätoteuttaja kilpailuttaa toimittajia yleensä aina hankekohtaisesti, minkä vuoksi toimittajat eivät ole valmiita avoimesti erittelemään kustannustietoja eivätkä päätoteuttajat tunne toimittajien tuotanto- ja kustannusrakenteita kovin tarkasti.

Vertailumenetelmän aikatauluvertailussa ja tuotantoprosessin arvioinnissa pyritään selvittämään vaihtoehtojen todellinen tehokkuus. Näiden vertailujen tulokset eivät kuitenkaan ole yhtä selkeitä kuin kustannusvertailun tulos.

2.3.3 Tuottavuusvertailu

Tuottavuus määritellään tuotosten ja panosten suhteena (tuottavuus=tuotos/panokset). Tuottavuus kuvaa perusmuodossa fyysisillä yksiköillä mitattua tuotannon tehokkuutta, joskin myös rahamääräisiä tuottavuusmittareita on esitetty (lisätietoja esim.[17]).

Käytännössä perinteisen tuottavuusvertailun toteutus on vaikeaa, koska eri panoksia ei voida laskea yhteen fyysisissä yksiköissä. Tuottavuusvertailu rajoittuu helposti yksittäisiä panoslajeja koskevien osatuottavuuksien vertailuksi (esim. työn tuottavuus). Kaikki panostekijät tulee kuitenkin ottaa huomioon, jotta panosten korvautuminen ei vääristä tuloksia. Esimerkiksi omaa työtä voi korvautua alirakka- tai kalustopanoksilla. Työn tuottavuuden arviointia vaikeuttaa myös tuottavuusarvojen tapauskohtainen suuri vaihtelu (esim. [7]).

Panoksia voidaan laskea yhteen rahamääräisinä, mutta tämä johtaa helposti normaalin kustannusvertailuun. Rahamääräiset tuottavuusmittarit on yleensä tarkoitettu tuotantolaitoksen, yrityksen tai toimialan tuottavuuskehityksen seurantaan, jolloin esim. eri vuosien tuotoksia ja panoksia vertaillaan käyttäen vakiohintoja. Näin voidaan melko hyvin korjata hintojen ja hintasuhteiden muutokset.

Tuottavuusvertailussa voidaan vastaavasti käyttää panoksille vakiohintoja, mutta yleensä vaihtoehdot eroavat juuri panostarpeen osalta, eikä panosten vakiohinnoilla ole merkitystä. Lisäksi normaalissa laskennassa käytetään tietyille panokselle vakiohintaa ja pitää olla erityinen peruste, jos käytetään erilaista yksikköhintaa samalle panokselle eri vaihtoehdoissa.

Tutkimuksessa kehitetty vertailumenetelmä ei sisällä varsinaista tuottavuusvertailua. Vaihtoehdoista laskettavat tunnusluvut kuvaavat joitakin osatuottavuuksia, mutta niitä ei ole tarkoitettu tuottavuusmittareiksi vaan kuvaamaan vaihtoehdon tuotantorakennetta.

2.3.4 Muut rajoitukset

Vertailumenetelmässä ei käsitellä koko rakennuksen elinkaaren aikaisia pito- ja toimintakustannuksia. Pitokustannuksia otetaan huomioon vain, jos vaihtoehdot aiheuttavat niihin merkittäviä eroja ja erot voidaan perustellusti osoittaa. Tärkeimmät tarkasteltavat kustannuserät ovat huolto sekä energian kulutus.

Vertailumenetelmään ei sisälly vaihtoehtojen ympäristövaikutusten arviointia tai vertailua. Ympäristövaikutusten arviointia tehdään järjestelmällisesti lähinnä energia- ja vesihuollon, liikenteen sekä maankäytön suunnittelussa. Ympäristötekijät tulevat jatkossa vaikuttamaan myös rakennuksen osien tai rakentamistapojen valintaan, mutta tämä edellyttää valintaperusteiden ja suunnitteluohjeiden huomattavaa kehittämistä.

3 RAKENNUSKUSTANNUSTEN LASKENTA

3.1 LASKENTAMENETELMÄ

Vertailumenetelmän kustannuslaskenta perustuu Talo 90 -nimikkeistöjärjestelmän mukaiseen tuoterakennelaskentaan [39, 40]. Päätasolla kustannusnimikkeet eritellään Talo 90 -nimikkeistön hanke-, rakennus- ja laiteosiin. Rakennusosat jaetaan Talo 90 -työlajien mukaisiin suoritteisiin ja suoritteille määritellään tarvittavat panokset (kuva 4). Hanke- ja laiteosia ei jaeta työlajien mukaisiin suoritteisiin, vaan näissä suorite-tason nimikkeitä käytetään apunimikkeinä panosten ryhmittelyssä. Kustannuslaskelma voidaan esittää kattavana kaikilla kolmella tasolla osina, suoritteina tai panoksina.

Hankenimikkeistö	Työlajinimikkeistö	Panokset
<i>hankeosat</i>		<i>panoslajit</i>
A Kiinteistöhallinto	1 Maanrakennustyöt	1 Työpanokset
B Rakennuttaminen	2 Betonirakennetyöt	2 Tarvikepanokset
C Työmaatekniikka	3 Metallirakennetyöt	3 Aliurakkapanokset
<i>rakennusosat</i>	4 Muuraus- ja kivityöt	4 Kalusto
D Aluerakenteet	5 Puutyöt	5 Muut panokset
E Pohjarakenteet	6 Eristys- ja saumaustyöt	
F Rakennustekniikka	7 Pintatyöt	
<i>laiteosat</i>	8 Korjausrakennustyöt	
G LVI-järjestelmät		
H Sähköjärjestelmät		
J Tietojärjestelmät		
<i>hankeosat (jatkoa)</i>		
K Ulkomainen projektitoiminta		
L Tontti		
M Toimintainvestoinnit		

Kuva 4. Talo 90 -nimikkeistöjärjestelmän osanimikkeistöt ja niiden päätason erittely

Kustannukset lasketaan panosten menekkien ja yksikkökustannusten avulla. Panosmenekit määritellään suoritteen yksikköä kohti. Suoritemäärä lasketaan suunnitelma-asiakirjoista erikseen tai määritellään rakennusosan määrän ja suoritteen menekin perusteella. Tavoitteena on, että pääosa määrätiedoista voidaan laskea rakennusosien määrien avulla. Kuvassa 5 on esimerkki tuoterakenteesta. Hanke- ja laiteosien laskennassa sovelletaan vastaavia tuoterakenteita. Kaikki kustannustiedot määritellään ilman arvonlisäveroa.

Osa		Suorite		panos						
T90	tunnus	nimi	menekki	kerr.1	määrä	yks	mk/yks	kerr.2	mk/yks	mk yht
F53	01A	Alaslaskettu katto, pesuhuone			48	m2			150	7193
<u>51</u>	<u>01</u>	<u>Puunrunkotyö</u>	<u>1,00</u>		<u>48</u>	<u>m2</u>			<u>85</u>	
1		kirvesmies	0,50	1,20	28	h	61,11	1,74	64	
1		rakennustyöntekijä	0,05	1,20	3	h	48,19	1,74	5	
2		puutavara 50*50	4,50	1,15	248	m2	3,16	1,00	16	
<u>55</u>	<u>01</u>	<u>Levytyö</u>	<u>1,00</u>		<u>48</u>	<u>m2</u>			<u>65</u>	
1		kirvesmies	0,35	1,20	20	h	61,11	1,74	45	
1		rakennustyöntekijä	0,10	1,20	6	h	48,19	1,74	10	
2		kipsilevy 13 mm	1,00	1,15	55	m2	8,66	1,00	10	

Kuva 5. Esimerkki tuoterakenteesta.

Laskentanimikkeet yksilöidään kahdella koodilla, joista ensimmäinen on Talo 90 -järjestelmän mukainen vakiokoodi ja toinen käyttäjän määrittelemä koodi esim. järjestysnumero tai muu tunnus. Osien ja suoritteiden vakiokoodi on Talo 90:n hanke-, rakennus- tai laiteosatunnus tai työlajitunnus. Panosten vakiokoodina on panoslajitunnus.

3.2 RAKENNUS- JA LAITEOSIEN KUSTANNUKSET

3.2.1 Yleistä

Rakennus- ja laiteosien kustannukset koostuvat materiaalien, valmisosien ja laitteiden, niiden asentamiseen liittyvän välittömän rakennustyön sekä aliorakoiden ja kaluston kustannuksista. Ne ovat välittömiä rakennuskustannuksia, jotka ovat suoraan verrannollisia osien määriin.

Rakennus- ja laiteosien työsuoritteet ja panokset tulee eritellä yksityiskohtaisesti, jotta vertailtavien vaihtoehtojen erot saadaan esiin. Talo 90 -nimikkeistöjärjestelmä määrittelee laskentanimikkeiden erittelytarkkuuden, jota tulee kuitenkin soveltaa vertailun tarpeen mukaan. Erittely Talo 90 -työlajien mukaisiin suoritteisiin ei välttämättä ole riittävä vaan tarvittaessa saman työlajin töitä jaetaan omiksi suoritteikseen. Vastaavasti työpanosten tarkalla erittelyllä voidaan kuvata työnosavaiheita esim. määrittelemällä mittaus- ja asennustyöpanokset erikseen, vaikka niillä olisi sama yksikköhinta. Tarkka erittely dokumentoi samalla laskentaperusteet. Jos käytetään tavanomaista tarkempaa nimikkeiden erittelyä, tulee varmistaa, että panosmenekit vastaavat erittelyä.

Vertailumenetelmän rakennus- ja laitekustannusten laskenta on normaalia kustannuslaskentaa. Panosmenekkien ja kustannusten tarkempaan analysointiin liittyvät toiminnot esitetään kohdissa 4.1 Rakennuskustannusten vaihtelu ja 5. Vaihtoehtojen arviointi.

3.2.2 Työpanokset

Työpanosten menekki annetaan tehollisen työajan työmenekkinä (työvuoroaika T3). Apukertoimella (kuva 5) lisätään työmenekkiin työnvaiheen lisäajat TL3 (yli tunnin pituiset työn keskeytykset), jolloin saadaan kustannuslaskennassa käytettävä työnvaihe-ajan perustuva työmenekki. Lisäksi apukertoimella otetaan huomioon suoritelmäärästä ja työryhmän harjaantumisesta aiheutuva muutos työmenekkiin. Työmenekkiin vaikuttavia tekijöitä ja työmenekkiarvon valintaa on käsitelty lähteessä [22]. Työmenekkitietoja saadaan mm. julkaisuista [33, 34]. Työpanosten yksikkökustannus on tuntipalkka, johon lisätään toisella kertoimella (kuva 5) sosiaaliturvamaksut.

Välittömien asennustyöpanosten lisäksi määritellään avustavat työt kuten mittaus-työ, materiaalien käsittely ja siirrot, siivous ja jätteiden siirrot. Lisäksi tulee varmistaa, että panosmenekit kattavat aloittavat ja lopettavat työvaiheet, työkohteen vaihdosta sekä työvälineiden ja kaluston siirroista aiheutuvat työt (sisältyvät työvuoroaikoihin T3) ellei näitä eritellä tuoterakenteessa.

3.2.3 Tarvikepanokset

Tarvikepanosten menekki annetaan rakenneteoreettisena menekkinä, johon lisätään menetelmästä ja materiaalihukasta aiheutuvat lisämenekit apukertoimella (kuva 5). Yksikkökustannuksena käytetään yksikköä kohti laskettua ostohintaa tai perushintaa, jota korjataan alennuksen osalta toisella apukertoimella (kuva 5). Jos hinta ei sisällä kuljetusta tms. palvelua tai nimikkeestä aiheutuu muita kustannuksia ennenkuin se on työmaalla käytettävissä, eritellään nämä panokset ja määritellään kustannukset.

3.2.4 Aliurakkapanokset

Aliurakkapanokset lasketaan maksuperusteen mukaisesti (kokonaishinta tai yksikköhinta). Aliurakan hinta sisältää kaikki kustannuserät, myös aliurakoitsijan katteen. Jos aliurakan kustannusrakennetta halutaan analysoida tarkemmin, tehdään siitä erillinen laskelma, jonka summa liitetään vertailulaskelmaan. Esim. LVI-töistä voidaan tehdä kustannuslaskelma lähteen [38] periaatteiden mukaisesti.

Jokainen aliurakka määritellään laskelmassa kahdella panosrivillä: varsinainen aliurakkapanos ja aliurakoitsijan työpanos työmaalla. Työpanoksen yksikkönä työtunti, mutta sillä ei ole yksikkökustannusta, koska se sisältyy varsinaisen aliurakkapanoksen kustannukseen. Määrittelyn avulla voidaan laskea kaikki työmaalla tehdyt työtunnit. Tietoa tarvitaan, kun lasketaan välillisiä kustannuksia (kohta 3.3).

3.2.5 Kalustopanokset

Rakennustyössä tarvittavan kaluston kustannukset lasketaan osana rakennus- ja laiteosien tuoterakenteita. Myös työmaan yhteisen kaluston käyttö kohdistetaan

tärkeimmän kaluston osalta rakennus- ja laiteosille. Näitä ovat mm. nosturit ja nostimet, työkoneet ja telinekalusto. Käsityökalut, työmaatilat yms. lasketaan hankeosien kustannuksina (ks. kohta 3.3).

3.3 HANKEOSIEN KUSTANNUKSET

3.3.1 Sisältö ja merkitys

Hankeosien kustannukset ovat muita kuin rakennuksen fyysisten osien välittömiä rakennuskustannuksia. Kustannukset aiheutuvat hankkeen läpiviennistä, suunnittelusta, työmaan ylläpidosta, työmaan yhteisestä kalustosta jne. Tärkeimmät tässä tarkasteltavat Talo 90 -hankeosapääryhmät ovat B Rakennuttaminen ja erityisesti C Työmaatekniikka. Taulukossa 2 esitetään näiden pääryhmien osuudet rakennuskustannuksista. Taulukossa 3 on vertailun vuoksi työmaalla tehtyjen työtuntien jakauma lähteen [15] mukaan.

Taulukko 2. Rakennushankkeen kustannusrakenne eräissä talotyypeissä [42]. Rakennus- ja laiteosat sisältävät urakoitsijoiden katteet.

Pääryhmät	Asuinkrs.talo 6 krs.	Toimisto 5000 brm2	Liikerakenn. 2900 brm2
Rakennuttaminen B	12	11	11
Työmaatekniikka C	14	12	13
Rakennusosat D, E, F	60	59	58
Laiteosat G, H, J	14	18	18
	100 %	100 %	100 %

Taulukko 3. Rakennushankkeen työtuntien jakauma [15].

Pääryhmät	Asuinkrs.talo	Toimisto	Liikerakenn.
Työmaatekniikka C	21	21	21
Rakennusosat D, E, F	66	61	59
Laiteosat G, H, J	13	18	20
	100 %	100 %	100 %

Rakennuksen tiettyä osaa tai rakennetta koskevassa vertailussa tulee hankeosien kustannukset ottaa myös huomioon, koska vaihtoehdoilla on usein erilainen vaikutus niihin. Vertailumenetelmässä on määritelty periaatteet kustannusmerkitykseltään tärkeimpien hankeosien kustannusten laskemiseksi rakennus- ja laiteosien perusteella sekä kerätty tarvittavia panosmenekkitietoja.

Hankeosien kustannuksia voidaan pitää yleiskustannuksina, joista osa on hankekohtaisia kiinteitä kustannuksia ja osa hankkeen laajuuden ja muiden tekijöiden mukaan muuttuvia. Samaan ryhmään kuuluvat yritysten yleiskustannukset, vaikka Talo 90 -järjestelmän hankeosat eivät sisällä nimikkeitä niiden erittelemiseksi.

Yrityksen yleiskuluja ovat esim. yritysjohton ja toimistohenkilökunnan palkkakustannukset, tilakustannukset sekä yrityksen rahoituskustannukset.

3.3.2 Yleiskustannusten kohdistaminen

Yleiskustannusten kohdentamisperiaatteet ovat korostuneet teollisuusyritysten kustannuslaskentamenetelmien kehityksessä. Ns. toimintolaskenta-menetelmässä määritellään yrityksen laskentajärjestelmässä kustannusajurit, joiden perusteella myös yleiskustannukset kohdistetaan yrityksen eri toiminoille [2, 6, 25, 28, 45]. Näin voidaan parantaa mm. tuotekohtaisen kannattavuustietouden tasoa. Tehtaassa, jossa valmistetaan useita tuotteita ja tuotevariaatioita, ei saada aina oikeaa tietoa tuotteiden todellisesta kannattavuudesta, jos yleiskustannukset kohdistetaan vain välittömien työ- ja materiaalikustannusten mukaan.

Vuonna 1993 tehdyn tutkimukseen [27] mukaan 6 % kyselyyn vastanneista teollisuusyrityksistä oli ottamassa käyttöön toimintolaskentaa ja 24 % yrityksistä harkitsi sen käyttöönottoa. Teollisuusyritysten toiminnan mittausjärjestelmiä koskeneen kyselyn [4] mukaan tärkeänä kehityskohteena yrityksissä pidettiin toimihenkilöiden työn tuottavuusmittareita, mikä osaltaan korostaa toimihenkilötyön merkityksen ja sen tehokkuusvaatimusten kasvua.

Rakennusalan tutkimustoiminnassa tuotannon yleiskustannusten analysointi on painottunut logistisiin kustannuksiin (esim. [12, 45, 46]). Tuloksia ei ole käytetty varsinaisesti kustannuslaskentaan tai sen kehittämiseen vaan logistiikan kehitystarpeiden tunnistamiseen. Lähteessä [48] tarkastellaan laajemmin rakennushankkeen osapuolten kaupankäyntiin liittyvien kustannusten syitä. Työmaan käyttö- ja yhteiskustannuksiin vaikuttavia tekijöitä on tutkittu empiirisen aineiston perusteella lähteessä [19].

3.3.3 Hankeosien kustannusten laskentatapa

Yleiskustannusten kohdentaminen tehdään yritystason laskentajärjestelmässä sellaisten kustannusajurien perusteella, joiden arvioidaan parhaiten kuvaavan yleiskustannusten aiheuttajia. Ajurit eivät siis kuvaa absoluuttisesti yleiskustannuksia aiheuttavien panosten tarvetta vaan ne ovat likimääräisiä laskentaperusteita.

Kustannusvertailussa, jossa tarkastellaan vain tiettyä tuotannon osaa, ei voida käyttää likimääräisiä yleiskustannusten laskentaperusteita, jotka on viritetty kokonaiskustannusten hallintaa varten. Vertailumenetelmässä otetaan huomioon vain sellaiset hankeosien kustannukset, joiden panostarve voidaan perustellusti määrittellä vertailun sisällön mukaan. Taulukossa 4 esitetään vertailumenetelmässä käsiteltävät hankeosien kustannustekijät.

Taulukko 4. Vertailumenetelmässä tarkasteltavat hankeosanimikkeet.

Hankeosat	Sisältö
<ul style="list-style-type: none"> • työnjohto 	Työvaiheen tai aliurakan työnsuunnittelusta, valmistelusta, tehtävän annosta, ohjauksesta ja valvonnasta aiheutuvat toimihenkilötyö.
<ul style="list-style-type: none"> • hankintojen suoritus 	Hankintojen valmistelusta ja suorittamisesta aiheutuva toimihenkilötyö.
<ul style="list-style-type: none"> • työmenekkisidonnaiset hankeosat 	Niiden hankeosien laskennalliset kustannukset, jotka ovat suoraan tai lähes suoraan verrannollisia työmaalla tehdystä työmäärästä.
<ul style="list-style-type: none"> • työvaiheille kohdistettavat hankeosat 	Nimikkeet, joiden panostarpeet lasketaan osana rakennus- ja laiteosien tuoterakenteita. Näitä ovat mm. työmaan yhteinen kalusto sekä siivous.
<ul style="list-style-type: none"> • rakennuttamisen kustannukset 	Tärkeimmät nimikkeet ovat rakennuttajan ohjaus- ja valvontatyö sekä rakennussuunnittelu.
<ul style="list-style-type: none"> • muut hankeosat 	Nimikkeet, joiden kustannukset otetaan vertailussa huomioon vain, jos niihin aiheutuu eroja.

Monet työmaatekniikkakustannukset eivät muutu käytännön rakennushankkeessa lineaarisesti vaan portaittain, kuten esim. työnjohdon määrä. Työmaan vaihtoehtolaskennassa voidaan ajatella, että vaihtoehdot eivät vaikuta työnjohtokustannuksiin, kun työmaalla on koko ajan vakiomäärä työnjohtajia. Työjohtopanoksen rajakustannus on tällöin nolla ja se nousee vasta, kun kokonaistyömäärä edellyttää ylimääräistä tai yhtä lisähenkilöä työmaalle.

Vertailumenetelmässä lasketaan hankeosien panokset arvioidun todellisen tarpeen mukaan ja niiden kustannuksina käytetään todellisia yksikkökustannuksia. Valintapäätöksen tekijän tulee omassa arvioinnissaan ottaa huomioon näiden nimikkeiden rajakustannukset ko. rakennushankkeessa. Tämä voidaan tehdä esim. kustannusten vaihteluvälin tarkastelussa (kohta 4.1)

3.3.4 Työmaatekniikan kustannusmerkitys

Taulukossa 5 esitetään työmaatekniikkakustannusten osuus rakennushankkeessa. Prosenttiosuudet on laskettu rakennuskustannuksista, jotka sisältävät rakennustekniset- ja LVIS-työt sekä työmaatekniikkakustannukset, mutta eivät sisällä rakennuttamisen kustannuksia eikä rakennusyrittäjän katetta. Työntekijöiden sosiaalikustannukset on kohdistettu työlle. Hankintatyön kustannusosuutta ei esitetä, koska siitä ei ole saatavissa hankekohtaisia toteutumatietoja. Taulukon tiedot on laskettu asuntotuotannon toteutumatiiedoista.

Taulukko 5. Työmaatekniikan kustannusjakauma vertailumenetelmän ryhmittelyn mukaan.

Työmaatekniikkakustannusten osuus rakennuskustannuksista	%
• työnjohto	2,5
• työmeneksisidonnaiset työmaatekniikkakustannukset	2,5
• rakennusosille kohdistettavat kalustonimikkeet	4,5
• siivous	1,5
• kuljetukset	1
• energia ja talvilisätyöt	1
• muut työmaatekniikan nimikkeet	3
Yhteensä	16

3.3.5 Työnjohto

Työnjohtopanoksen tarve määritellään työmaalla tehtyjen työntekijätuntien perusteella. Työnjohtopanoksella tarkoitetaan tässä välitöntä työvaiheiden johtamista. Siihen ei sisälly koko työmaan suunnitteluun ja johtamiseen liittyviä tehtäviä eikä hankintatehtäviä. Panostarpeen sekä työnjohdon palkkojen ja sosiaalikulujen avulla lasketaan työnjohtokustannukset.

Työnjohtopanoksen työmenekin selvittämistä varten haastateltiin 12:ta työnjohtajaa. Haastatteluissa kysyttiin työnjohtajien viikoittaisen työajan jakautumista eri tehtäville. Lisäksi pyydettiin määrittelemään ajankäytön jakautuminen eri tehtävissä omien työntekijöiden / aliurakoitsijoiden suorittamiin työvaiheisiin. Työmenekin laskemiseksi kysyttiin myös välittömien alaisten määrä (omat ja aliurakoitsijoiden työntekijät).

Taulukossa 6 esitetään haastattelun tuloksena saadut työmenekit. Ne on laskettu seuraavien työnjohtotehtävien perusteella. Suluissa esitetään osuus, joka on arvioitu määräytyvän työntekijätuntien perusteella. Toisin sanoen taulukon 6 työmenekiarvoihin on sisällytetty vain prosenttilukujen mukainen osuus työnjohtajan ko. tehtävän ajankäytöstä.

- työvaihekohtainen työnsuunnittelu (50 %)
- tehtävän anto työntekijälle (100 %)
- työn tekemisen valvonta (100 %)
- aikataulutarkkailu (50 %)
- laadunvalvonta (67 %)
- kokoukset (25 %)
- rutiinitehtävät (mm. palkkakirjaus) (33 %).

Muut työnjohtotehtävät, jotka eivät sisälly taulukon 6 arvoihin, mutta eriteltiin haastatteluissa, ovat: viikkosuunnittelu, aikataulu- ja resurssisuunnittelu, erityisuunnittelu, hankintatehtävät, kustannusvalvonta, työmaakatselmukset sekä ryhmä "muut tehtävät".

Taulukko 6. Työtekijätuntien mukaan laskettavan työjohtopanoksen työmenekit tutkimuksessa tehtyjen haastattelujen perusteella. Laskentaperusteet esitetty tekstissä.

	Omien töiden johtaminen			Aliurakoiden johtaminen		
	keskiarvo työnjohto h / omat tth	vaihteluväli pienin suurin		keskiarvo työnjohto h / aliurak. tth	vaihteluväli pienin suurin	
Työnjohtajat sekä ne vastaavat työnjohtajat, jotka ovat työmaan ainoana työnjohtajana	0,040	0,024	0,053	0,033	0,017	0,045
Kaikki haastatellut (edellisten lisäksi muut vastaavat työnjohtajat)	0,032	0,008	0,053	0,005	0,019	0,045

Työnjohtopanoksen laskemisessa tulee käyttää taulukon ensimmäisen rivin tunnuslukuja, koska ne kuvaavat työkohdemestarina toimivien henkilöiden työpanoksen tarvetta. Suurten työmaiden vastaavat työnjohtajat eivät osallistu yhtä paljon työvaiheiden johtamiseen. Taulukon työmenekkiarvot ovat suuntaa antavia, koska niihin sisältyy oletuksia (mm. arvio työtuntisidonnaisesta osuudesta) ja haastatteluotos oli valikoitunut.

Taulukon 6 tunnusluvut eivät kuvaa työnjohtopanoksen kokonaistarvetta. Tunnusluvuilla laskettu työnjohtopanos kattaa 30-40 % koko hankkeen tarpeesta. Hankintoihin ja toimituksiin työnjohtajat käyttävät ajastaan n. 20 %. Jäljelle jäävästä 40 - 50 %:n osuudesta kuluu osa koko työmaan johtamiseen liittyviin tehtäviin ja osa olisi kohdistettavissa työvaiheille, mutta tätä varten ei kuitenkaan löydetty yleispätevää kohdistusperustetta.

Tutkimuksessa [14] tehdyn seurannan mukaan työnjohtajat käyttivät alaisen suorituksen välittömään johtamiseen 26,4 % työajastaan (työnjohtajat 29,6 %, vastaavat työnjohtajat 23,1 %). Luku sisältää seuraavat tehtävät: tavoitteen määrittely (10,5 %), suorituksen seuranta (11,7 %) ja palautteen antaminen (4,2 %). Tulokset ovat samaa suuruusluokkaa kuin tässä tutkimuksessa tehtyjen haastattelujen havainnot.

Kustannusvertailussa voidaan tunnusluvuilla laskettujen työjohtopanoksen lisäksi ottaa huomioon työnjohtotehtäviä, jotka eivät sisälly em. tunnuslukuihin. Nämä ovat lähinnä tehtäviä, joissa työnjohtopanosarve voidaan määritellä täsmällisesti esim. toteutumätiedon avulla.

3.3.6 Hankintojen suoritus

Hankintojen suorituksesta aiheutuva toimihenkilötyön tarve lasketaan hankintojen lukumäärien ja hankintatyyppien perusteella. Hankittava nimike vaikuttaa hankintatyön määrään, mutta tärkeimmäksi työmäärään vaikuttavaksi tekijäksi arvioitiin kuitenkin hankintatyyppi. Eri tyyppien ohjeelliset työmenekit esitetään

taulukossa 7. Menekit selvitettiin asiantuntija-arvioiden, haastattelujen sekä lähteen [46] perusteella. Hankintatyön kustannusten laskemista varten voidaan työn hintana käyttää työnjohdon palkkakustannuksia, ellei tarkempia palkkatietoja ole käytettävissä.

Taulukko 7. Hankintatyyppien hankintatyömenekkien suuruusluokat. Luvut eivät sisällä toimituksen ohjausta.

Hankintatyytit	Työmäärä /hankinta h
Sopimushankinnat	9 - 25 ¹
Tilaushankinnat	5
Vuosisopimushankinnat	1,67
Pienhankinnat	1
¹ vaihtelu hankintahinnan mukaan	

Hankintatyytin valintaan vaikuttavat mm. hankinnan kokonaiskustannus, hankekohtaisuus (hankekohtainen vai vakiotuote tai -palvelu), yrityksen hankintarutiinit sekä vuosisopimukset.

Sopimushankinnat ovat yleensä hankekohtaista suunnittelua (esim. julkisivuelementit) tai muuta täsmällistä tuotteen yksilöintiä (esim. ikkunat) edellyttäviä tarvikkehankintoja tai aliurakoita. Kustannuksiltaan suuret hankinnat voivat myös olla sopimushankintoja, vaikka niihin ei sisälly hankekohtaista suunnittelua.

Sopimushankintojen työmenekin arvioitu jakauma on seuraava:

- Määrälaskenta, tarjouspyynnön valmistelu 1 - 4 h
- Tarjoajien esivalinta, tarjousten lähetys, vertailu 2 - 5 h
- Urakkaneuvottelut 2 - 12 h
 - 1 - 2 h/neuvottelu
 - 2 - 3 henkilöä
 - 1 - 2 osapuolen kanssa
- Sopimuksen teko 2 - 3 h
- Laskujen käsittely 1 h
- Yhteensä 9 - 25 h

Sopimushankinnan työmäärän arvioitiin olevan parhaiten verrannollinen hankinnan arvoon. Asiantuntija-arvioon perustuvassa laskentatavassa oletetaan, että alle 50 000 mk hankinnoissa työmäärä on 9 h ja yli 1 mmk hankinnoissa 25 h. Niiden välillä työmäärä lasketaan lineaarisesti:

$$työmenekki(h) = hankintahinta(mk) * \frac{16}{950000} + 8,16$$

Työmenekin yläraja 25 h/hankinta koskee tavanomaisia hankintoja. Hankintatyömäärä voi olla käytännössä suurempikin. Uusissa hankintatavoissa, kuten esim.

tuoteosakaupassa, tulee työmäärä aina arvioida tapauskohtaisesti. Tuoteosakaupassa tulee lisäksi ottaa erikseen huomioon mm. suunnittelun työmäärä ja kustannukset sekä rakennuttajan työpanostarpeet, jotka aiheutuvat mm. toimittajan ja suunnitelmien hyväksynnöistä.

Tilaus- ja vuosisopimushankinnoilla tarkoitetaan taulukossa 7 pääasiassa vakio-materiaalien ja yksinkertaisten (työ)urakoiden hankintaa. Jos hankinta voidaan määritellä tuotenimikkeen tai työsuoritteen ja sen yksikkökustannuksen avulla tai toimittaja ei tarvitse hinnan määrittystä varten kohteen suunnitelma-asiakirjoja, kuuluu hankinta luontevasti tähän ryhmään.

Tilaus- ja vuosisopimushankintojen erona on kilpailuttaminen: tilaushankinnat kilpailutetaan hankekohtaisesti, kun vuosisopimushankinnoissa jää kilpailuttamisvaihe pois. Se kumpaa hankintatyyppiä käytetään riippuu yrityksen vuosisopimuksista.

Verkostoituneilla yrityksillä, jotka pyrkivät pitkäaikaisiin yhteistyösuhteisiin, voi osa tyyppillisistä sopimushankinnoista perustua vuosisopimukseen. Tällöin hankintatyön määrä on pienempi kuin taulukon 7 sopimushankinnassa, mutta se on todennäköisesti suurempi kuin taulukon vuosisopimushankinnassa.

Pienhankintoja ovat työmaan käyttötarvikkeiden tilaukset sekä kalustotilaukset. Ne ovat lähinnä tilauksia omalta varikolta tai varastosta tai rautakaupasta. Taulukon 7 työmenekki on yhden hankintatapahtuman arvioitu menekki, ja yhteen pienhankintaan voi sisältyä useita nimikkeitä. Muissa hankintatyypeissä menekki on yhtä hankintanimikettä kohti laskettu menekki.

Tässä kuvattu laskentatapa on helppo ja nopea tapa ottaa kustannusvertailussa huomioon hankinnan toimihenkilökustannuksia. Vertailutilanteessa tulee kuitenkin käyttää toteutuneita hankinnan työmäärätietoja, jos sellaisia on saatavissa.

Vaihtoehtovertailussa saattaa syntyä tilanne, jossa vain osa hankintanimikkeestä käytetään tarkasteltavassa rakenteessa ja loput muualla rakennuskohteessa. Tällöin kohdistetaan vertailulle vain sen sisältämän määrän mukainen osuus hankintatyön kustannuksista.

Edellä esitetyt hankintatyömäärät eivät sisällä materiaalitoimitusten ohjausta ja valvontaa. Aliurakoiden ohjaus sisältyy edellisessä kohdassa arvioituun työnjohdon tarpeeseen. Materiaalitoimitusten osalta työnjohtajan tulee sopia tai tarkentaa toimitusaika, valvoa sen toteutumista sekä tehdä toimituksen vastaanottotarkastus. Tähän tarvittava työpanos tulee arvioida erikseen nimikekohtaisesti, koska niissä on merkittäviä eroja. Esimerkki valmisbetonin toimitusten päivittäinen ohjaus on työmäärältään selvästi suurempi kuin hankintakaupan suoritus.

3.3.7 Rakennuttamisen kustannukset

Rakennuttamisen kustannukset muodostuvat taulukon 8 mukaisten Talo 90 -nimikkeiden kustannuksista. Näiden kustannusten kohdistamisessa hankkeen tietyille osalle on samat vaikeudet kuin työnjohdon tai hankintatyön kohdistamisessa. Rakennuttamisen kustannukset otetaan vertailumenetelmässä huomioon tapauskohtaisesti ja vain siltä osin kuin vaihtoehdot aiheuttavat niihin eroja ja voidaan määritellä perusteltu kohdentamisperuste.

Taulukko 8. Rakennuttamisen nimikkeiden sisältö Talo 90 -nimikkeistössä ja niiden kustannusten laskenta vertailumenetelmässä.

Nimike ja sisältö	Kustannusten laskentatapa
B1 Rakennuttajan hallinto Projektinjohto ja paikallisvalvonta, toteuttajien valinta ja sopimusten valmistelu sekä rakennustoimikunnan yms. kustannukset	Tilaajan projektipäällikön, mahdollisen rakennuttajakonsultin ja paikallisvalvojan kustannukset lasketaan työtuntitarpeen ja tuntihinnan mukaan tai arvioituna kokonaishintana. Tarvittaessa eritellään muut kuin projektijohdon kustannukset hankkeen valmistelussa; esim. ulkopuolinen määrä- ja kustannuslaskenta.
B2 Suunnittelu Suunnittelu, mallit ja koerakenteet, kopiointi- ja atk-kustannukset	Suunnittelukustannukset lasketaan eri suunnittelijoiden arvioitujen tuntimäärien ja tuntihintojen sekä mahdollisten arvioitujen lisäkustannusten avulla. Malleista aiheutuvat lisäkustannukset arvioidaan erikseen elleivät ne sisälly muihin urakkahintoihin. Suunnitelmien lukumäärien erosta aiheutuvat kopiokustannusten erot eritellään tarvittaessa.
B3 Viranomaistoimet Viranomaistarkastukset	Kustannustekijät ovat yleensä samat eri vaihtoehdoissa, erittely tarvittaessa.
B4 Yhtiökulut, osuudet ja korvaukset Asunto- tai kiinteistöyhtiön perustaminen ja hallinto, osuudet yhteisistä tiloista tai palveluista	Erittely tarvittaessa.
B5 Rahoitus Rakennusaikaiset lainojen korot ja hoitokulut	Vertailuvaihtoehtojen kustannusten eriaikaisesta sitoutumisesta johtuvista pääomakustannusten eroista tehdään erillinen laskelma (kohta 4.3).
B6 Liittymismaksut Kunnallistekniikan liittymismaksut	Erittely tarvittaessa.
B7 Lisäkustannukset Lisä- ja muutostyöt, korvaukset kustannustason muutoksista, työmarkkinahäiriöt	Erittely tarvittaessa.

Tärkeimmät nimikkeet, joita vertailussa tulee tarkastella ovat B1 Rakennuttajan hallinto sekä B2 Suunnittelu. Erityisesti tuoteosakaupan ja perinteisten hankintatapojen vertailuissa tulee nämä nimikkeet ottaa huomioon. Tuoteosakauppa muuttaa perinteistä tehtäväjakoja ja osapuolten työmääriä mm. seuraavilta osin:

- tuoteosakaupan valmistelu lisää hankinta tai tarjoustyötä (uudentyyppisten tarjouspyyntöjen laatiminen, toimittajien esivalinta, toimittajien tarjoussuunnittelu, erilaisten tarjousten vertailu, tarjousten tarkennukset ennen sopimuksen tekoa)
- mahdollinen kaksivaiheinen rakennuslupamenettely

- tuoteosatoimittajan toteutussuunnittelu
- tilaajan ja tuoteosatoimittajan suunnittelijoiden vuorovaikutus
- rakennuttajan hyväksynyt tärkeimmille suunnitelmille ennen valmistusta ja asennusta.

Lisätietoja osapuolten tehtävistä tuoteosakaupassa saa esim. julkaisuista [5, 16, 21, 22, 44].

Käytettäessä tavanomaisia hankintatapoja, voivat vertailtavien tuoteratkaisujen erot vaikuttaa suunnittelukustannuksiin. Esimerkiksi elementtirakenteen ja paikallarakentamisen vertailussa elementtisuunnittelu korvautuu muulla suunnittelulla, jolloin suunnittelun työmäärät ja kustannukset tulee arvioida.

Rakennuttajan paikallisvalvonnan tarve on saman tyyppinen panostarve kuin työjohtopanos. Se on verrannollinen paitsi rakentamisen kestoon niin myös työmaalla tehtyyn työmäärään. Myös urakoitsijoiden ja toimittajien laaduntuottokyky vaikuttavat valvonnan tarpeeseen. Valvontatarve tulee vertailussa arvioida tapauskohtaisesti.

Vertailumenetelmässä ei käsitellä rakennusaikaisia korkokustannuksia rakennuttajan kustannuksina, vaan pääomakustannukset lasketaan vertailukelpoisella tavalla erikseen (ks. kohta 4.3).

3.3.8 Työmenekksidonnaiset työmaatekniikkakustannukset

Tutkimuksen [19] mukaan työmaan kokonaistyömenekki on työmaatekniikan kustannuksia merkittävimmin selittävä tekijä. Työmaatekniikkakustannukset korreloivat voimakkaammin työmenekin kuin esim. kohteen bruttoalan kanssa.

Vertailumenetelmässä kohdistetaan osa työmaatekniikan kustannuksista välittömälle työlle työtuntien mukaan. Taulukossa 9 esitetään kohdistettavat nimikkeet ja kustannustiedot. Kustannukset lasketaan kahden tunnusluvun avulla: työmaan kaikille työtunneille kohdistettavat kustannukset ja rakennusyrityksen omien työntekijöiden tunneille kohdistettavat lisäkustannukset.

Taulukon nimikkeet on valittu melko varovasti. Myös eräitä muita nimikkeitä olisi voitu sisällyttää tähän ryhmään, esim. työnaikainen siivous, mutta ne päätettiin kohdistaa työvaiheille todellisen panostarpeen mukaan. Nämä nimikkeet kuvataan jäljempänä. Taulukon nimikkeiden valinta ja ryhmittely perustuvat asiantuntija-arvioihin.

Kustannustiedot laskettiin 11 kohteen toteutumatiетоjen perusteella, jotka saatiin kolmelta yritykseltä. Nimikekohtaisten kustannusten vaihtelu oli suurta yritysten erilaisten litterointitapojen vuoksi. Yhteenlaskettujen tunnuslukujen (kokonaiskustannus omille tunneille) hankekohtainen vaihteluväli oli 9,17 - 13,14 mk/tth (keskiarvo 10,72).

Jos yrityksen omien työntekijöiden keskituntiansio on 55 mk/h ja sotukustannukset 74 % (yht. 95,70 mk/h), aiheutuu työmenekkisidonnaisista kustannuksista (10,72 mk/h) 11,2 %:n yleiskustannus henkilöstökulujen päälle.

Taulukko 9. Välittömälle rakennustyölle kohdistettavat työmaatekniikkakustannukset. Kustannukset perustuvat vuosina 1992 - 1994 rakennettujen kohteiden toteutumatietoihin.

Talo 90 koodi	nimike	Kustannus mk / tth
C12	Työmaatoimisto	0,74
C17	Edustus	0,22
C19	Työsuojelu ja työturvallisuus	0,59
C21	Työmaarakennukset	1,69
C34	Työmaatilojen hoito	0,31
C39	Työnaikaiset korjaukset	0,21
C43	Vesi	0,10
Kustannukset työmaan kaikille tunneille yhteensä		3,86
C13	Varaston hoito	0,16
C16	Koulutus	0,06
C18	Luottamustoimet ja työterveydenhuolto	0,08
C62	Työkalut ja välineet	2,27
C63	Käyttötarvikkeet	3,23
C97	Työkalukorvaukset	0,41
C98	Matkakorvaukset	0,65
Lisäkustannukset omien töiden tunneille		6,86

3.3.9 Muut työmaatekniikkakustannukset

Muut työmaatekniikkakustannukset lasketaan arvioidun panostarpeen mukaan. Periaatteessa kustannusvertailussa tulee laskea kaikki vaikuttavat kustannukset mukaan, jotta tulokset kuvaisivat todellista kustannustasoa eikä vain vaihtoehtojen vertailukustannuksia. Kuitenkin vähäiset työmaatekniikan kustannuserät, jotka ovat samat vertailtavissa vaihtoehtoissa, voidaan jättää pois vertailusta.

Osa tässä esitettävistä työmaatekniikkakustannuksista on joko kokonaan tai osittain aikasidonnaisia. Nämä kustannukset otetaan huomioon, jos ne määräytyvät suoraan vaihtoehtojen ominaisuuksien mukaan. Esimerkiksi telinekaluston kustannus lasketaan työvaiheen keston mukaan, mutta esimerkiksi rakennusaikaisen lämmitysenergian tarve muuttuu vain, jos koko hankkeen kesto muuttuu. Hankekoh- taisten aikasidonnaisten kustannusten tarkastelu tehdään erikseen ja esitetään kohdassa 4.2.

Taulukossa 10 on luettelo työmaatekniikan nimikkeistä ja niiden laskentaan liittyvistä asioista. Luettelo toimii muistilistana, jonka avulla tulisi arvioida aiheuttavatko vaihtoehdot eroja nimikkeiden kustannuksiin. Nimikkeiden kustannuslaskennassa voidaan käyttää kahta eri tapaa:

- Nimike lasketaan osana rakennus- tai laiteosan tuoterakennetta, jolloin nimike esiintyy vain panoksena ko. osassa.

- Nimikettä varten perustetaan oma hankeosanimike, jolloin laskentamenetelmän mukaan muodostuu apusuorite, johon varsinainen panosnimike kytketään.

Laskentatapa voidaan valita tarpeen mukaan, mutta suosituksena voi pitää työmaatekniikan nimikkeen kytkemistä rakennus- ja laiteosiin, jolloin kohdentamisperuste käy selvästi ilmi.

Taulukko 10. Muut työmaatekniikkanimikkeet ja niiden laskentatapa.

Nimikkeet	Kustannusten laskenta
Avustavat työt C31 Rakennusaputyöt C33 Rakennusten suojaus C37 Työnaikainen siivous C71 Mittaukset	Avustavien rakennustöiden työpanokset sisällytetään ensisijaisesti rakennus- ja laiteosien tuoterakenteisiin. Tällöin tuoterakenteet kuvaavat paremmin työkokonaisuutta. Suojaustyön lisäksi tulee ottaa huomioon suojausten materiaali- ja kalustokustannukset.
Kalusto C35 Työmaakuljetukset C51 Torninosturit C52 Ajoneuvonosturit C53 Rakennushissit C54 Telineet C61 Työkoneet	Työmaan yhteisen kaluston kustannukset tulee aina kohdistaa vertailulle niiden suurehkon kustannusvaikutuksen vuoksi. Kustannukset määräytyvät ajan perusteella, minkä vuoksi joudutaan määrittelemään ko. työvaiheen kesto. Jos kuljetuskustannukset eivät sisälly tarvikkepanosten hankintahintoihin tulee ne eritellä ko. tuoterakenteessa tai erillisenä kustannuseränä hankinnan yhteydessä.
Energia ja talvilisätyöt C41 Työmaalla tuotettu energia C42 Sähkö C44 Kaasu C45 Polttoaineet C46 Kaukolämpö C81 Lumi- ja jäätyöt C82 Roudan rikkominen, sulatus C83 Lämpösuojaus C84 Lämmitys ja kuivaus	Nimikkeiden kustannukset lasketaan vain, jos vertailtavat vaihtoehdot aiheuttavat niihin mitattavissa olevia eroja. Laskenta edellyttää laskelman sitomista kalenteriaikaan, koska panostarpeet määräytyvät vuodenajan mukaan.
Kokeet ja katselmukset C14 Katselmukset C72 Laadunvarmistusmittaukset ja -kokeet C73 Tutkimusmittaukset C74 Maaperätutkimukset	Katselmusten ja mittausten työ- ja muut kustannukset lasketaan arvioitujen tai toteutuneiden kustannusten mukaan. Työmaakatselmukset eivät sisälly taulukossa 6 esitettyyn työnjohdon työmenekkiin.
Työmaakohtaiset nimikkeet C15 Vartiointi C22 Työmaatiet ja varastoalueet C23 Aitaus ja mainoskilvet C24 Vesijohdot ja viemärointi C25 Työnaikaiset sähkötyöt C27 Majoitustilat C32 Johtotöiden liittäminen C36 Liikenteen hoito ja ohjaus C38 Loppusiivous C91 Työmaan vakuutukset C92 Vakuuskulut ja sopimussakot C93 Takuukorjaukset C94 Vahingonkorvaukset C95 Keskeytyskustannukset C96 Rakennusalueen vuokrat	Nimikkeiden kustannukset lasketaan vain, jos vertailtavat vaihtoehdot aiheuttavat niihin mitattavissa olevia eroja. Kustannukset ovat verrannollisia joko kohteen laajuuteen (esim. loppusiivous) tai keston (vartiointi) tai molempiin (aitaus ja mainoskilvet). Lisäksi ryhmään sisältyy muita kustannuseriä (esim. takuukorjaukset).

4 MUUT KUSTANNUSLASKELMAT

4.1 RAKENNUSKUSTANNUSTEN VAIHTELU

4.1.1 Lähtökohta

Käytännön kustannuslaskennassa ei oteta järjestelmällisesti huomioon lähtötietoihin liittyvää epävarmuutta tai se otetaan huomioon erillisessä riskivaruudessa, joka arvioidaan hankekohtaisesti kokemuksen perusteella. Kustannusvertailun eri vaihtoehtojen häiriöalttiudessa, riskeissä ja lähtötietojen luotettavuudessa saattaa olla merkittäviä eroja. Näiden tunnistaminen on keskeinen osa tulosten arviointia ja johtopäätösten tekoa.

Lähtötietojen epävarmuus liittyy ensisijaisesti panosten menekkeihin. Työmenekissä, materiaalihukassa ja työmaatekniikan menekeissä on aina vaihtelua. Merkittävä osa työmenekin vaihtelusta aiheutuu siihen sisältyvien lisäaikojen vaihtelusta. Taulukossa 11 on lueteltu työmenekkiin sisältyvät erilaiset lisäajat, jotka ovat työajasta 10 - 30 %:a.

Myös materiaalihankintojen ostohinnoissa voi olla jopa kymmenien prosenttien vaihtelua [31]. Volyymiostoissakin on useiden prosenttien vaihtelua. Alihankintatai aliurakkahintoihin voi liittyä epävarmuutta, mutta yleensä käytetään sitovia tarjous- ja markkinahintoja. Tällöin niihin liittyvät epävarmuudet ovat sopimuksen tehneen toimittajan huolena. Vaikka vertailussa otetaan huomioon kaikille osapuolille aiheutuvat kustannukset, tehdään kustannusvertailu ja myös epävarmuuksien tarkastelu tietyn osapuolen näkökulmasta.

Seuraavissa kappaleissa esitellään kahta menetelmää epävarmuuksien tarkastelussa. Ne ovat

- vaihteluvälimenetelmä
- jakaumamenetelmä

Taulukko 11. Työmenekkiin sisällytettävät lisäajat [22]

Työnjärjestelyn lisäajat	
Työnjohdon ohjeiden anto – työn vuoksi suoritettu keskustelu – piirustusten ym. työohjeiden lukeminen – tunti- ja laatiminen ja mittaus – työn puute – suoritemäärien mittaus Valvonnan aiheuttama työn keskeytys – huonosta työnlaadusta määrätty keskeytys – huonosta materiaalista määrätty keskeytys – työturvallisuuden vuoksi määrätty kesk. – suunnitteluvirheet	Työstä johtuvat odotukset – materiaalin odotus – nosturin odotus – koneiden ja laitteiden odotus – toisen työvaiheen odotus
Työntekijän lisäajat	
Sopimuksen mukaiset tauot – kahvitauot – 3-vuorotyön ruokailu – sopimuksen mukainen kulku – henkilökohtaiset tarpeet – likaisen työn edellyttämä peseytymisaika – palkanmaksu – työn vaatimaan erikoissuojavarustukseen pukeutuminen	Muut tauot – myöhäinen aloitus ja aikainen lopetus – lepotaumat (elpyminen) – asiaton keskustelu ja puuhailu – työntekijöistä johtuvan virheen korjaus – tapaturmat – muut tauot
Koneiden ja kaluston lisäajat	
– konerikot – koneiden ja laitteiden huolto	
Olosuhdelisät	
Säästä johtuvat lisäajat – sade tai sumu estää työn – pakkaneen estää työn – tuuli estää työn – pimeys estää työn	Muut olosuhdelisäajat – liukkaus estää työn – liikenne estää työn – räjäytystöiden tms. aiheuttama keskeytys
Valmistelu- ja lopetuslisäajat	
Valmistelutyöt – koneiden, työvälineiden ja materiaalien nouto – koneiden ja laitteiden laitto työkuntoon – työpaikan järjestely työkuntoon – muut valmistelut	Lopetustyöt – koneiden, työvälineiden ja materiaalien siirto varastoon – muut lopetustoimet – koneiden ja työvälineiden suojaus – varoituslaitteiden asennus: pukit, vilkut, liikennemerkit

4.1.2 Vaihteluvälimenetelmä

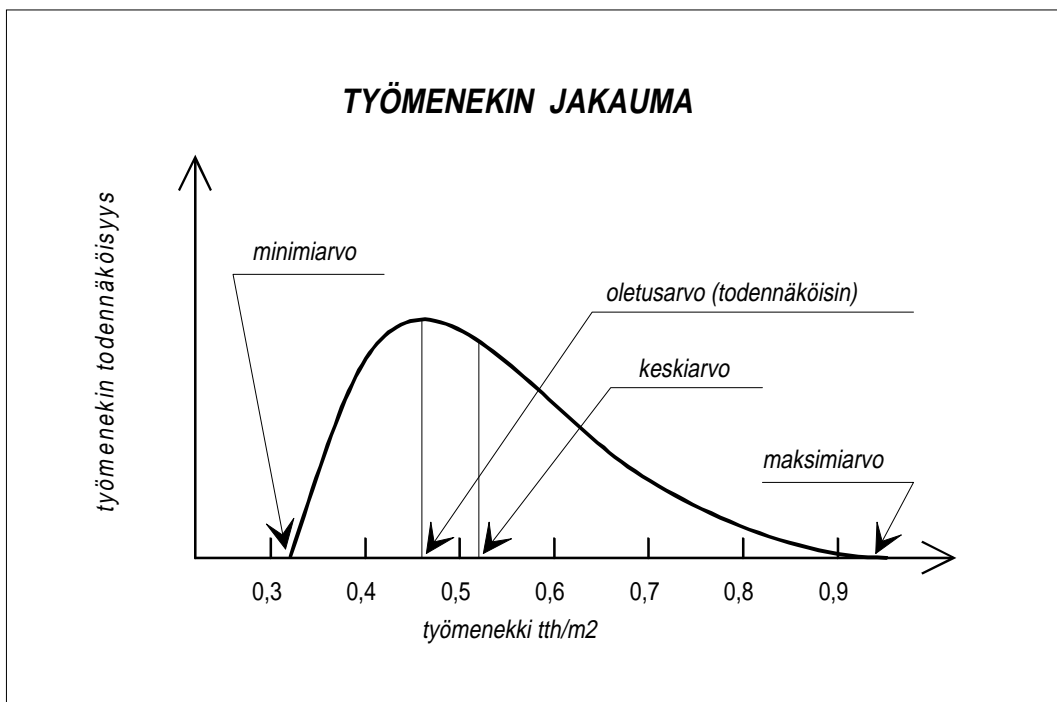
Vaihteluvälimenetelmässä tarkasteltaville muuttujille, esim. työmenekille, määritellään pienin ja suurin mahdollinen arvo. Lisäksi määritellään yleensä todennäköinen arvo, jota käytetään peruslaskelmassa. Kustannusarvio lasketaan yhteen ala- ja ylärajan arvoilla ja näin saadaan kokonaiskustannuksen vaihteluväli.

Menetelmä on yksinkertainen ja laskelmien tekeminen helppoa. Tuloksena syntyy karkea käsitys mahdollisesta kokonaiskustannuksen vaihtelusta. Menetelmä on parhaimmillaan ryhmätyömenetelmänä, jossa asiantuntijaryhmä arvioi ala- ja ylärajojen arvot [26]. Vertailusovelluksessa (luku 6.) käytetään tätä menetelmää.

4.1.3 Jakaumamenetelmä

Jakaumamenetelmässä eri muuttujille määritellään todennäköisyysjakauma, joka kuvaa muuttujien arvojen hajontaa. Kuvassa 6 on esimerkki työmenekin jakaumasta. Jakauma kuvaa eri työmenekkiarvojen todennäköisyyksiä. Normaalissa kustannuslaskennassa käytetään muuttujan arvona oletusarvoa tai keskiarvoa.

Työmenekin jakauman on todettu noudattavan kuvassa esitetyn kaltaista ns. Beta-jakaumaa. Jakauma on toispuoleinen, jolloin oletusarvo ja keskiarvo poikkeavat toisistaan. Beta-jakauman täsmällinen muoto määritellään Beta-funktion parametreilla ja lisäksi määritellään jakauman ala- ja ylärajat.



Kuva 6. Työmenekin hajonta noudattaa Beta-jakaumaa.

Toinen tavallinen jakauman muoto on normaalijakauma, jossa arvot vaihtelevat tasaisesti keskiarvon molemmin puolin. Jakauma määritellään keskiarvon ja keskihajonnan avulla. Normaalijakaumaa voidaan käyttää esim. kuvaamaan tuntipalkkojen hajontaa. Muita mahdollisia jakaumatyyppejä on useita erilaisia. Osa niistä soveltuu erityistarkoituksiin, kuten esim. koneen vikaantumisvälien analysointiin.

Jakaumien määrittely perustuu käytännössä laskelman laatijan kokemukseen ja näkemykseen. Laskijan tulee valita jakauman tyyppi, määrittellä oletusarvo ja/tai keskiarvo sekä arvioida muuttujan vaihteluväli. Rakennustuotannon jakaumista ei juuri ole täsmällistä tietoa, mutta lähteessä [22] on käsitelty jakauman määrittelyä.

Kustannustekijöille määriteltyjen jakaumien vaikutusta kustannuslaskelman lopputulokseen ei voida määrittellä yhtä helposti kuin vaihteluvälimenetelmässä. Jakaumien vaikutusta tarkastellaan simuloinnin avulla. Yleensä käytetään ns.

Monte-Carlo -simulointia. Simuloinnissa muuttujille annetaan jakauman mukaisesti painotettuna satunnaisia arvoja ja lasketaan lopputulos. Tämä toistetaan 100 - 300 kertaa, jolloin saadaan selville kokonaiskustannuksen hajonta ja sen mukainen jakauma-kuvaaja.

Menetelmän soveltaminen edellyttää, että muuttujat, joille jakaumat määritellään, ovat toisistaan riippumattomia. Esimerkiksi tietyn työvaiheen ammattityön ja aputyön menekit eivät yleensä ole riippumattomia vaan ammattityön menekin nousu voi lisätä myös aputyön tarvetta. Kehittyneissä analysointiohjelmissä voidaan määritellä erilaisten jakaumien lisäksi eri muuttujien välille korrelaatiokerroin, joka otetaan simuloinnissa huomioon. Näin simulointituloksia kuvaa matemaattisesti oikean kokonaiskustannusten jakauman.

Jakaumamenetelmän soveltaminen edellyttää tietokoneen käyttöä analysoinnissa. Simulointiohjelmien avulla voidaan automatisoida simulointi ja havainnollistaa tuloksia graafisilla kuvaajilla. Esimerkiksi amerikkalainen @RISK-ohjelma (Palisade Corporation) [1] toimii Excel-taulukkolaskentaohjelman kanssa ja sillä voidaan analysoida normaalin Excel-taulukon tietoja.

4.2 AIKASIDONNAISET KUSTANNUKSET JA TUOTOT

4.2.1 Laskentatapa

Rakentamisajan lyheneminen säästää hankkeen aikasidonnaisia kustannuksia. Ne aiheutuvat pääasiassa aikasidonnaisista työmaatekniikkakustannuksista, mutta myös esim. rakennuttajan valvontakustannusten alenemisena. Rakentamisajan lyhentäminen alentaa myös rakentamisaikaisia korkokuluja. Usein merkitykseltään suurin erä on hankkeen aikasidonnaiset tuotot, esim. vuokratuotot, jotka aikaistuvat, jos rakennus voidaan ottaa aikaisemmin käyttöön. Korkokuluja ja tuottoja käsitellään tarkemmin kohdassa 4.3 Pääomakustannukset.

Aikasidonnaisten kustannusten ja tuottojen laskennan kannalta on oleellista, että koko hankkeen rakentamisaika muuttuu. Vaikka rakennuksen osan tai rakenteen rakentamisaika lyhenisi, niin koko hankkeen rakentamisaika ei muutu ellei tarkasteltavan osan toteutus ole hankkeen kriittisellä polulla. Kriittiset tehtävät (ns. kriittinen polku) määräävät hankkeen keston. Esimerkiksi hissikuilun nopeampi rakentamisaika ei lyhennä hankkeen kestoa, jos muu runko tehdään entisellä nopeudella.

Jos hankkeen kriittisellä polulla olevan osan rakentamisaika merkittävästi lyhenee, voi hankkeen kriittinen polku muuttua. Tällöin jotkin muut tehtävät muuttuvat kriittisiksi, minkä vuoksi koko hankkeen kesto voi lyhentyä vähemmän kuin tarkasteltavan osan kesto on lyhentynyt.

Aikasidonnaisilla kustannusten laskenta painottuu työmaatekniikan kustannuksiin. Kun kohdassa 3.3 käsiteltiin hankeosien ja erityisesti työmaatekniikan kustannuksia, tarkoitettiin vain sitä osaa kustannuksista, joka voidaan perustellusti kohdistaa

tarkasteltavalle rakennuksen osalle tai rakenteelle. Tässä aikasidonnaisilla kustannuksilla tarkoitetaan koko hankkeen kustannuksia.

Työmaatekniikka kustannusten taso määräytyy rakennushankkeen laajuuden, kokonaistyömenekin, kohteen rakenne- ja tuotantotekniikan, vuodenajan ja rakentamisen keston perusteella. Kustannusten kokonaistasoon kesto vaikuttaa melko vähän, ehkä alle 20 % (vrt. [47] s. 31). Tilanne kuitenkin muuttuu, kun työmaan infrastruktuuri on perustettu suunnitellussa laajuudessa. Useimpien työmaatekniikkanimikkeiden kustannus on joko suoraan tai osittain verrannollinen nimikkeen tarveaikaan työmaalla. Nimikkeen aikasidonnainen osuus on samalla rajakustannus aikayksikköä kohti.

Työmaatekniikkanimikkeen tarveajan muutos muuttaa kustannuksia ko. rajakustannuksen verran. Rajakustannusta voidaan pitää vakiona, jos tarveaika ei muutu huomattavasti. Suurissa muutoksissa on arvioitava nimikkeen sisällön perusteella rajakustannuksen muuttuminen tai korvautuminen. Esim. jos rakennushissin käyttöaika lyhenisi puoleen, on mahdollista, että sen käytöstä luovutaan työmaalla kokonaan ja pystyliikenne korvataan muulla tavalla.

Jos vaihtoehtoverailussa kohdistetaan osa työmaatekniikan kustannuksista vertailukohteelle (kohta 3.3) ja lisäksi otetaan huomioon koko hankkeen aikakustannusten säästöt, on vaarana, että kustannuksia lasketaan kahteen kertaan. Periaatteessa rakennuskustannuksia ja aikakustannusten säästöjä ei tule laskea yhteen, koska rakennuskustannukset kuvaavat kustannustasoa ja aikakustannukset kustannuseroa suhteessa perustapaukseen.

Kun nämä esitetään rinnakkain, ei rakennuskustannusten laskelmaan saa sisältyä työmenekkisidonnaisia hankeosien kustannuksia, jos vastaavat nimikkeet sisältyvät aikakustannusten säästöihin. Lisäksi työmaan yhteisten avainresurssien, kuten työnjohto tai torninosturi, kustannusten laskentatapa tulee arvioida tapauskohtaisesti. Näiden nimikkeiden rajakustannus voi muuttua herkästi, koska suuren kustannusmerkityksen vuoksi niiden panostarpeet suunnitellaan aina todellisen tarpeen mukaan.

4.2.2 Aikasidonnaiset työmaatekniikkanimikkeet

Vertailumenetelmässä kustannukset lasketaan työmaatekniikkanimikkeiden aikasidonnaisen rajakustannuksen perusteella. Taulukossa 12 esitetään aikasidonnaiset työmaatekniikkanimikkeet, jotka on jaettu kolmeen ryhmään:

- A Suoraan aikasidonnaiset nimikkeet; kustannukset jakautuvat koko rakentamisajalle
- B Osittain aikasidonnaiset nimikkeet; kustannukset jakautuvat koko rakentamisajalle
- C Aikasidonnaiset nimikkeet; kustannukset jakaantuvat rakentamisajan osalle.

Ryhmän C osalta on tunnettava missä rakentamisvaiheessa lyheneminen tapahtuu, jotta kustannusvaikutus voidaan laskea.

Taulukko 12. Aikasidonnaiset työmaatekniikka-nimikkeet ja niiden kustannusten suuruusluokat asuntokohteissa. Kustannukset perustuvat vuosina 1992 - 1994 rakennettujen kohteiden toteutumatietoihin.

Nimike	Tunnusluku mk/rm ³ /kk	Arvioitu aikasidonnainen osuus tunnusluvun kustannuksesta
A. Suoraan aikasidonnaiset nimikkeet		
C11 Työnjohto	1,65 - 3,43	10...100 % toimihenkilöstä riippuen
C12 Työmaatoimisto	0,18 - 0,36	100 %
C13 Varaston hoito	0,016 - 0,04	100 %
C15 Vartiointi	0,075 - 0,18	100 %
C18 Luottamustoimet ja työterveyden huolto	0,045 - 0,17	100 %
C34 Työmaatilojen hoito	0,077 - 0,19	100 %
C37 Työnaikainen siivous	0,67 - 1,05	100 %
C39 Työnaikaiset korjaukset	0,024 - 0,03	100 %
C91 Työmaan vakuutukset	0,08 - 0,23	100 %
C92 Vakuuskulut ja sopimussakot	10 - 20	työmaan myöhästyessä sovitusta aikataulusta
C97 Työkalukorvaukset	0,072 - 0,23	100 %
C98 Matkakorvaukset	0,2 - 0,4	100 %
B. Osittain aikasidonnaiset nimikkeet		
C19 Työsuojelu ja työturvallisuus	0,21 - 0,38	90 %
C21 Työmaarakennukset	0,34 - 1,1	80...90 %
C23 Aitaus ja mainoskilvet	0,024 - 0,05	20 %
C25 Työnaikaiset sähkötyöt	0,8 - 1,2	aikasidonnainen osa
C33 Rakennusten suojaus	0,19 - 0,42	30...60 %
C35 Työmaakuljetukset	0,54 - 1,48	10...30 %
C36 Liikenteen hoito ja ohjaus	0,036 - 0,063	n. 70 %
C42 Sähkö	0,29 - 0,78	70...80 %
C43 Vesi	0,013 - 0,14	70...80 %
C62 Työkalut ja välineet	0,012 - 0,19	10...30 %
C71 Mittaukset	0,79 - 2,2	aikasidonnaisuus työmaa- ja rakennusvaihekohtaista
C. Aikasidonnaiset nimikkeet; kustannukset jakaantuvat osalle		
C44 Kaasu	0,007 - 0,06	100 %
C45 Polttoaineet	0,0025 - 0,36	100 %
C46 Kaukolämpö	0,22 - 1,27	80 %
C51 Torninosturi	1,93 - 4,3	aikasidonnaisuus työmaakohtaista
C53 Rakennushissit	0,22 - 2,0	aikasidonnaisuus työmaakohtaista ~90 %
C54 Telineet	0,2 - 1,2	aikasid. työmaa- ja rakennusvaihekohtaista ~70 %
C61 Työkoneet	0,6 - 1,2	aikasid. työmaa- ja rakennusvaihekohtaista ~100 %
C81 Lumi- ja jäätyöt	0,2 - 1,67	aikasid. työmaa-, rakennusvaihe- ja vuoden-aikakohtaista ~100 %
C84 Lämmitys ja kuivaus	0,1 - 0,3	aikasid. työmaa-, rakennusvaihe- ja vuoden-aikakohtaista ~90 %

Taulukossa 12 esitetään työmaatekniikkanimikkeiden kustannuksia tunnusluvulla mk/rm³/kk. Tiedot on tarkoitettu kuvaamaan kustannusten suuruusluokkia ja nimikkeiden keskinäisiä eroja. Liitteessä 2 on tarkempi kuvaus laskentaperusteista. Taulukon tiedot perustuvat asuntokohteisiin, joiden koon vaihtelu (5000 - 14000 rm³) aiheutti vaihtelua myös tunnuslukuihin.

Prosenttiluku taulukossa 12 kuvaa aikasidonnaista osuutta nimikkeen kokonaiskustannuksesta (ts. tunnusluvusta). Esimerkiksi työmaatilojen hoito on suoraan

verrannollinen aikaan, kun taas työmaarakennusten kustannus sisältää aikasidonnaisen osan lisäksi kiinteän osan, joka muodostuu tilojen pystytyksestä ja kuljetuksesta.

4.3 PÄÄOMAKUSTANNUKSET

Pääomakustannukset otetaan huomioon laskemalla vertailtavien vaihtoehtojen kustannusten nykyarvot valitulla korkokannalla. Nykyarvon laskenta edellyttää tiedot kustannusten ajoituksesta. Sitä varten tulee määritellä vaihtoehtojen aikataulut ja kohdistaa kustannukset aikataulutehtäville (ks. kohta 5.1 Aikatauluvertailu). Kuvassa 7 on esimerkki kahdesta vaihtoehdosta, joiden kustannukset ajoittuvat eri tavoin, vaikka kokonaiskustannus on sama.

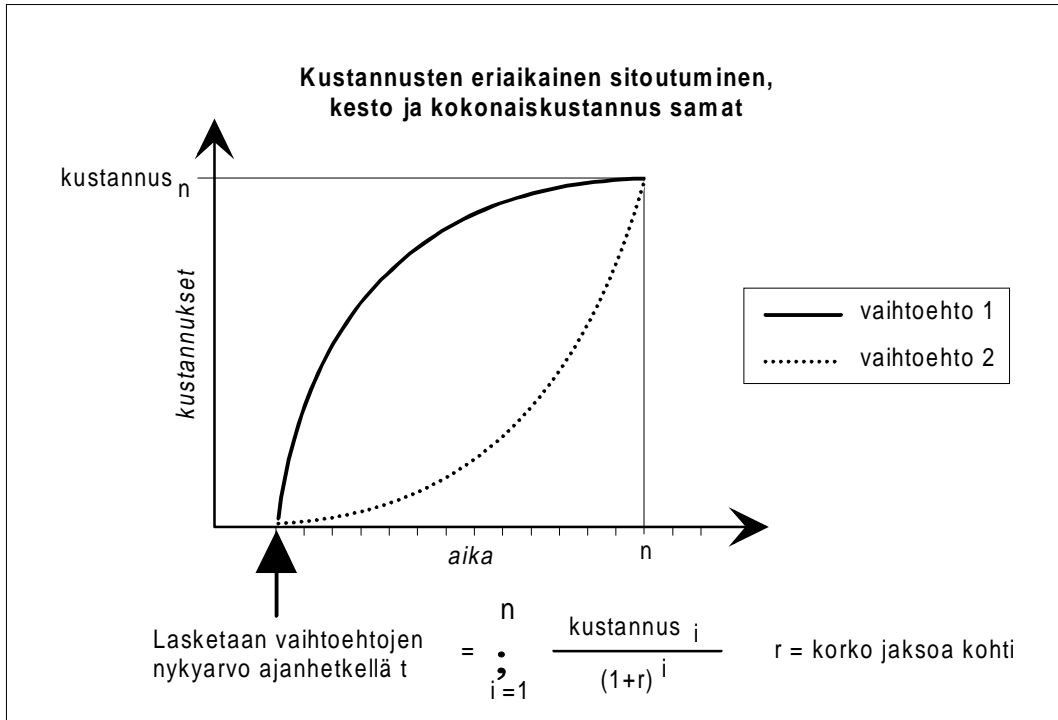
Nykyarvon laskentakaava on:

$$P = S \frac{1}{(1 + r)^n}$$

jossa P = nykyarvo, S = kustannus tulevaisuudessa, r = korko valittua jaksoa kohti ja n = nykyhetken ja S :n toteutumisaajan välisten jaksojen lukumäärä ([43]). Yleensä nykyarvolaskennassa käytetty jakso on vuosi, mutta tässä käyttötarkoituksessa sen tulee olla viikko tai päivä.

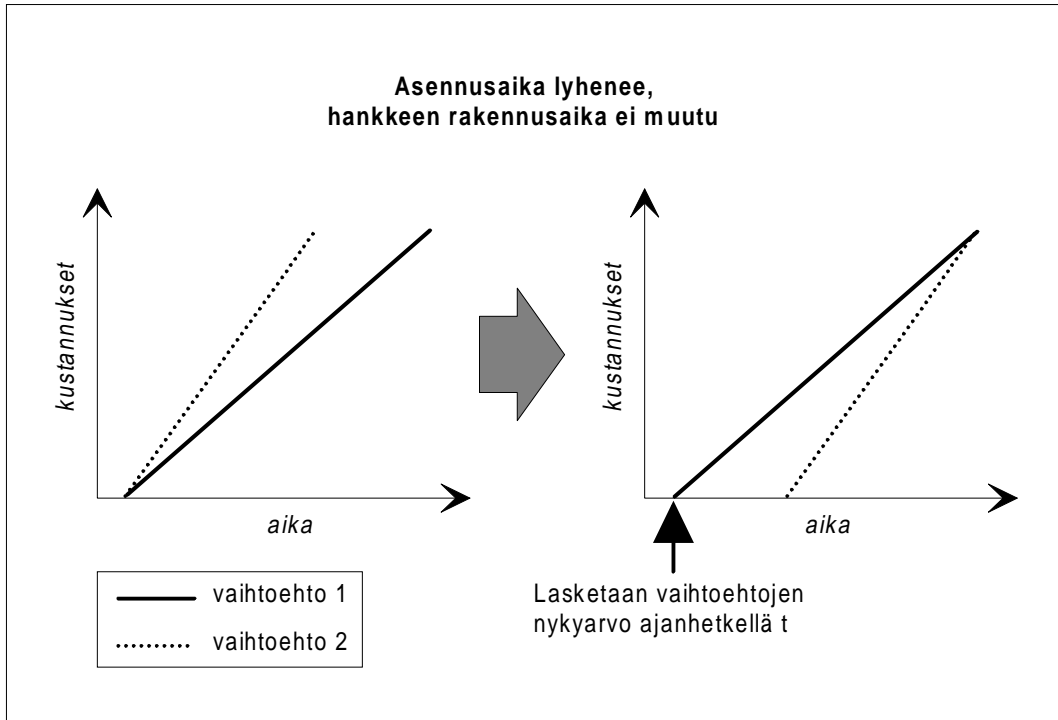
Kustannusjakauman nykyarvo saadaan laskemalla yhteen jaksojen nykyarvot (ks. kaava kuvassa 7). Tämän vuoksi pitää olla tiedossa erikseen jokaisen jakson kustannus. Tarkasteluajankohdan, jolle nykyarvo lasketaan, tulee olla sama kaikissa vaihtoehdoissa. Tarkasteluhetkeksi valitaan vaihtoehtojen aikaisin päivämäärä, jolloin kustannuksia alkaa muodostua.

Nykyarvo on kaavan mukaisesti sitä pienempi mitä myöhemmin kustannus toteutuu. Esim. kuvan 7 vaihtoehdon 2 nykyarvo on pienempi kuin vaihtoehdon 1 ja se on siten edullisempi vaihtoehto.

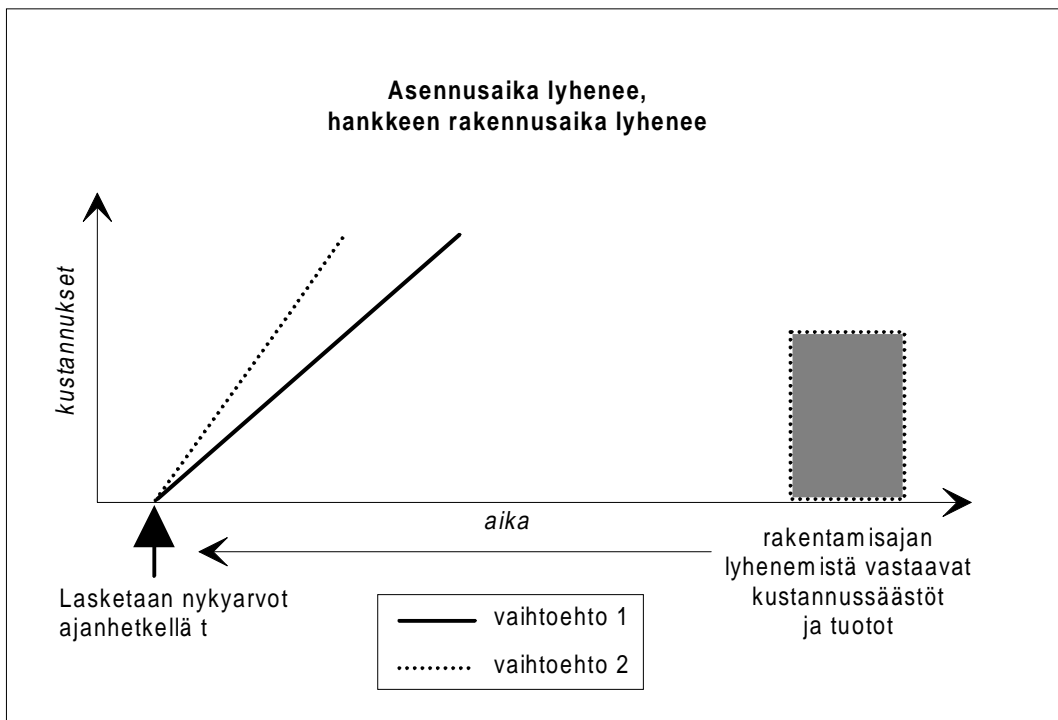


Kuva 7. Kustannusten eri aikainen sitoutuminen otetaan huomioon nykyarvon laskennassa.

Kuvissa 8 ja 9 on esimerkkejä nykyarvon laskennasta, kun vaihtoehtojen rakentamisajoissa on eroja. Jos rakentamisaajat ovat erilaisia eikä ajoitusta ole muuten sidottu, tasataan nykyarvon laskennassa vaihtoehtojen loppuajat. Tällöin nopeampi vaihtoehto saa tästä edun, kun sen kustannukset kertyvät myöhemmin (kuva 8). Jos vertailtavan rakenteen rakentamisaajan lyheneminen lyhentää samalla koko kohteen kestoa, tasataan vaihtoehtojen aloitusajankohdat. Tällöin lyhenemisestä aiheutuvien tuottojen tms. nykyarvo tulee määrittellä osana laskentaa (kuva 9).



Kuva 8. Jos kestoiltaan erilaiset vaihtoehdot voidaan ajoittaa vapaasti, tasataan vaihtoehtojen loppuajat nykyarvon laskentaa varten, jolloin nopeampi vaihtoehto on edullisempi.



Kuva 9. Rakentamisaian lyhenemisestä aiheutuvien kustannussäästöjen tai tuottojen laskennassa tulee myös ottaa huomioon niiden ajoittuminen.

4.4 ELINKAARIKUSTANNUKSET

Jos vertailtavien vaihtoehtojen elinkaaren aikaiset kustannukset eroavat, tulee ne ottaa vertailussa huomioon. Eroja voi aiheutua hoitokustannuksista kuten esim. energian kulutuksesta, huollon tarpeesta tai vaihtoehtojen erilaisista kunnossapitojaksoista (käyttöikä). Elinkaarikustannukset voidaan laskea nykyarvomenetelmällä lähteen [11] mukaan:

$$K_N = R_N + H_N + KP_N - J_N$$

jossa K_N = kustannusten nykyarvo, R_N = rakennuskustannusten nykyarvo, H_N = hoitokustannusten nykyarvo, KP_N = kunnossapitokustannusten nykyarvo, J_N = jäännösarvon nykyarvo.

Rakennuskustannusten nykyarvona voidaan tässä tarkastelussa käyttää investointikustannuksia. Hoitokustannukset muodostuvat säännöllisestä vuosittaisesta kiinteistönpidosta kuten esim. lämmitys, vesi, huolto ja siivous. Tässä tarkastelussa hoitokustannukset oletetaan vuosittain saman suuruisiksi. Hoitokustannusten nykyarvo lasketaan:

$$H_N = H_A \frac{(1+r)^n - 1}{r(1+r)^n}$$

jossa H_N = hoitokustannusten nykyarvo, H_A = vuosittainen hoitokustannus, r = korkokanta, n = tarkastelujakso vuosina.

Kunnossapitokustannukset syntyvät tiettyjen ajanjaksojen välein. Niiden nykyarvo lasketaan summaamalla yhteen eri kunnossapitotoimenpiteiden nykyarvot:

$$KP_N = \sum KP_i \frac{1}{(1+r)^i}$$

jossa KP_N = kunnossapitokustannusten nykyarvo, KP_i = kunnossapitokustannukset vuonna i , r = korkokanta, i = vuosi, jolloin kunnossapitotoimenpiteitä tehdään.

Jäännösarvo kuvaa rakenteen arvoa tarkasteltavan ajanjakson päättyessä. Jäännösarvona voidaan pitää rakenteen uudisrakennusarvoa vähennettynä niillä korjauskustannuksilla, jotka aiheutuvat rakenteen korjaamiseksi uudistasoon. Jäännösarvo voi siten olla jopa negatiivinen esim. uusittavan rakenteen osalta, joka joudutaan purkamaan ennen uuden asentamista. Jäännösarvon nykyarvo lasketaan samalla kaavalla kuin kunnossapitokustannusten nykyarvo.

5 VAIHTOEHTOJEN ARVIOINTI

5.1 AIKATAULUVERTAILU

5.1.1 Vertailun tarkoitus

Pelkkä kustannusvertailu ei ole riittävä väline vertailtavien rakentamistapojen arvioimiseksi. Sen lisäksi tarvitaan tarkempaa tuotantoprosessien vertailua. Aikatauluvertailun tarkoituksena on muodostaa halutulla tarkkuustasolla malli tuotantoprosessista sekä määritellä tarkasteltavien vaihtoehtojen rakentamisajat.

Yksittäinen kustannuslaskelma on perusmuodossaan pelkkä luettelo nimikkeistä ja niiden hinnoista. Ainoa dynaaminen osa laskelmassa ovat tuoterakenteiden menekkikertoimet, jotka sitovat rakennusosan ja sen sisältämien suoritteiden ja panosten määrät toisiinsa, mutta mitään muita riippuvuuksia laskelma ei sisällä.

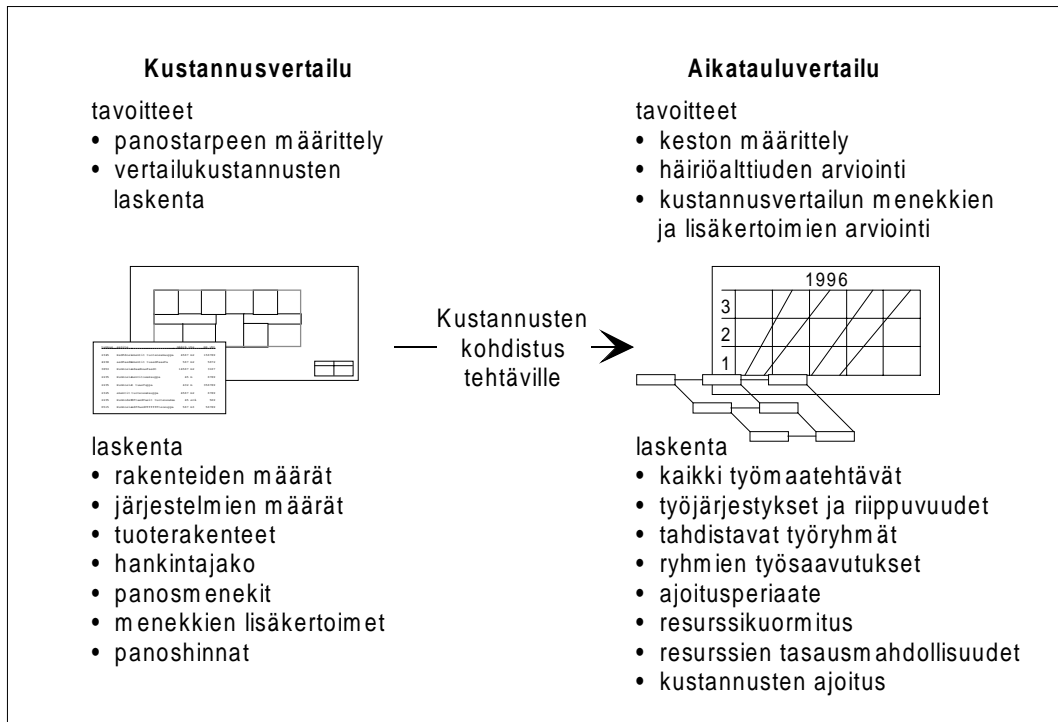
Normaalissa kustannuslaskennassa oletetaan välittömän työn kustannusten olevan täysin muuttuvia kustannuksia, jotka ovat suoraan verrannollisia rakenteiden määriin. Kuitenkin lyhyellä aikavälillä työmaalla esim. työntekijämäärä on vakio ja työnjohdon osaamisesta ja muista toimintaedellytyksistä riippuu kuinka tehokkaasti työntekijät voivat toimia. Häiriöt, odotus, huonot työolosuhteet, pienet suoritelmäärät tai hajallaan olevat työkohteet kasvattavat heti rakenneyksikköä kohti laskettua työmenekkiä. Näiden analysointi on helpompaa tuotantoprosessia kuvaavan mallin ja aikataulun kuin luettelomuotoisen kustannuslaskelman avulla.

Kustannuslaskelman erittelytarkkuus perustuu yleensä hankintajakoon, jolloin omat työt eritellään melko tarkasti, mutta laajatkin aliurakat kuvataan yksittäisenä panoksena. Aikatauluvertailussa tulee eritellä sopivalla tarkkuudella myös aliurakoitsijoiden työmaatehtävät, jotta tuotantoprosessista saadaan oikea käsitys. Kustannuslaskelmassa korostuu aliurakan ostohinta, mutta tuotantoprosessin tarkastelu ohjaa tarkastelemaan todellisia panostarpeita ja niiden vähentämismahdollisuuksia.

Kuvassa 10 esitetään kustannus- ja aikatauluvertailujen pääsisällöt. Julkaisussa kuvatun vertailumenetelmän päänäkökulma on kustannusvertailu, jota täydennetään aikatauluvertailulla. Sen tärkeimpinä tavoitteina on:

- määritellä rakentamisajat
- tarkentaa kustannusvertailun menekkitietoja
- tunnistaa tuotantoprosessin monimutkaisuus ja mahdolliset turhat työvaiheet
- arvioida häiriöalttiutta.

Aikatauluvertailun toteutustapoja käsitellään kahdessa seuraavassa luvussa.



Kuva 10. Kustannus- ja aikatauluvertailujen näkökulmat

5.1.2 Tuotantoprosessien simulointi

Teollisuudessa käytetään tehdastason tuotannosuunnittelussa lukuisia eri simulointiohjelmistoja. Rakennusteollisuudessa näiden tekniikoiden käyttöä ei kuitenkaan ole omaksuttu [24].

Vertailtavista rakentamistavoista voidaan periaatteessa laatia dynaamiset simulointimallit, joissa kuvataan työmaatehtävät, toimitukset ja muut tapahtumat sekä niiden riippuvuudet. Mallien avulla pystytään analysoimaan esim. tehtävien kestoja ja häiriöherkkyyttä erilaisilla lähtöarvoilla (esim [13]). Mallin kehittäminen on kuitenkin työlästä. Työmäärää lisää se, että vertailun kohteena ei itsenäinen systeemi vaan osa laajempaa rakennushanketta ja mallissa jouduttaisiin kuvaamaan myös vuorovaikutus muun hankkeen kanssa.

Tutkimuksessa [24] todettiin, että kaupalliset simulointiohjelmat soveltuvat rakennustyömaan toimintojen simulointiin vain tietyissä, rajatuissa ongelmatapauksissa. Ohjelmat on suunnattu tehdasteollisuuteen ja siten niiden peruslähestymistapa ja rakenne ei sovi sellaisenaan rakentamisprosessin simulointiin. Lisäksi ohjelmien käyttö vaatii usein erikoisosaamista.

Vertailumenetelmässä ei sovelleta varsinaista simulointia. Tuotantomenetelmien vertailuun soveltuvien simulointimenetelmien ja -välineiden kehittäminen on kuitenkin tärkeä jatkotutkimusaihe.

5.1.3 Aikataulujen laatiminen ja analysointi

Aikataulun laatimisen vaiheet ovat

- kohteen osittelu lohkoihin ja osalohkoihin
- tehtävien määrittely
- tehtävien suoritemäärien laskenta
- eri tehtävien keskinäisen toteutusjärjestyksen määrittely
- tehtävien eteneminen osalohkojen välillä
- tahdistavien työryhmien määrittely
- työryhmien lukumäärien valinta
- tehtävien kestojen laskenta
- tehtävien ajoitus
- tehtävien tahdistuksen ja rytmityksen tarkistus
- tahdistavien ja avustavien resurssien (panosten) kuormituksen laskenta.

Aikataulun suunnittelu perustuu valittuihin tuotannonohjauksen periaatteisiin. Ne eivät ole kovin selkeitä eikä aikataulun laatija välttämättä edes tiedosta soveltavansa tiettyä periaatetta. Lähteessä [30] on kuvattu kuusi erilaista rakentamisen tuotantomallia, jotka edustavat osittain erilaisia tuotannonohjausperiaatteita.

Mallit ovat

- kriittinen polku
- OPAS
- JOT-tuotanto
- yksisolutuotanto
- jaettu solutuotanto
- kapeikko-ohjattu tuotanto.

Riippumatta käytettävistä tuotantomalleista, oleellista on, että vaihtoehtojen vertailua varten laaditut aikataulut ovat käytännössä toteutuskelpoisia. Toinen vaatimus on, että ne kuvaavat tuotantoprosessia riittävän tarkasti, jotta prosessia voidaan analysoida.

Aikataulu voidaan aina laatia suunnitelmana, johon ei sisälly dynaamista mallia. Tällöin esim. tarkastelu eri lähtötiedoilla edellyttää, että käyttäjä manuaalisesti muuttaa tiedot. Yksikertaisin tapa lisätä suunnitelmaan dynaamisia ominaisuuksia on määritellä tehtäville riippuvuudet, jolloin tehtävät ajoittuvat riippuvuuksien ohjaamana. Riippuvuuksien määrittely ei tarkoita sitä, että suunnittelu sidottaisiin kriittisen polun menetelmään. Riippuvuuksien avulla voidaan kuvata myös muita em. tuotantomalleja. Tehtävien välisiä riippuvuuksia on käsitelty esim. lähteissä [18, 20].

Aikatauluvertailun tulokset voidaan esittää halutussa muodossa esim. taulukkona, jana-aikatauluna tai vinoviiva-aikatauluna. Kuvassa 11 on esimerkki tavanomaisesta jana-aikataulusta.

	Työryhmä	Viikot						
		1	2	3	4	5	6	7
PAIKALLARAKENNETTU								
Metallirunko	4	[Bar]						
Liittolaatta	1+2	[Bar]						
Ulkoseinän orret ja peltikasetti	4	[Bar]					[Bar]	
Ulkoseinän villa ja levytys	2+2	[Bar]						
Väliseinät, alakatot, paneelit	3+1		[Bar]					
Ovet ja ikkunat	2					[Bar]		
Maalaus ja tapetointi	1					[Bar]		
Pintabetoni ja mattotyö	2+1				[Bar]		[Bar]	
Lauteet, kalusteet ja varusteet	2						[Bar]	
Lämpö-, vesi- ja viemäriverkostot	2	[Bar]						
IV-kanavat	1			[Bar]				
Valaistusryhmäjohdot	1			[Bar]				
LVIS-kalustaminen	4					[Bar]		
VALMISTILA								
Tartuntojen teko	2+1	[Bar]						
Tilojen asennus	2	[Bar]						
Tartunta-aukkojen paikkaus	2+1	[Bar]						
LVIS-kytkentä	3		[Bar]					

Kuva 11. Esimerkki yksinkertaisesta aikatauluvertailusta.

Aikatauluvertailun avulla tulee analysoida vaihtoehtojen keston lisäksi mm. seuraavia asioita:

- Eri resurssien (panosten) kuormituksen tasaisuus
 - Jos kuormitus on epätasainen, tulee erityisesti arvioida jääkö osa työntekijän tai kalustopanoksen kapasiteetista käyttämättä, mikä lisää rakenneyksikköä kohti laskettua työmenekkiä ja siten kustannuksia.
 - Voidaanko ylijäävä kapasiteetti hyödyntää muualla kohteessa.
 - Voidaanko kuormituksen noustessa saada tarvittavat lisäresurssit heti kun tarvitaan.
 - Voidaanko kuormitusta tasata.
- Eri osalohkojen (tilojen) käytön tehokkuus
 - Tilat, jotka ovat keskeneräisiä eikä niissä työskennellä, muodostavat väli-tuotevaraston, joka tulisi esim. JOT-periaatteen mukaan minimoida.
- Tehtävien tahdistus ja rytmitys
 - Väärä tahdistus ja liian tiukka rytmitys lisäävät tuotannon häiriöalttiutta.
 - Oikea tahdistus: eri tehtävät etenevät samalla nopeudella.
 - Oikea rytmitys: eri tehtävien välissä on sopiva aikapuskuri.
 - Toisaalta on varmistettava ettei aikataulu ole liian löysä, koska se voi lisätä työmenekkejä.
- Kriittinen polku
 - Kriittisten tehtävien ja panosten tunnistaminen.
 - Kriittiset tehtävät määräävät aikataulun keston yhdessä mahdollisten viiveiden kanssa.
 - Kriittisten tehtävien tehollisen keston ja kokonaiskeston suhde.

- Muiden kuin kriittisten tehtävien joustot
 - Missä rajoissa muiden tehtävien toteutus voi tapahtua ilman vaikutusta kes-
toon, mikä vaikuttaa resurssien tasausmahdollisuuksiin.
 - Lähes kriittisten tehtävien tunnistus.
- Herkkyys laatuvirheille
 - Voivatko työjärjestykset muuttua käytännössä, jolloin voi aiheutua esim.
laaturiskejä.

5.2 RISKIT

Tärkeä osa vaihtoehtojen arviointia on niiden sisältämien riskien ja epävarmuuksien määrittely ja arviointi. Riskeillä tarkoitetaan tässä merkittäviä yksittäisiä tapahtumia, jotka toteutuessaan lisäävät vaihtoehdon kustannuksia ja aiheuttavat muita haittoja. Epävarmuus liittyy lähinnä vertailun lähtötietojen oikeellisuuteen. Esimerkiksi yksittäisten panosmenekkien oikean tason valintaan liittyy epävarmuutta. Tarjoukseen perustuvassa aliurakkahinnassa ei ole vastaavaa epävarmuutta, mutta siihen voi sisältyä riski esim. urakoitsijan konkurssista työn aikana.

Tässä kohdassa käsitellään riskien analysointia. Lähtötietojen epävarmuuteen liit-
tyvät asiat esitetään kohdassa 4.1 Rakennuskustannusten vaihtelu.

Riskien (ja epävarmuuksien) analysointimenetelmät voidaan jakaa kahteen ryhmään sen mukaan käytetäänkö laskennassa todennäköisyyksiä [29]. Herkkyystarkastelu on tavallisin menetelmä, joka ei perustu todennäköisyyteen. Herkkyystarkastelussa arvioidaan yksittäisten lähtötietomuuttujien vaikutusta lopputulokseen. Erityisesti etsitään muuttujia, joissa pieni muutos lähtöarvossa aiheuttaa suuren muutoksen lopputulokseen.

Yksinkertaisessa kustannuslaskelmassa panosmuuttujien painoarvo voidaan arvioida niiden kustannusosuuden perusteella eikä herkkyysanalyysistä saada lisä-
tietoa. Käytännössä panosten välillä on riippuvuuksia, vaikka laskelma ei niitä
kuvaakaan. Jos niitä määritellään sopivalla tavalla, voidaan herkkyystarkastelulla etsiä
lopputulokseen eniten vaikuttavat panokset.

Todennäköisyyksiä hyödyntäviä riskien analysointitekniikoita on useita erilaisia
[29]. Tässä kuvataan vain yksinkertainen tapa riskien käsittelemiseksi. Yksinker-
taisimmillaan riskejä tarkastellaan seuraavalla tavalla:

- riskien tunnistaminen ja kuvaus
- riskin toteutumisen todennäköisyyden arviointi
- riskin toteutumisesta aiheutuvan kustannusvaikutuksen laskenta
- riskien järjestäminen vertailuluvun mukaan suuruusjärjestykseen
 - vertailuluku = todennäköisyys * kustannusvaikutus
- ehkäisevien toimenpiteiden suunnittelu ja toimeenpano.

Vertailutilanteessa tarkasteltavia riskejä voivat olla esim.

- merkittävä toimitusviive
- muutossuunnittelun häiriöt

- urakoitsijan tai toimittajan konkurssi
- merkittävä laatuvirhe tai laatuvaatimuksen täyttymättömyys
- työturvallisuus.

Vaihtoehtojen riskien suora vertailu ei ole perusteltua, koska vaihtoehtojen riskit voivat olla hyvin erilaisia eikä esim. uusien tuotteiden riskejä edes tunneta kunnolla. Tarkastelulla tulee luoda yleiskuva vaihtoehtojen riskeistä.

5.3 PROSESSIN ARVIOINTI

5.3.1 Arviointiprofiili

Kustannus-, aika- ja riskivertailua täydennetään vaihtoehtojen toimintaprosessien vertailulla. Prosessin arvioinnissa on osittain kyse samoista asioista kuin muissa vertailuissakin, mutta näkökulma on erilainen. Arvioinnin tulee täydentää kustannus-, aika- ja riskianalyysijä ja hyödyntää osaltaan näiden tuloksia.

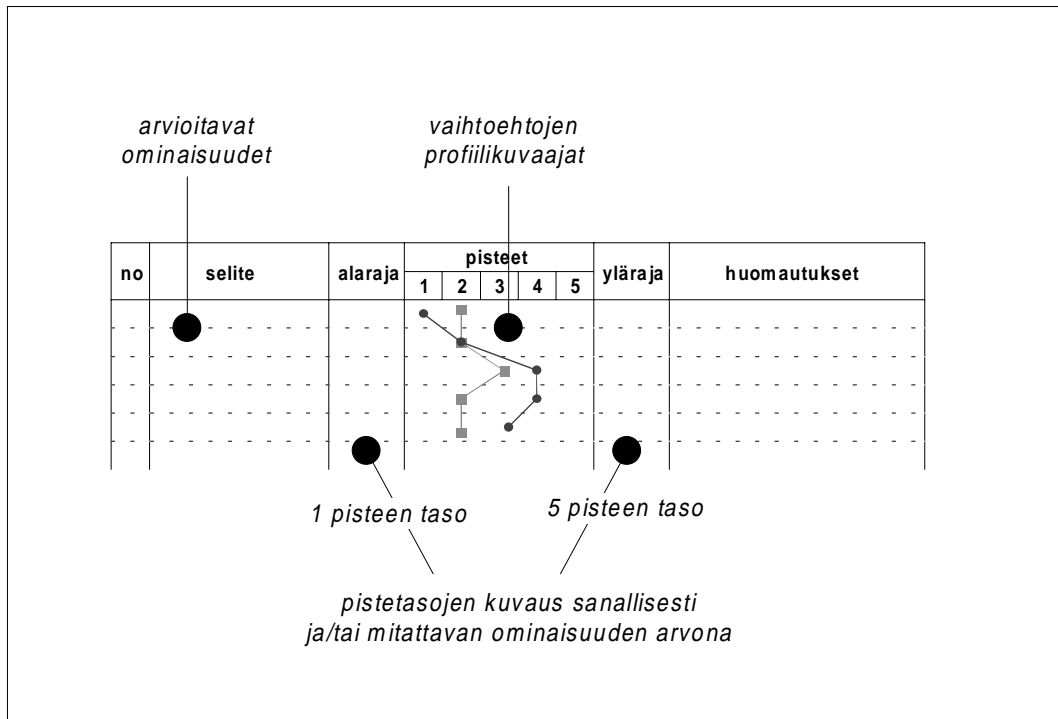
Tärkein tavoite on arvioida prosessien selkeys ja sujuvuus sekä tunnistaa prosessin kapeikot, turhat työvaiheet ja odotusajat. Muita keskeisiä tarkastelukohteita ovat hankeosapuolten vuorovaikutus ja rajapinnat, fyysisen rakentamisprosessin ohjaustoimenpiteet sekä muut tietovirrat.

Merkittävä osa arvioinnista perustuu prosessin erilaisten tunnuslukujen tarkasteluun. Esimerkiksi vaihtoehdon toteutukseen osallistuvien hankeosapuolten lukumäärä kuvaa osaltaan prosessia: prosessi on yksinkertaisempi, jos osapuolia on vähän. Prosessitarkastelu ei ole kaikilta osin mitattavaa vaan osittain myös suhteellista arviointia, jolloin vaihtoehdot asetetaan paremmuusjärjestykseen tietyn ominaisuuden suhteen.

Prosessin käsite on osittain epämääräinen ja hyvin erilaisia asioita voidaan tulkita prosesseiksi. Tarkasteltavia osaprosesseja voivat olla esim:

- tuotantoprosessi (työmaalla)
- toimitusprosessi
- johtaminen ja ohjaus.

Vertailumenetelmässä käytetään arviointitekniikkana yksinkertaista ominaisuusprofiilin määrittelyä. Vaihtoehtojen prosessiominaisuudet pisteytetään 1 - 5 ja niiden perusteella piirretään vaihtoehtojen profiilit (kuva 12). Periaatteessa pisteet kuvaavat paremmuutta, mutta käytännössä pisteiden anto perustuu arvioijan valintoihin ja kuvaavat ainakin osittain hänen arvostuksia. Arvioinnissa voidaan käyttää apuna tarkasteltavan prosessin ominaisuuksien muistilistojä. Liitteessä 1 on esimerkkejä näistä arviointilistoista.



Kuva 12. Tuotantoprosessin arviointi muistilistan avulla ja tulosten esitys arviointiprofiilina.

5.3.2 Edut ja haitat

Yksinkertaisin tapa vaihtoehtojen arvioimiseksi on määrittellä niiden edut ja haitat. Arviointi voi koskea asioita, joiden paremmuutta ei voida mitata mielekkäällä tavalla tai joiden moniulotteisuus vaatii laajaa kokemusta ja näkemystä. Arviointi lähestyy tällöin vaihtoehtojen ominaisuuksien arvottamista.

Perusmuodossa edut ja haitat kirjataan omiksi luetteloikseen. Jos luetteloista tulee pitkät (yli 7 - 10 nimikettä) käytetään väliotsikoita. Luetteloihin voidaan lisätä toinen sarake, jossa kuvataan edun tai haitan seurausvaikutus. Syiden ja seurausten määrittely pakottaa analysoimaan vaihtoehtoja tarkemmin. Toisaalta monet määriteltävistä eduista tai haitoista voivat jo itsessään olla prosessin välillisiä seurausvaikutuksia. Syiden ja seurausten tarkemmassa analysoinnissa voidaan käyttää ns. kalanruototekniikkaa.

Etuja ja haittoja voidaan myös painottaa sopivalla pisteytyksellä, esim. +/- . Numeropisteytys on luonteeltaan tuotteen tai prosessin ominaisuuksien arvottamista (ks. kohta 5.3.1).

Tiivis luettelo eduista ja haitoista on yleensä ymmärrettävin tapa esittää asioita. Tämä vuoksi se soveltuu hyvin myös ryhmätyöskentelyyn, jossa esim. eri osapuolet täydentävät ja kommentoivat etuja ja haittoja omalta kannaltaan. Yksinkertainen ja selkeä esitysmuoto helpottaa erilaisten henkilöiden osallistumista kehittämiseen.

Toinen käyttökohde etujen ja haittojen kirjaamiselle on koko vertailun johtopäätösten esittäminen esim. päätöksentekoa varten. Tässä tapauksessa luetteloon voi sisältyä myös mitattavien asioiden, kuten kustannusten ja aikataulun arviointia.

6 VERTAILUSOVELLUS

VERTTI-vertailusovellus on tietokoneohjelma, joka hyödyntää tärkeimpiä edellä esitettyjä vertailumenetelmiä. Ohjelmaversio 1.0:n päätoiminnot ovat (kuva 13)

- kustannusten laskenta tuoterakenteiden avulla (rakennusosa-suorite-panos - rakenteet)
- kustannusten riippuvuuksien määrittely laskentakaavojen avulla (lähinnä hankeosien kustannukset)
- kustannusten vaihteluvälin laskenta
- aikataulutehtävien muodostaminen ja kustannuslaskelman suoritekustannusten sekä muiden lisäkustannusten tai tuottojen kohdistaminen niille
- tehtävien kestojen ja ajoituksen määrittely
- kustannusten ajoitus ja nykyarvon laskenta
- nimikkeistöjen, panoshinnastojen sekä tuoterakennekirjastojen hallinta.

Ohjelma on tehty MS Access -tietokantaohjelman päälle ja sitä voidaan käyttää MS Access:in ajoversion avulla. Ohjelman toteutuksessa on pyritty hyödyntämään Accessin vakio-ominaisuuksia ja monissa käyttöliittymän yksityiskohdissa, mm. näppäintoiminnoissa noudatetaan osittain Access-vakiotoimintoja. Myös eräät valinta-ikkunat ovat Access-ikkunoita, jotka ajoversiossa ovat englanninkielisiä. Laitteistovaatimuksena on 486 tason mikrotietokone, jossa on vähintään 8 Mt muistia. Suosituksena on Pentium-tietokone, jossa on 16 Mt muistia.

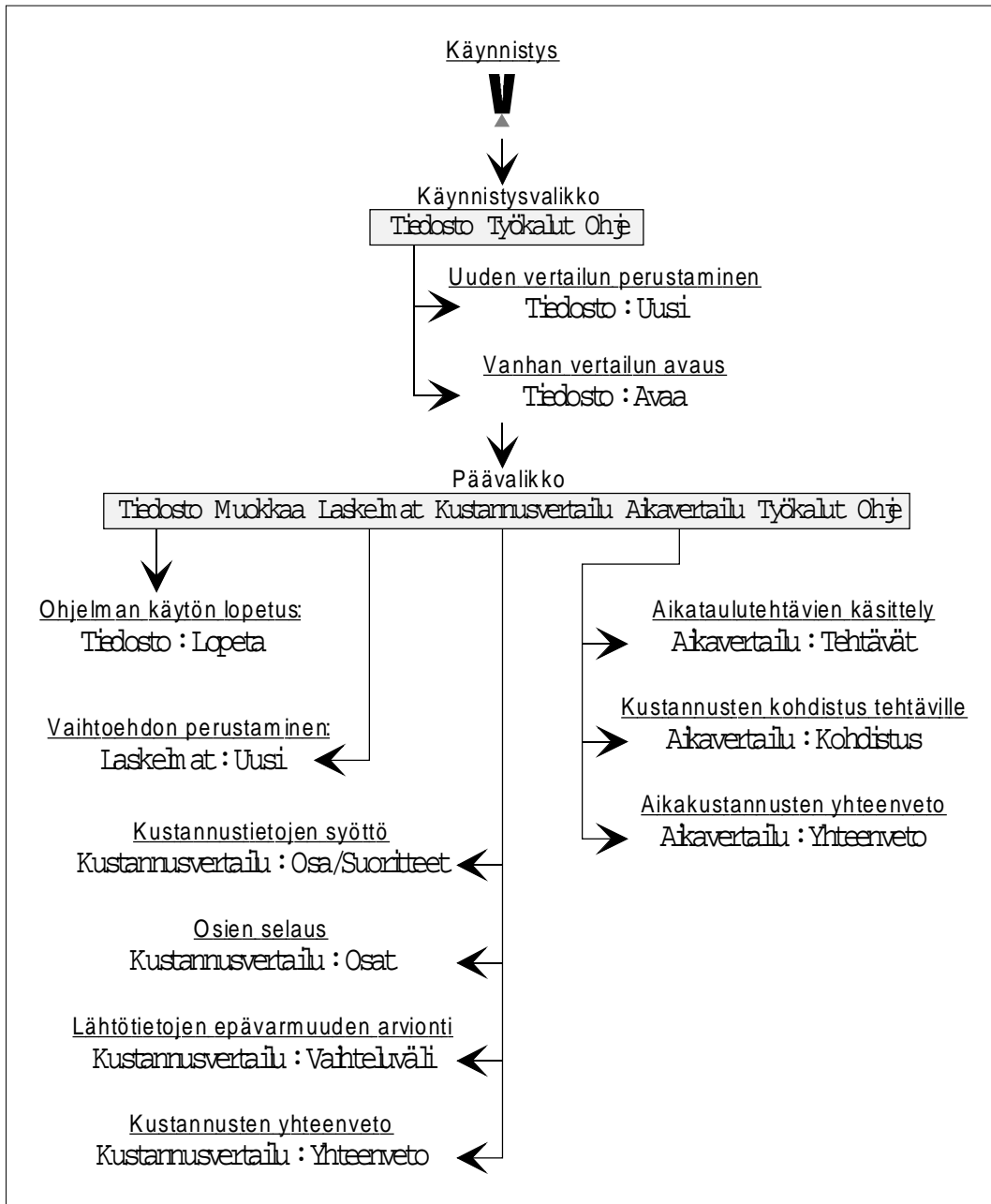
Ohjelman käyttöliittymä tukee vaihtoehtojen vertailua. Vertailutiedostoon käyttäjä voi perustaa viisi laskelmaa, joiden tuloksia tarkastellaan rinnakkain yhteenvetönäytöksissä. Laskelmia voidaan kopioida tai hakea muista vertailutiedostoista. Eri laskelmien tietoja voidaan käsitellä samanaikaisesti omissa ikkunoissaan.

Kustannustiedot syötetään näytössä (kuva 14), jossa on kolme osiota: Osa, Suoritteet ja Panokset. Osa voi olla luvussa 3 kuvattu hanke-, rakennus- tai laiteosa. Osatietojen alla näkyvät osalle määritellyt suoritteet sekä niiden panokset. Kerrallaan ovat näkyvissä vain aktiivisen suoritteiden panokset. Aktiivisuuden osoittaa suoritteiden kohdalla oleva merkki. Kolmen osion välillä kohdistinta siirretään näppäimillä Ctrl+↑ ja Ctrl+↓ . Hiiren oikeanpuoleisen näppäimen painalluksella saadaan näkyviin pikavalikko, jonka käskyillä mm. käsitellään nimikkeistöjä, kopioidaan tietueita sekä järjestellään ikkunoita.

“Osa/Suoritteet”-näytössä voidaan osa-, suorite- tai panoskenttiin syöttää myös laskentakaava, joka tavallaan vastaa taulukkolaskentaohjelmissa käytettyjä kaavoja. Kenttään, johon kaava on sijoitettu, lasketaan kaavan mukainen arvo. Kaavoja on kolmea tyyppiä:

- suora osoitus: kaavan arvo määräytyy sen kentän perusteella, johon kaava osoittaa
- lukumäärä: kaavan arvo lasketaan annetut kriteerit täyttävien tietueiden lukumääränä
- summa: kaavan arvo lasketaan annetut kriteerit täyttävien tietueiden määrätyn kentän tai kenttien summana

Kaavojen avulla lasketaan haluttuun kenttään esim. koko laskelman sisältämien työntekijätuntien summa ja käyttää tätä apuna esim. työnjohtotarpeen laskennassa. Kaavalaskennan toteutukseen liittyy ohjelmointitekniisiä ongelmia. Väärin määritellyt kaavat voivat viitata itseensä, jolloin tulos muuttuu jokaisella laskentakerralla. Myös peräkkäisissä viittauksissa laskentajärjestys voi vaikuttaa tulokseen. Perusteellisten tarkistusten ohjelmointi olisi käytetyillä ohjelmatyökaluilla johtanut liian hitaaseen sovellukseen. Kaavojen käyttö helpottaa laskelmien tekemistä, mutta käyttäjä joutuu itse varmistumaan niiden oikeasta käytöstä.



Kuva 13. VERTTI-sovelluksen päätoiminnot.

Tietoja voidaan syöttää valkopohjaisiin kenttiin

Harmaapohjaiset kentät ovat laskennallisia

Hanke-, rakennus- tai laiteosa

Aktiiviseen suoritteeseen liittyvät panokset

Menekit sitovat tuoterakenteen eri tasojen määrät

Kertoimella 1 lasketaan:

- työn lisäajat
- harjaantumisen vaikutus
- materiaalihukat

Kertoimella 2 lasketaan:

- sotumaksut
- mahd. alennukset

li	menet.	suorite	menekki	määrä yks	mk/yks	mk/osayks
21		Muuttotyö, liittolaatan asennus	1,00	90 m2	68,82	69
22		Flaudoitus	1,00	90 m2	29,47	29
23		Betonointi	1,00	90 m2	99,71	100
*			1,00			

pl	tunnus	panos	menekki kerr.1	määrä yks	mk/yks kerr.2	mk/osayks
1		aputyöntekijä	0,22 1,31	26 h	48,20 1,74	24
2		betoni	0,16 1,10	16 m3	359,50 1,00	63
3		pumppukalusto	0,16 1,10	16 m3	69,70 1,00	12
			1,00 1,00	0	0,00 1,00	0

Kuva 14. Kustannusten syöttö tehdään Osa/Suoritteet-näytössä.

Kustannusvertailun “Osat”-näytössä voidaan selata ja käsitellä rakennus-, laite- ja hankeosien tietoja. Merkki tietuerivin oikeassa laidassa osoittaa, että osaan tai sen suoritteisiin tai panoksiin sisältyy kaava (vastaavat merkit näkyvät myös Osa/Suoritteet-näytössä). Kustannusten vaihteluvälit syötetään “Vaihteluväli”-näytössä. Jokaiselle panosriville määritellään peruskustannuksen alitus-% ja ylitys-%.

Aikatauluvertailua varten jokaiselle laskelmalle määritellään aikataulutehtävät. Tehtäville määritellään kestot päivän tarkkuudella sekä tarvittava alku- tai loppupäivämäärä. Ajoituksessa otetaan huomioon käyttämän määrittelemät työ- ja vapaapäivät. Tehtävä- ja ajoitustiedot voidaan siirtää erilliseen projektihallintaohjelmaan (MS Project) aikataulun tulostusta varten.

Tehtävien kustannukset lasketaan niille kohdistettujen kustannusnimikkeiden perusteella. Tämän lisäksi tehtäville voidaan tarvittaessa määritellä lisäkustannuksia: mk/työvuoro, mk/päivä tai kokonaismarkkamäärä, joka ajoitetaan tehtävän alkuun.

Aikavertailun yhteenvedonäytössä tarkastellaan laskelmavaihtoehtojen kokonaiskestoja ja aikakustannuksia. Lisäksi voidaan laskea vaihtoehtojen pääomakustannusten erot nykyarvomenetelmällä sekä tarkastella vaihtoehtojen kustannuskertymiä graafisina kuvaajina

7 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tulokset

Tutkimuksen tavoitteena on ollut kehittää vertailumenetelmä talonrakentamisen uusien tuotteiden, tuotantotekniikoiden ja toimituskonseptien vaihtoehtolaskentaa varten. Vertailu kohdistuu hankkeen tai rakennuksen rajattuun osaan ja erityinen tavoite on ollut selvittää miten voidaan ottaa huomioon vaihtoehtojen välillisiä kustannuksia, jotka yleensä lasketaan hankekohtaisesti. Näitä ovat esim. työmaatekniikan (työmaan käyttö- ja yhteiskustannukset) sekä rakennuttajan kustannukset.

Raportissa kuvataan menetelmän sisältö, jotka kattaa seuraavat osavertailut: välitömiä ja välillisten rakennuskustannusten laskenta, aikatauluvertailu ja pääomakustannusten vertailu, hankkeen aikasidonnaisten kustannusten tarkastelu, lähtötietojen epävarmuuden vaikutusten arviointi ja riskitarkastelu sekä toimintaprosessien arviointi.

Menetelmä on kehitetty tuotannon näkökulmasta. Lähtöoletuksena on, että kaikki vertailtavat vaihtoehdot täyttävät tilaajan lopputulokselle asettamat vaatimukset eikä tuotoksen arvoja tai hyötyjä oteta vertailussa järjestelmällisesti huomioon. Niitä voidaan käsitellä tarvittaessa osana toimintaprosessien arviointia. Kaikki kustannustekijät, myös rakennuttajan kustannukset, otetaan vertailussa huomioon.

Tutkimukselle asetetut tavoitteet saavutettiin pääosin. Tulokset ovat käytännönläheisiä ja heti sovellettavissa. Tulosten nopeaa hyödyntämistä tukee tutkimuksessa laadittu VERTTI-tietokoneohjelma. Kehitetty vertailumenetelmä ei ole varsinaisesti uusi vaan siihen on koottu joukko olemassa olevia laskentamenetelmiä tarkoituksenmukaiseksi kokonaisuudeksi. Tutkimuksessa saatiin myös uutta tietoa mm. rakennushankkeen toimihenkilötyön menekeistä.

Vertailumenetelmään ei sisälly tuottavuusvertailua, vaikka se oli tutkimuksen yhtenä tavoitteena. Vaihtoehtojen erilaisia panostarpeita ei voida muuttaa yhteismitallisiksi muuten kuin rahayksiköissä. Käytännössä tämä muunnos joudutaan tekemään panosten hinnoilla eikä tuotantokustannuksilla, minkä vuoksi tulos on sama kuin normaalin kustannusvertailun tulos. Menetelmään sisältyvät osavertailut kuvaavat välillisesti myös vaihtoehtojen tuottavuutta.

Tulosten hyödyntäminen

Vertailumenetelmän pääkäyttökohteet ovat:

1. Kehitystoiminnassa vertaillaan uutta ratkaisua olemassa oleviin.
2. Rakennushankkeen valintatilanteessa vertaillaan kilpailevia vaihtoehtoja.

Ensisijaisesti menetelmä on tarkoitettu tukemaan tuotteiden ja toimintatapojen kehittämistä. Tässä vertailussa selvitetään vaihtoehtojen täsmälliset panostarpeet sekä lasketaan todelliset tuotantokustannukset ja etsitään keinoja alentaa niitä. Tällöin hintoihin perustuva kustannuslaskenta voi johtaa liian karkeisiin tuloksiin

ja ainakin merkittävien aliurakoiden osalta joudutaan selvittämään niiden todelliset panostarpeet ja kustannusrakenne erikseen. Parhaaseen lopputulokseen päästään, jos tämä voidaan tehdä aliurakoitsijan tms. kanssa yhteistyössä. Vaihtoehtojen välilliset kustannukset lasketaan tässä käyttötarkoituksessa todellisen panostarpeen perusteella.

Kun menetelmää käytetään rakennushankkeessa rakentamistapojen valintatilanteessa, perustuu vertailu nimenomaan panosten markkinahintoihin. Jotta merkittävien kustannuserien, esim. aliurakoiden, hinnat olisivat todellisia, tulee niiden perustua tarjoushintoihin. Tässä käyttötarkoituksessa vaihtoehtojen välilliset panostarpeet voidaan laskea menetelmän mukaan, mutta käytännössä joudutaan aina arvioimaan aiheutuuko niistä todellisia lisäkustannuksia. Esimerkiksi vaihtoehtojen sisältö ei välttämättä muuta työmaan työnjohdon määrää eikä kustannuksia, vaikka laskennallista eroa voitaisiinkin osoittaa.

Tutkimuksessa esitettyä vertailumenetelmää voidaan kehittää monilta osin. Vaihtoehtojen simuloinnin kehittäminen on tärkein jatkotutkimusaihe. Simuloinnilla voidaan tarkemmin analysoida erityisesti työmaatoteutusta ja mm. häiriöiden vaikutuksia. Myös rakentamisprosessin arviointimenetelmien ja mittareiden kehittäminen on merkittävä jatkotutkimuskohde.

Muut havainnot ja johtopäätökset

Vertailumenetelmää testattiin kolmessa esimerkkipäätöksessä, jotka koskivat kylpyhuonetornien rakentamistapoja korjaushankkeessa, hissikonehuoneen rakentamisvaihtoehtoja sekä pysäköintitalon toteutusta tuoteosakauppana. Tässä kohdassa esitetään esimerkkipäätöksien yhteydessä tehtyjä yleisiä havaintoja.

Rakentamisen välillisistä kustannuksista on olemassa vain vähän eriteltyä tietoa. Esim. toimihenkilötarve määritellään koko hankkeen tasolla eikä tehtäväkohtaista menekkitietoa ole yrityksissä kerätty. Logistiikkaan liittyviä työ- ja muita kustannuksia on sen sijaan selvitetty viime vuosina useissa eri tutkimuksissa. Välittömien rakennustöiden jakautumista tehokkaaseen työhön ja muuhun ajankäyttöön on selvitetty lähinnä vain Ratu-hankkeessa.

Rakentamisen hintakilpailuperinne vaikeuttaa todellisten tuotantokustannusten selvittämistä, kun yritykset eivät halua eritellä kustannuksiaan kovin avoimesti. Tämä hidastaa yritysten verkostoitumista ja yhteiseen kehitystyöhön perustuvaa kustannusten karsintaa. Verkostoitumisessa pelätään myös sitoutumista toisiin yrityksiin ja ilmeisesti pelätään tämän vähentävän muita toimeksiantoja sekä toisaalta nostavan hintoja.

Uusista tehokkaista tuote- tai toimituskonsepteista ei saada täyttä hyötyä, jos muu rakennushanke toteutetaan tavanomaisesti. Esimerkiksi nopeasta rakennus- tai asennusajasta ei ole merkittävää hyötyä, jos samalla koko hankkeen kesto ei lyhene.

Uusilla laajoilla järjestelmätuotteilla on vaikeuksia päästä markkinoille. Asiakkaiden päätöksenteko on konservatiivista ja merkittävin keino lisätä asiakkaiden kiinnostusta on tarjota tuotetta selvästi kilpailijoita halvempaan hintaan. Se saattaa kuitenkin johtaa siihen, että myös kilpailijat laskevat hintojaan.

Uusien tuotteiden käyttöönottoa hidastaa myös se, että tuotteet, joihin sisältyy hankekohtaista suunnittelua, on markkinoitava suoraan tilaajille ja suunnittelijoille. He varovat kuitenkin sitoutumasta tiettyihin tuotemerkkeihin, koska pelkäävät kilpailun rajoittumista ja kustannusten nousua. Uusien tuotteiden tarjoaminen toteutusvaiheessa, johtaa helposti niin suuriin muutossuunnittelu- yms. kustannuksiin, että kustannushyödyt menetetään.

Yksityiskohtaisia kustannusanalyysyjä tarvitaan osoittamaan, että rakentamisen kustannukset eivät ole kiinteitä vaan niitä voidaan kehitystoiminnalla alentaa. Vakioyksikköhintoihin perustuvissa laskentamenetelmissä ainoat keinot todeta kustannussäästöjä ovat rakenteiden määrien vähentäminen ja laatutason alentaminen.

Rakennushankkeeseen sisältyy paljon erilaisia osia ja työvaiheita, joista pienehköt aliurakoitsijat toteuttavat yhä suuremman osan. Vaarana on se, että näillä yrityksillä ei välttämättä ole mahdollisuutta tai valmiuksia kehittää toimintaa. Tämän vuoksi tuotevalmistajien tulee kehittää tuotteiden lisäksi myös toimitus- ja asennusprosesseja.

LÄHDELUETTELO

1. @RISK, Risk analysis and simulation add-in for spreadsheets, User Guide. Palisade Corporation, 1994.
2. Activity-based system taking hold. Setzer, S.W. (toim.). Engineering News-Record. ENR, September 27, 1993, s. 35.
3. Aalto, R. Energiataloudellisten vertailumenetelmien perusteet. Tampere: Tampereen teknillinen korkeakoulu, Rakentamistalous, 1983. 1983/4. ISBN 951-720-848-0
4. Andersin, H., Karjalainen, J. & Laakso, T. Suoritusten mittaus ohjausvälineenä. Metalliteollisuuden Kustannus Oy, 1994. MET 8/94. 112 s. ISBN 951-817-594-2
5. Asiakaslähtöinen teollinen rakentaminen. Helsinki: Tekes, 1992. ISSN 0782-5420, ISBN 951-47-1919-0
6. Brimson, J.A. Toimintolaskenta, Activity-based accounting. Weilin+Göös, 1992. 288 s. ISBN 951-35-5358-2
7. Christian, J. & Hachey, D. Effects of delay times on production rates in construction. Journal of Construction Engineering and Management, 1995. Vol. 121, no 1, s. 20-26. ISSN 0733-9364
8. Edullisuusvertailun menetelmäopas. Posti- ja lennätinhallitus. Helsinki: Posti- ja lennätinhallitus, 1980. 196 s.
9. Enkovaara, E., Haveri, H. & Jeskanen, P. Rakennushankkeen kustannushallinta. Ratu-ryhmä, Rakennusteollisuuden Keskusliitto. Helsinki: Rakennustieto Oy, 1995. 2. painos. 266 s. ISBN 951-682-308-4
10. Hekkanen, M. Kunnossapidon hinnoittelu. Suomen Kiinteistöliitto. Helsinki: Kiinteistöalan Kustannus Oy - REP Ltd, 1995. 92 s. ISBN 951-685-006-5
11. Hyartt, J., Saari, A. Rakennusosien ja järjestelmien elinkaaren kustannusten laskenta. Espoo: Teknillinen korkeakoulu, 1993. TKK Rakentamistalouden laboratorio. Raportti 118. 76 s.
12. Hyttinen, T. Logististen materiaaliketjujen kustannusrakenteet. Tampere: Tampereen teknillinen korkeakoulu, Rakentamistalous, 1993. 1993/1. ISBN 951-721-971-7
13. Huang, R-Y. & Halpin, D.W. Graphical-based method for transient evaluation of construction operations. Journal of Construction Engineering and Management, 1995. Vol. 121, no 2, s. 222-229. ISSN 0733-9364
14. Kakriainen, E. Työturvallisuus ja työnjohtajan toiminta talonrakennustyömaalla. Diplomityö. Tampereen teknillinen korkeakoulu, Turvallisuustekniikka, 1991.
15. Keisu, V.-P., Poikonen, J., Kiiras, J. Talonrakennushankkeen ajoitusmalli 2.0. Rakennusteollisuuden Keskusliitto. Helsinki: Rakennusfakta Oy, 1993. Kehitys ja tuottavuus n:o 9. 51 s. + levyke. ISBN 951-96460-7-8

16. Kemppainen, T. Tuoteosakauppa ja rakennusyrittäminen. Rakennusteollisuuden Keskusliitto. Helsinki: Rakennusfakta Oy, 1992. Kehitys ja tuottavuus n:o 2. 48 s. ISBN 951-96444-9-0
17. Kiviniemi, M. & Alanen, T. Talonrakennusalan tuottavuusmittarit. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus, 1996. VTT Tiedotteita 1733. 39 s. + liitt. 3 s. ISBN 951-38-4888-4
18. Kiviniemi, M., Kähkönen, K. Pääaikataulun suunnitteluohjelma. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus, 1991. VTT Tiedotteita 1233. s. ISBN 951-38-4195-2.
19. Kujala, J. Käyttö- ja yhteiskustannusten arviointi ja ohjaus. Diplomityö, Teknillinen korkeakoulu, Maanmittaus- ja rakennustekniikan osasto, 1987. 87 s.
20. Kähkönen, K. Modelling activity dependencies for building construction project scheduling. Espoo: VTT Technical Research Centre of Finland, 1993. VTT Publications 153. 137 p. ISBN 951-38-4391-2
21. Lahdenperä, P. Tuoteosakaupan toimintamalli. Valoaläpäisevät rakenteet. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus, 1992. VTT Tiedotteita 1382. 152 s. ISBN 951-38-4195-2. ISSN 1235-0605
22. Lahdenperä, P. Työsaavutustiedot korjausrakennushankkeen ohjauksessa. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus, 1989. 203 s.+liitt. ISBN 951-38-3609-6 ISSN 0358-5077
23. Laurikainen, J., Seppälä, R. & Soini, P. Tuoteosakaupan pelisäännöt. Suomen Rakennuttajaliitto ry. Helsinki: Rakennustieto Oy, 1993. 111 s. ISBN 951-682-270-3
24. Laurikka, P. The suitability of computer simulation programs for construction planning. Espoo: VTT Technical Research Centre of Finland, 1992. VTT Research notes 1393. 38 p. + app. 13 p. ISBN 951-38-4206-1
25. Leppänen, Pasi. Suoritekohtaisen kustannuslaskennan kehittämistä uusien virtausten pohjalta. Tampereen yliopisto, Yrityksen taloustiede, laskeutustoimen pro gradu -tutkielma. 1992. 101 s.
26. Lichtenberg, S. & Archibald, R.D. Handling project uncertainties and change using the successive principle. PM Network, May 1995, s. 10-14.
27. Lukka, K. & Granlund, M. Kustannuslaskenta Suomen teollisuudessa: nykyinen käytäntö ja kehitystrendit. Liiketaloudellinen Aikakauskirja, 1994. 2/1994, s. 142-181.
28. Lumijärvi, O-P. ym. Toimintojohtaminen. Helsinki: Weilin+Göös, 1993. 199 s. ISBN 951-35-5643-3
29. Marshall, H. E. Techniques for treating uncertainty and risk in the economic evaluation of building investments. Washington: National Institute of Standards and Technology, 1988. U.S. Department of Commerce. NIST Special Publication 757. 84 s.

30. Niiranen, M. Talonrakentamisen tuotantomallit ja aikataulun hallittavuus. Licensiaattityö. Teknillinen korkeakoulu, 1991. 180 s.
31. Panhelainen, J. Työmaiden materiaalihankinnat. Diplomityö. Oulun Yliopisto, Rakennustekniikan osasto, 1994. 101 s. + liitt.
32. Rakenteiden yksikkökustannuksia 1995. Helsinki: Rakennustieto Oy, 1995. 238 s. ISSN 0782-4068
33. RATU Korjaustöiden menekit 1995, Rakennusteollisuuden Keskusliitto ry. Helsinki: Rakennustieto Oy, 1995. 171 s. ISBN 951-682-357-2
34. RATU Talonrakennustöiden menekit 1995, Rakennusteollisuuden Keskusliitto ry. Helsinki: Rakennustieto Oy, 1995. 214 s. ISBN 951-682-342-4
35. Salokangas, R. Economic selection. CIB W55, International Symposium on Economic Evaluation and the Built Environment, Lisbon 6-10.9.1996.
36. Talo 70. Kustannuslaskentaohje Talo 70 nimikkeistöjärjestelmän mukaan. Rakennus-ATK -ryhmä. Helsinki: Rakentajain Kustannus Oy, 1976. 103 s.+liitt.
37. Talo 80. Yleisseloste Talo 80 nimikkeistöjärjestelmän mukaan. Talo-80 ryhmä. Helsinki: Rakentajain kustannus Oy, 1984. 102 s. ISBN 951-676-313-8
38. Talo 90 LVI-määrälaskentaohje. Talo 90 -ryhmä ja LVI-Keskusliitto. Helsinki: LVI-Tietokeskus, 1994. 60 s. ISBN 951-97209-0-1
39. Talo 90 -nimikkeistö. Yleisseloste. Talo 90 -ryhmä. Helsinki: Rakennustieto Oy, 1993. 48 s.+liitt. ISBN 951-682-267-3
40. Talo 90 Rakennuskustannusten laskentaohje, Rakennustekniset työt. Talo 90 -ryhmä. Helsinki: Rakennustieto Oy, 1994. 101 s. ISBN 951-682-302-5
41. Talonrakennuksen kustannustieto 1995. Korjausrakentaminen. Haahtela, Y., Kerkkänen, E., Pennanen, A. Helsinki: Rakennustieto Oy, 1995. 716 s. ISSN 1236-2484
42. Talonrakennuksen kustannustieto 1995. Uudisrakentaminen. Haahtela, Y., Kiiras, J. Helsinki: Rakennustieto Oy, 1995. 519 s. ISSN 1236-2905
43. Taylor, G.A. Managerial and Engineering Economy. New York: D. van Nostrad Company, 1975. 533 s. ISBN 0-442-28448-9
44. Valmisosarakentaminen. Osa A: Valmisosarakentamisen perusteet. RTT Rakennustuoteteollisuus ry. Helsinki: Suomen Betonitieto, 1995. 36 s. ISBN 951-9365-73-7
45. Wegelius, T. Rakennustyömaan materiaalitoimitusten logistiikan kehittäminen. Diplomityö. Espoo: Teknillinen Korkeakoulu, 1993. 97 s.+liitt.
46. Wegelius, T. Tilaustoimitusten käsittely rakennushankkeissa. Teollisuustalouden erikoistyö, Teknillinen Korkeakoulu, 1992. 24 s. Moniste
47. Vehkaoja, J. Hankkeen keston vaikutus häiriöherkkyyteen ja kustannuksiin. Diplomityö. Espoo: Teknillinen Korkeakoulu, 1988. 54 s.+liitt.

48. Winch, G. The construction firm and the construction project: a transaction cost approach. *Construction Management and Economics*, 1989. nro 7 s. 331-345. ISSN 0144-6193

PROSESSIN ARVIOINTITIAULUKKO

no	selite	alaraja = 1 pist.						yläraja = 5 pist.	huomautukset
			1	2	3	4	5		
1	Prosessin ohjaus								
1.1	Toimihenkilöiden kokonaismäärä							Kaikkien osapuolten henkilöt. Tarvittaessa erittely.	
1.2	Kokousten, palaverien ja neuvottelujen lukumäärä							Kaikki hankinta- ja asennusprosessiin liittyvät yhty	
1.3	Ohjaavien projekti- ja tuotantosuunnitelmien lkm							Aikataulut, hankintasuunn., työmaasuunnitelmat,yms.	
2	Laadunvarmistus								
2.1	Tuotantolaitoksella järjestettävien katselmusten lkm							Lähinnä rakennusosamallien tehdaskatselmukset	
2.2	Toimituserien vastaanottotarkastukset työmaalla lkm								
2.3	Työmaalla järjestettävät katselmukset lkm							Katselmukset ja tarkastukset; myös viranomaiskats.	
2.4	Tilaaajan valvojan käynnit työkohteessa lkm							Muiden katselmusten lisäksi tapahtuvat käynnit	
2.5	Laadunvalvontakokeiden tai -mittausten lukumäärä								
2.6	Työmaalla järjestettävät vastaanottokatselmukset lkm							Aliurakoiden vastaanotto, luovutus tilaajalle	
3	Rakennussuunnittelu								
3.1	Suunnittelualojen lukumäärä								
3.2	Suunnitelma-asiakirjojen laatimiseen osallistuvat lkm							Suunnittelijat, piirtäjät ja vastaavat	
3.3	Piirustusten lukumäärä							Kaikki erilliset piirustukset	
3.4	Työselityssivujen lukumäärä								
3.5	Tyypipiirustusten osuus %							Asiakirjat, joihin ei tehdä kohdekohtaisia muutoksia	
3.6	Tilaaajalla hyväksyttävien suunnit.-asiakirjojen lkm								
3.7	Suunnittelun tehollinen kesto/kok.kesto (kalenteriaika)							Kriittisellä polulla olevien tehtävien tehollinen kesto	
3.8	Kuinka monen suunnitt. kautta suunnitelmat kiertävät							= $\sum s_i$ missä s on suunnittelijoiden lkm, jotka käsittelevät asiakirjaa i (ei kiertoa = piirustusten lukumäärä)	

no	selite	alaraja					yläraja													
		= 1 pist.	1	2	3	4	5	= 5 pist.	huomautukset											
4	Hankinnat																			
4.1	Hankintanimikkeiden lukumäärä																			
4.2	Sopimushankintojen lukumäärä																			Osapuolten kirjallinen sopimus
4.3	Tilauhankintojen lukumäärä																			Tilaus ja tilausvahvistus
4.4	Hankinnan valmisteluajojen maksimi pv																			Maksimikesto: hankinnan valmistelu + toimitusaika
4.5	Kiinteähintaisten sopimusten %-osuus hankinnoista																			Osuus hankintojen yhteenlasketusta arvosta
4.6	Aliurakananimikkeiden %-osuus nimikelukumäärästä																			Osuus hankintanimikkeiden lukumäärästä (4.1)
4.7	Aliurakananimikkeiden %-osuus hankintojen mk:sta																			Osuus hankintojen yhteenlasketusta arvosta
4.8	Nimikkeet, joita ei käytetty muualla rak.kohteessa																			Hankinta kohdistuu kokonaan tarkasteltuun osaan
4.9	Erillisten (materiaali)toimituserien lukumäärä																			
4.10	Aliurakoiden maksuerien lukumäärä																			
4.11	Hankekoht.suunnittelua sisältävien hankintojen osuus																			Esim. rakennusosat, jotka suunniteltu kohteeseen
4.12	Toimittajan suunnittelua sisältäv. hankintojen osuus																			Toimitukseen sisältyy tuotesuunnittelua
4.13	Aliurakoiden %-osuus, joissa ali-aliurakoitsijoita																			Aliurakoitsija käyttää omia aliurakoitsijoitaan
4.14	Rinnakkaisten urakoiden lkm (sivu-urakat)																			
4.15	Alistettujen sivu-urakoiden lkm																			
4.16	Sivu-urakoiden ja muiden tilaajan hankintojen laajuus																			Arvioitu mk-määrä / oman urakan mk

no	selite	alaraja						yläraja	huomautukset
		= 1 pist.	1	2	3	4	5	= 5 pist.	
5	Työn suoritus								
5.1	Omien työntekijöiden lukumäärä								
5.2	Aliurakoitsijoiden ja muiden työntekijöiden lukumäärä								
5.3	Työssä tarvittavien ammattiryhmien lukumäärä								Tarvittaessa ammattinimikkeiden erittely
5.4	Työmaalla työhön osallistuvien yritysten lukumäärä								
5.5	Työvaiheiden kokonaismäärä								Työvaihe: saman työryhmän kerralla suorittamat työt
5.6	Työlajien lukumäärä								Talo 90 mukaisten työläjien määrä
5.7	Työvaih. teholliset kestot/kokonaiskesto (kalenteriaika)								Kriittisten teht. kesto ilman kuivumis-tms. odotusaikoja
5.8	Työkohteiden kokonaismäärä								Työkohde = mesta, jossa tehdään yhtä työvaihetta
5.9	Toistuvien työkohteiden %-osuus kohteen brm2								Esim. samanlaiset kerrokset
5.10	Työn kokonaiskesto päivinä								Sis. odotusajat; esim. muiden työvaiheiden odotus
5.11	Työn tehollinen kesto työvuoroina								Ilman odotusaikoja ja vapaapäiviä
5.12	Työvaiheiden keskimääräinen kesto työvuoroina								Koskee toistuvia työkohteita
5.13	Työvaiheiden kestojen keskihajonta								Koskee toistuvia työkohteita
5.14	Keskim. työvaiheiden väli / työvaiheiden keskim.kesto								Peräkkäisten työvaiheiden keskim. väli työvuoroina
5.15	Rinnakkaisten työvaiheiden lkm								Esim. sähköputkitus/väliseinätyö
5.16	Työvaiheiden välisten pakkoriippuvuuksien lkm								Esim. rakenteelliset riippuvuudet

ASUINRAKENNUSTYÖMAAN AIKASIDONNAISET KUSTANNUKSET

VTT Rakennustekniikka

Janne Korja

20.02.1996

Huomautukset:

- Toteutuneet kustannukset ovat peräisin ennen vuotta 1994 tai sen alussa valmistuneista kohteista. Tällöin alv ei vielä ollut astunut kuvioihin (toteutuneissa kustannustiedoissa on kuitenkin osa lvv:n alaisia vuokraus- ja materiaalikustannuksia: ennen 10/93 lvv = 17 %, jälkeen 10/93 lvv = 22 %)
- Toteutuneet kohteet olivat asuinkerrostaloja kooltaan 5000...14000 m^3 .
- Vuoden -95 kustannustiedot eivät sisällä alv:a
- Tunnusluvun yksikkö on $\text{mk}/\text{m}^3/\text{kk}$. Tunnusluvun jälkeen suluissa oleva markkamäärä on nimikkeiden toteutuneiden kustannusten vaihteluväli em. kohteissa

A. Suoraan aikasidonnaiset nimikkeet; kustannukset jakaantuvat koko rakennusajalle

Talo 90 nimike Tunnusluku $\text{mk}/\text{m}^3/\text{kk}$

C11 Työnjohto

1,65...3,43 (17500...28500 mk/kk), tot. työmaakust. -94
suuret...pienet työmaat

- **aikasidonnainen osa:** työmaan vastaavan mestarin palkkakustannukset (n. 13000 mk/kk + sotu 71,37 %) → aikasidonnaisuus 100 %
- **osittain aikasidonnainen osa:** työnjohtajien, työmaainsinöörien, hankintamiehien sekä työmaatoimiston muun henkilökunnan palkkakustannukset jakautuvat osalle rakennusajasta (n. 8000...12000 mk/kk + sotu) – aikasidonnaisuus 10...100 % kohteen ominaispiirteiden mukaan

C12 Työmaatoimisto

0,18...0,36 (1100...3000 mk/kk), tot. työmaakust. -94

→ aikasidonnaisuus 100 %

- **aikasidonnainen osa:** puhelinmaksut (kuukausittainen perusmaksu 89,10 mk/kk, paikallispuhelumaksu 53,2 p + 4,3 p/min (TPO)), postituskulut, osa toimistotarvikkeista ja -välineistä (esim. paperi yms.), vuokrat (atk, kopiokone, puhelimet) -95
- **kiinteä osa:** puhelinkulut (kiinteät asennus- ja kytkentämaksut 500 mk + 133 mk (TPO)) -95

C13 Varaston hoito

0,016...0,04 (150...340 mk/kk), tot. työmaakust. -94

→ aikasidonnaisuus 100 %

- **aikasidonnainen osa:** varastonhoitajien palkat sosiaalikuluneen ja palkanlisineen

C15 Vartiointi

0,075...0,18 (700...1000 mk/kk), Etuvartio, Lähivartiointi Oy, Securicom Oy -95, tot. työmaakust. -94

→ aikasidonnaisuus 100 %

C18 Luottamustoimet ja työterveyden huolto

0,045...0,17 (600...1.000 mk/kk) tot. työmaakust. -94

→ aikasidonnaisuus 100 %

- **aikasidonnaisia kuluja:** luottamusmiehen palkat ja kulut sekä työntekijöiden työterveydenhuollon ja ensiavun aiheuttamat kustannukset
- Tampereen Työterveys ry: rakennusalan työterveydenhuoltokustannukset n. 500...600 mk/työntekijä/vuosi , josta KELLA palauttaa noin puolet takaisin (n. 500 mk/kk/työmaa)

C27 Majoitustilat

- **aikasidonnaisia kuluja:** työntekijöiden tilapäisestä majoittamisesta aiheutuneet kulut, kuten tilojen vuokrat ja hoitokustannukset

C34 Työmaatilojen hoito

0,077...0,19 (650...1900 mk/kk), tot.työmaakust. -94

→ aikasidonnaisuus 100 %

- **aikasidonnaisia kuluja:** työmaatilojen (työsuojat, työmaatoimisto, majoitustilat, varastot) siivous, siivoustarvikkeet ja käyttötarvikkeet kuten wc-paperi, pyyhkeet ja muki

C37 Työnaikainen siivous

0,67...1,05 (5500...8900 mk/kk), tot. työmaakust. -94

→ aikasidonnaisuus 100 %

- **aikasidonnaisia kuluja:** erillisenä työvaiheena tehtävä rakennuksen ja rakennusalueen työnaikainen siivous, raivaus ja jätteiden hävittäminen

C39 Työnaikaiset korjaukset

0,024...0,03 (0...400 mk/kk), tot. työmaakust. -94

→ aikasidonnaisuus 100 %

- **aikasidonnaisia kuluja:** erilaiset remonttimiehen suorittamat korjaukset

C91 Työmaan vakuutukset

0,08...0,23 (800...2000 mk/kk) tot. työmaakust. -94

→ aikasidonnaisuus 100 %

- rakennustyö-, palo-, murto- ja vastuuvakuutukset
- Yrittäjän Fennia : 0,0102 %/kk/kustannusarvio -95

C92 Vakuuskulut ja sopimussakot

10...20 (työmaan myöhästyessä sovitusta aikataulusta)

- vakuuksista aiheutuvat provisiot, korot ja kulut sekä sopimussakot
- pankkien perimät vakuuskorvaukset ovat n. 3,5...5,0 % taattavasta summasta (esim.työnaikainen vakuus) riippuen asiakassuhteesta.

- **aikasidonnainen osa:** Maksusuorituksen viivästyessä pankki perii 18 %:n viivästyskoron. Maksu erääntyy tavallisesti neljännesvuosittain (TSOP , -95)
- YSE: urakkasuorituksen viivästymissakko 0,25 % kultakin täydeltä viikolta (enintään 15 viikkoa)

C97 Työkalukorvaukset

0,072...0,23 (600...1400 mk/kk) tot. työmaakust. -94

→ aikasidonnaisuus 100 %

- aikasidonnaisia kuluja
- työntekijöille maksettavat työkalukorvaukset
- rakennusalan työntekijöiden TES: kirvesmiehet 10 mk/päivä, muut omia työkalujaan käyttävät ammattimiehet 6 mk/päivä

C98 Matkakorvaukset

0,2...0,4 (n.2000 mk/kk)

→ aikasidonnaisuus 100 %

- maksettavat matkarahat
- rakennusalan työntekijöiden TES: alle 5 km: 0 mk , 5-10 km: 6,40 mk , 10-20 km: 10,50 mk , 20-30 km: 18,80 mk , 30-40 km: 27 mk , 40-50 km: 32,40 mk , 50-60 km: 39,90 mk , yli 60 km: 52,60 mk

B. Osittain aikasidonnaiset nimikkeet; kustannukset jakaantuvat koko rakennusajalle

C19 Työsuojelu ja työturvallisuus

0,21...0,38 (1600...4300 mk/kk), tot. työmaakust - 94

→ aikasidonnaisuus 90 %

- **aikasidonnainen osa:** työturvallisuustarkastukset, työsuojeluhenkilökunnan palkat sosiaalikuluneen, työturvallisuutta varten rakennettavien suoja-aitojen, kaiteiden, kulkusiltojen, portaiden, katosten ja turvalaitteiden vuokrat sekä onnettomuuksista ja vahingoista aiheutuneet kustannukset
- **kiinteä osa:** em. työturvallisuusrakennelmien pystytys- ja purkutyöt henkilökohtaiset suojavarusteet

C21 Työmaarakennukset

0,34...1,1 (2400...9200 mk/kk) tot. työmaakust. -94

→ aikasidonnaisuus 80...90 %

- **aikasidonnainen osa:** vuokrat ja korjaukset: työmaatoimisto, työsuojat, varastot, työpajat ym. työnaikaiset rakennukset
- **kiinteä osa:** kuljetus työmaalle, pystytys, purku avustavine töineen
- Koppipörssi Oy: työmaatoimisto 1000 mk/kk, sosiaalityilat 1500 mk/kk, työkaluvarastot 600 mk/kk +alv (huom. suuret rakennusliikkeet käyttävät sisäisiä kalustopalveluja) -95
- TES: ruokailusuoja: +18 °C, 1 m²/työntekijä (sis. aliur), juomavesi, vaatesuoja: vaatekaappi 30*50*150-180, vaatteiden kuivatus, riittävän tilavat suojat vaatteiden vaihtamista ja säilyttämistä varten, peseytymistilat: pukutilan välittömässä läheisyydessä, peseytymislaitteita vähintään 1 kpl/työntekijä, pesupaikan leveys väh. 600 mm, käymälät: varustus ja puhtaus asianmukaista, työkalusuoja

C23 Aitaus ja mainoskilvet

0,024...0,05 (1700...4000 mk/erä), tot. työmaakust. -94

→ aikasidonnaisuus 20 %

- **kiinteä osa:** työmaan työnaikainen aitaustyö sekä mainos- ja opastekilpien pystytys, ja purku
- **aikasidonnainen osa:** em tarvikkeiden hoito ja vuokrat

C25 Työnaikaiset sähkötyöt

0,8...1,2 (aikasidonnainen osa)

- laitteiden vuokrat n. 8000 mk/kk - alennus n. 30 %
- **kiinteä osa:** työmaan sähköistämistä palvelevat työnaikaiset sähköjohto- ja kaapeli-asennukset, keskukset, mittaritaulut ja näiden suojat, työmaan työnaikaiset valaistustyöt ja tarvittavien laitteiden pystytys- ja purkutyöt sekä työnaikaiset liittymismaksut sähkönjakeluverkkoon
- **aikasidonnainen osa:** työmaasähköistyksen huolto ja laitteiden vuokrat
- työnaikaiset asennustyöt kokonaisuudessaan 0,15...0,70 (tot. työmaakust.)

C26 Viestintälaitteet

- **kiinteitä kuluja:** työnaikaisten puhelinten, radio- ja kovaäänislaitteiden asennus ja purku (puhelin 633 mk (TPO))
- **aikasidonnainen osa:** em. laitteiden hoito

C33 Rakennusten suojaus 0,19...0,42 (1200...3500 mk/kk)tot. työmaakust. -94

→ aikasidonnaisuus 30...60 %

- **kiinteä osa:** suojapeitteiden asennustyöt sekä erilliset rakennuksen pöly ym. suojaustoimenpiteet
- aikasidonnainen osa: suojaustarvikkeiden vuokrat

C35 Työmaakuljetukset 0,54...1,48 (4000...9000 mk/kk) tot. työmaakust. -94

→ aikasidonnaisuus 10...30 %

- **kiinteä osa:** työmaakuljetukset, jotka eivät ole rakennusaineiden ja -tarvikkeiden rahteja (pientarvikkeiden noutokuljetukset, koneiden ja laitteiden siirrot, jätteiden kuljetukset, työntekijöiden kuljetukset, työmaan huoltokuljetukset)

C36 Liikenteen hoito ja ohjaus

0,036...0,063 (200...400 mk/kk),tot. työmaakust. -94

→ aikasidonnaisuus n. 70 %

- **kiinteä osa:** liikenteen hoito, teiden kunnossapito ja kunnostus käytön jälkeen
- **aikasidonnainen osa:** yksityisteiden käytöstä maksettavat vuokrat

C41 Työmaalla tuotettu energia

- **aikasidonnaisia kuluja:** primäärienergia, laitteiden vuokrat

C42 Sähkö

0,29...0,78 (2500...10000 mk/kk), tot. työmaakust. -94

→ aikasidonnaisuus 70...80 %

- aikasidonnaisia kuluja: kulutusmaksut

C43 Vesi

0,013...0,14 (200...700 mk/kk),tot. työmaakust. -94

→ aikasidonnaisuus 70...80 %

- **kiinteä osa:** liittymismaksut: perusmaksu 6800 mk + 1000...10000 mk asennusolosuhteista riippuen

- **aikasidonnainen osa:** käyttömaksut: puhdas vesi 4,30 mk/m³, jätevesi 6,22 mk/m³
- n. 100...300 mk/kk (Tampereen kaupungin vesilaitos) - 95

C62 Työkalut ja välineet

0,012...0,19 (500...900 mk/kk), tot. työmaakust. -94

- aikasidonnaisuus 10...30 %
- **kiinteä osa:** tarvikkeet(yhteisessä käytössä olevat työkalut ja välineet, kuten lapiot, rautakanget, purkuraudat, piikkausvälineet, sahat, kirveet, yms.)
- **aikasidonnainen osa:** em. tarvikkeiden huolto

C71 Mittaukset

0,79...2,2 (8400...12900 mk/kk) tot. työmaakust. -94

→ aikasidonnaisuus työmaa- ja rak.vaihekohtaista

- **aikasidonnainen osa:** erillisen mittamiehen, mittaryhmän, alihankkijan suorittamat mittaukset (mikäli aikasidonnainen veloitus), kuten rakennuspaikan ja rakentamisosien mittaukset aputöineen
- **kiinteä osa:** Tampereen kaupungin ilmoituksen mukaan kaikki kaupungin mittauksiin liittyvät maksut (paalutusmittaus, sijaintikatselmukset ja -mittaukset), tarvikkeet

C. Aikasidonnaiset nimikkeet; kustannukset jakaantuvat osalle rakennusajasta

C44 Kaasu

0,007...0,06 (0...300 mk/kk), tot. työmaakust. -94

→ aikasidonnaisuus 70...80 %

- aikasidonnainen osa: kulutusmaksut

C45 Polttoaineet

0,0025...0,36 (0...400 mk/kk), tot. työmaakust. -94

→ aikasidonnaisuus 70...80 %

- aikasidonnainen osa: kulutusmaksut

C46 Kaukolämpö

0,22...1,27 (1500...6000 mk/kk), tot. työmaakust. -94

→ aikasidonnaisuus 80 %

- etupäässä aikasidonnaisia kustannuksia
- keskimääräinen hinta: ilman perusmaksua 127,70 mk/MWh, perusmaksun kanssa 163 mk/MWh (Tampereen kaupunki) -95
- keskimääräinen kulutus 50 kWh/rm³.....8,15 mk/rm³(Tampereen kaupunki)
- kulutuksen jakaantuminen: 15 % / lämmityskuukausi
- Jaakko Kujala, diplomityö: rakennustyömaan kokonaisenergiankulutus vaihtelee välillä 30...70 kWh/rm³ riippuen vuodenajasta

C51 Torninosturi

1,93...4,3 (20000...40000 mk/kk), tot. työmaakust. -94

→ aikasidonnaisuus työmaakohtaista

- **aikasidonnainen osa:**, kunnossapito, vuokrat, käyttöpalkat (+sosiaalikulut), huolto
 - * vanha 8 tn 40 m nosturi 25000 mk/kk+kuljettajan palkka n.10000...12000 mk/kk + sos.kulut
 - * uusi 10 tn 40 m nosturi 35000 mk/kk+kuljettaja
- **kiinteä osa:** nosturiratojen perustamis-, vahvistus- ja muut maanrakennustyöt sekä radan teko ja purku sekä nosturin tuonti työmaalle, pystytys ja purku:
 - * alustaratkaisut: kantava maaperä, ratavarustus n. 10000 mk, heikko kantavuus, "betonikakku" n. 40000 mk
 - * kuljetus: esim. Hki-Tre 2* n. 10000...15000 mk
 - * apukone: 2*10000 mk
 - * pystytys + purku 8000...12000 mk
- oletuskohteena 6-8 krs asuinkerrostalo, vuokra-aika 4...6 kk, verottomia hintoja

C53 Rakennushissit

0,22...2,0 (1500...12000 mk/kk), tot. työmaakust. -94

→ aikasidonnaisuus työmaakohtaista, n. 90 %

- **aikasidonnainen osa:** työmaahuolto ja vuokrat
- **kiinteä osa:** rakennushissien pystytys ja purku

C54 Telineet

0,2...1,2 (1300...4000 mk/kk), tot. työmaakust. -94

→ aikasid. työmaa- ja rak.vaihekohtaista n.65...70 %

- **aiksidonnainen osa:** ulkotelineet, vinssitornit, vastaanottolavat, henkilönostimet, sisätelineet (käyttövuokrat), (yhtä työkuntaa palvelevat telineet kohdistetaan ao. nimikkeelle)
- **kiinteä osa:** pystytys, siirrot ja purku

C61 Työkoneet

0,6...1,1 (5000...10000 mk/kk), tot. työmaakust. -94

→ aikasidonnaisuus työmaa- ja rak.vaihekohtaista n. 100 %

- **aikasidonnainen osa:** kiinteät työkoneet ja käsikoneet, joita ei lueta käyttöomaisuuteen (vuokrat, työmaahuolto)
 - vuokraushinnastoa, ohjehinnat (Rakentajain Konevuokraamo Oy, Hämeen Rakennuskone Oy, sis. alv, ei sis. alennusta n. 30 %):
- | | |
|--|-------------------|
| * työmaasirkkeli varusteineen | 1150...1500 mk/kk |
| * kompressorit (pienet) + letku | n. 1200 mk/kk |
| * betonisekoitin(rumpu) | 650...800 mk/kk |
| * betoninnoastia (n. 1m ³) | 800 mk/kk |
| * betonitärytin varusteineen | 1200...2500 mk/kk |
| * "helikopteri" varusteineen | 4100...5000 mk/kk |
| * bet.terästen leikkurit | 400...2000 mk/kk |
| * lankasakset | 400 mk/kk |
| * terästaivuttimet | 500...2500 mk/kk |
| * haarukkavaunu | 1000 mk/kk |
| * roskakärry 410 l | 500 mk/kk |
| * tiilikärryt | 400 mk/kk |
| * saksilavat | 1600...4100 mk/kk |
| * nivelpuominostimet | 3300...8200 mk/kk |
| * roskajassikka | n. 800 mk/kk |
| * sähkölämmitin | 350...800 mk/kk |
| * tärylevyt | 1250...2500 mk/kk |
| * tasolaser | 3000 mk/kk |
| * vaaituskoje+latta+jalka | 1100 mk/kk |
| * takymetri | 4900 mk/kk |
| * mittanauha | 150...300 mk/kk |
| * teollisuusimuri | 1400...1500 mk/kk |

* paineilmanaulain	800...1100 mk/kk
* kaasuhitsauslaite varust.	1600...2500 mk/kk
* sähköpääkeskus	n. 400 mk/kk
* alakeskukset	n. 400 mk/kk
* jatkojohdot 20 m	250...300 mk/kk
* työvalaisin	150...250 mk/kk
* suojapeitteet 6m*9m	100...1500 mk/kk

- **kiinteä osa:** em. laitteiden hankinta

C81 Lumi- ja jäätyöt

0,2...1,67 (2000...11000 mk/kk) tot. työmaakust. -94

→ aikasidonnaisuus työmaa-, rak.vaihe- ja vuodenaikakohtaista, n. 100 %

- **aikasidonnaisia kuluja:** lumen luonti, jään poisto ja sulatus, lumenajo, hiekoitus

C84 Lämmitys ja kuivaus

0,1...0,3 (n.3000 mk/kk)

→ aikasidonnaisuus työmaa-, rak,vaihe- ja vuodenaikakohtaista,
n. 90 %

- **aikasidonnainen osa:** rakentamisosien lämmitys ja kuivaus (lämmityslaitteiden hoito, huolto ja vuokra)
- **kiinteä osa:** lämmitysasemien pystytys ja purku

C96 Rakennusalueen vuokrat

aikasidonnaisia kuluja

- rakennustyön tarvitsemien alueiden kuten viereisien tonttien, katualueen, varastoalueen yms. rakennusaikaisesta vuokrauksesta aiheutuneet kustannukset
- katualueen vuokra 0,50...4,00 mk/m²/vko + menetetyt pysäköintimaksut 10 mk/h (laskutus päiväkirjan mukaan)
- tilapäisten tonttien vuokra on 1,00 mk/m² (Tampereen kaupunki)

TALO 90 - JA TALO 80 -NIMIKKEISTÖJÄRJESTELMIEN TYÖMAATEKNIIKAN MUUNNOSTAULUKKO

TALO 90 -nimikkeistöjärjestelmä	TALO 80 -nimikkeistöjärjestelmä
C1 Työmaan hallinto C11 Työnjohto C12 Työmaatoimisto C13 Varaston hoito C14 Katselmukset C15 Vartiointi C16 Koulutus C17 Edustus C18 Luottamustoimet ja työterveydenhuolto C19 Työsuojaus ja työturvallisuus	911 Työnjohto 912 Työmaatoimisto 913 Varaston hoito 914 Työmaakokeet ja katselmukset (ks. C72 Laadunvarmistusmitt. ja -kokeet) 915 Vartiointi 917 Koulutus 916 Edustus 918 Luottamustoimet ja työterveydenhuolto 817 Työturvallisuus
C2 Työnaikaiset rakennukset ja asennukset C21 Työmaarakennukset C22 Työmaatiet ja varastoalueet C23 Aitaus ja mainoskilvet C24 Vesijohdot ja viemäröinti C25 Työnaikaiset sähkötyöt C26 Viestintälaitteet C27 Majoitustilat	811 Työmaarakennukset 812 Työmaatiet ja varastoalueet 815 Aitaus ja mainoskilvet 821 Vesijohdot ja viemäröinti 822 Sähkötyöt 823 Puhelin 824 Radiolaitteet
C3 Työmaatekniset aputyöt ja huolto C31 Rakennusaputyöt C32 Johtotöiden liittäminen C33 Rakennusten suojaus C34 Työmaatilojen hoito C35 Työmaakuljetukset C36 Liikenteen hoito ja ohjaus C37 Työnaikainen siivous C38 Loppusiivous C39 Työnaikaiset korjaukset	 816 Rakennussuojaus 923 Työmaatilojen hoito 87 Työmaakuljetukset 924 Siivous ja raivaus 925 Loppusiivous 922 Korjaukset
C4 Käyttöaineet ja energia C41 Työmaalla tuotettu energia C42 Sähkö C43 Vesi C44 Kaasu C45 Polttoaineet C46 Kaukolämpö	861 Sähkö 862 Vesi 863 Kaasu 864 Polttoaineet 865 Kaukolämpö
C5 Nostot ja siirrot C51 Torninosturit C52 Ajoneuvonosturit C53 Rakennushissit C54 Telineet	813 Nosturiradat 833 Torninosturit 832 Ajoneuvonosturit 834 Rakennushissit 818 Telineet ja kelkat

TALO 90 -nimikkeistöjärjestelmä		TALO 80 -nimikkeistöjärjestelmä	
C6	Työkoneet, työkalut ja -tarvikkeet		
C61	Työkoneet	814	Koneasemat ja työasemat
		831	Betoni- ja laastiasemat
		835	Betonipumput
		836	Muut siirtokoneet
		841	Työkoneet
C62	Työkalut ja välineet	842	Työkalut ja välineet
C63	Käyttötarvikkeet	85	Työmaan käyttötarvikkeet
C71	Mittaukset	921	Mittaus
C72	Laadunvarmistusmittaukset ja -kokeet	914	Työmaakokeet ja katselmukset (ks. myös C14 Katselmukset)
C73	Tutkimusmittaukset		
C74	Maaperätutkimukset		
C8	Talvilisätyöt		
C81	Lumi- ja jäätyöt	941	Lumi- ja jäätyöt
C82	Roudan rikkominen, sulatus		
C83	Lämpösuojaus	942	Lämpösuojaus
C84	Lämmitys ja kuivaus	943	Rakennuksen lämmitys ja kuivaus
		944	Runkorakenteiden lämmitys
C9	Erityiskulut		
C91	Työmaan vakuutukset	961	Työmaan vakuutukset
C92	Vakuuskulut ja sopimussakot	962	Vakuuskulut ja sopimussakot
C93	Takuukorjaukset	963	Takuukorjaukset
C94	Vahingonkorvaukset	964	Vahingonkorvaukset
C95	Keskeytyskustannukset	965	Keskeytyskustannukset
C96	Rakennusalueen vuokrat	967	Rakennusalueen vuokrat
C97	Työkalukorvaukset	973	Työkalukorvaukset
C98	Matkakorvaukset	971	Päivittäisten matkojen korvaukset