



**Puurunkoisen toimistotalon rakentamisen
vaikutukset aluetalouteen,
rakentamisen osaamiseen ja ympäristöön
Joensuun Metla-talo**

Eero Vatanen

JOENSUUNYKSIKKÖ
JOENSUU RESEARCH UNIT

JOENSUUNYKSIKKÖ
JOENSUU RESEARCH UNIT

METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN TIEDONANTOJA 949, 2005
FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE, RESEARCH PAPERS 949, 2005

**Puurunkoisen toimistotalon rakentamisen
vaikutukset aluetalouteen,
rakentamisen osaamiseen ja ympäristöön
Joensuun Metla-talo**

Eero Vatanen

JOENSUUN YKSIKKÖ
JOENSUU RESEARCH UNIT

METSÄNTUTKIMUSLAITOS
2005

Eero Vatanen. 2005. Puurunkoisen toimistotalon rakentamisen vaikutukset aluetalouteen, rakentamisen osaamiseen ja ympäristöön – Joensuun Metla-talo. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 949, 53 s. ISBN 951-40-1992-X, ISSN 0358-4283.

Asiasanat: aluetalous, kerrannaisvaikutukset, puurakentaminen, materiaalien ympäristövaikutukset

Julkaisija: Metsäntutkimuslaitos, Joensuun yksikkö, Yliopistokatu 6, 80100 Joensuu

Tilaukset: Metsäntutkimuslaitos, Vantaan yksikkö Kirjasto, Jokiniemenkuja 1, 01301 Vantaa

Hyväksynyt: Tutkimusjohtaja Kari Mielikäinen 16.12.2005

Hinta: 10 euroa

Kannen kuvat: Onni Miettinen, Okke Kiviluoto

Taitto: Leena Karvinen

Gummerus Kirjapaino Oy
Vaajakoski 2006

Sisällysluettelo

	Tiivistelmä	4
	Alkusanat	5
	Esipuhe	6
1	Johdanto	7
2	Aluetaloudellisten vaikutusten arviointi	9
	2.1 Tutkimusmenetelmät ja aineistot	9
	2.1.1 Panos-tuotosmenetelmä –sovellus ja tulkinnat	9
	2.1.2 Tutkimusaineisto: tilastot, empiiriset ja laskennalliset	10
	2.2 Puurakenteinen Metla-talo	11
	2.2.1 Esteettiset elämykset	11
	2.2.2 Puun käyttö rakennusprojektissa ja alueellinen alkuperä	12
	2.2.3 Puutuotteiden valmistus Pohjois-Karjalassa	14
	2.3 Betoni Metla-talossa	15
	2.4 Rakentamisen vähäiset alueelliset kytkennät	16
	2.5 Rakentamisen vaikutukset alueelle ja muualle	18
	2.5.1 Laskennan perusteet	18
	2.5.2 Puu- ja betonirakennuksen vertailu	19
3	Ympäristövaikutusten arviointi	22
	3.1 Materiaalien ympäristövaikutusten vertailu ja lähtökohdat	22
	3.2 Vaihtoehtojen materiaalit, menekit ja kuljetus- matkat	23
	3.3 Ympäristöprofiilien määrittäminen	24
	3.4 Vertailun tulokset ja johtopäätökset	26
4	Puurakentamisen osaaminen	29
	4.1 Innovaatiivisen rakentamisen haasteet ja rajoitteet	29
	4.2 Pilari-palkki-kotelolaatta -rakennratkaisu	30
	4.3 Massiivipuinen kotelolaatta - uusi tuote Suomessa	32
	4.4 Kotelolaattainnovaation tekninen ja taloudellinen onnistuminen ..	35
	4.5 Osaamisen lisäys Metla-talon rakentamisessa	36
5	Johtopäätökset	38
	Lähteet	41
	Kirjallisuus	41
	Internetlähteet	43
	Lehdet ja tiedotteet	43
	Haastattelut	44
	Puhelinhaastattelut ja sähköpostikyselyt	45
	Aineisto- ja muu apu Metlan puolelta	45
	Keskusteluja eri yhteyksissä	45
	Liitteet 1-4	46-53

Tiivistelmä

Tutkimuksessa arvioitiin Metla-talon rakentamisen vaikutuksia aluetalouteen, ympäristöön ja puurakentamisen osaamiseen. Ympäristö- ja aluetaloudellisia vaikutuksia vertailtiin vastaavan betonirakennuksen vaikutuksiin. Aluetaloudelliset vaikutukset koskivat rakentamista kokonaisuudessaan, mutta ympäristövaikutuksien selvitys kohdistui rakennuksen rungon ja vaipan materiaalien valmistukseen ja kuljetukseen.

Metla-talon rakentamisen urakkasumma oli ilman arvonlisäveroa 11,3 miljoonaa euroa. Betonisen verrokkitalon hinnaksi arvioitiin 10,2 milj. euroa. Kerrannaisvaikutukset mukaan lukien puisen Metla-talon kokonaisvaikutukset tulomuodostukseen olivat yhteensä 18,9 milj. euroa, joista Pohjois-Karjalaan kohdistui 13,7 milj. euroa. Vastaavat luvut olivat betoniverrokkilla 16,5 milj. ja 12,3 euroa. Rakentamisen kerrannaisvaikutuksista kohdistui selvästi suurimpi osa muualle kuin Pohjois-Karjalaan. Syy tälle ilmiölle on rakentamisen toimialan alueellisissa rakenteissa. Rakennustuotteilla käydään vilkkaasti kauppaa eri alueiden kesken. Puurakennuksen osalta alueelliset kerrannaisvaikutukset olivat hieman alhaisemmat kuin vertailurakennuksessa. Tämä selittyy Metla-talossa käytettyjen puumateriaalien – ensisijaisesti liimapuu – betonimateriaaleita vähäisemmällä alueellisella tarjonnalla.

Metla-talon kokonaistyöllisyysvaikutuksiksi laskettiin 110 vuotta. Näistä rakennuksella tehtiin 65 työvuotta ja loput välituotteiden valmistuksessa, kaupassa ja kuljetuksissa. Betoniverrokin kokonaistyöllisyysvaikutus oli 101 ja rakennuksella 59. Suhteellisesti paikallinen kokonaistyöllistävyys oli hieman suurempi betonirakentamisessa kuin puurakentamisessa.

Puisen Metla-talon rungon ja vaipan materiaalien valmistuksen ja kuljetuksen energiankulutus ja ympäristökuormitus oli selkeästi alhaisempi kuin betonisen verrokin. Energiaa kului Metla-talon rungon ja vaipan materiaaleihin 5 340 GJ ja betonisen 7 970 GJ. Puisen talon rakentamisessa uusiutuvan energian osuus oli 35 % ja betonisessa 7 %. Kasvihuoneilmiöön eniten vaikuttavien hiilidioksidin ja metaanin päästöt olivat puuvaihtoehdossa vain 40 % ja 50% betonivaihtoehdon vastaavista päästöistä.

Metla-talon rakentaminen kartutti suomalaisen puurakentamisen osaamista suunnittelussa, rakenneosien valmistuksessa ja paikalla rakentamisessa. Rakennuksen puinen runko ja välipohjaratkaisu toteutettiin ensimmäistä kertaa Suomessa puisten pilareiden, palkkien ja kotelolaattojen yhdistelmänä, joka jäykistettiin ja sidottiin hissi- ja porrastomeihin puun ja teräsbetonin liittorakenteella. Puinen Suomessa valmistettu massiivipuinen kotelolaatta tuotiin Suomen markkinoille paikallisen ja kansainvälisen yhteistyön tuloksena.

Alkusanat



Valo, lumi ja vanhat hirret – puun taiteellista uusiokäyttöä.

Tutkimusta varten olen haastatellut useita asiantuntijoita ja keskustellut monen Metla-talon rakentamiseen osallistuneen henkilön (ks. lähteet) kanssa. Arvokkaista tiedoista ja asiantuntija-avusta Teille kaikille suuret kiitokset.

Joensuussa 19.12.2005

Eero Vatanen

Esipuhe

Metla-talo Joensuussa on ensimmäinen suuri puurunkoinen toimistotalo Suomessa. Rakennuksessa on sovellettu sekä uusia että perinteisiä puurakentamisratkaisuja innovatiivisella tavalla.

Vuosi sitten valmistunut talo on herättänyt tavanomaista enemmän kiinnostusta rakentajien, suuren yleisön sekä metsäalan toimijoiden keskuudessa. Metla-talo on saanut myös kolme valtakunnallista rakentamispalkintoa: Senaatti-kiinteistöjen Vuoden rakennushanke 2004, Puuinformaatio ry:n Puupalkinto 2005 sekä Suomen sähköteknillisen liiton Vuoden valaistuskohde 2005.

Suuren mittaluokan hankkeena Metla-talo tarjoaa mahdollisuuden puurakentamisen vertailuun suhteessa vastaavaan betonirakentamiseen. Tässä selvityksessä paneudutaan ympäristö- ja aluetalousvaikutuksiin sekä puurakentamisen innovaatioiden kehittämiseen. Työ on tehty yhteistyössä Metlan ja VTT:n kesken. Metlan tutkimuspanos on kohdistunut pääosin aluetalousvaikutuksiin ja innovaatioihin.

Vaikka käsillä oleva selvitys on tapaustutkimus yhdestä suuresta puurakennuksesta, tuloksilla on merkitystä suuntaa antavina laajemminkin puurakentamisen edistämiseksi. Metla-talo osoittaa, että puu soveltuu monikerroksisten talojen materiaaliksi ja puun käytön ekologiset edut ovat kiistattomat.

Jari Parviainen

Johtaja

Metsäntutkimuslaitos, Joensuu

1 Johdanto

Metlan Joensuun tutkimuskeskuksen uusi rakennus oli ensimmäinen monikerroksinen ja valmistuessaan suurin puinen toimistotalo Suomessa. Tarve uuden talon rakentamiselle seurasi maan hallituksen vuoden 2000 tammikuun päätöksestä vahvistaa metsäntutkimusta Joensuussa. Päätös sisälsi tutkimusaseman muutoksen tutkimuskeskukseksi ja henkilöstön määrän kaksinkertaistumisen vuoden 2005 loppuun mennessä. Metsäntutkimuslaitoksen Joensuun uuden toimitalon suunnittelu alkoi pian päätöksen jälkeen.

Puun käytön lisäämiseksi rakentamisessa oli laadittu useita valtiovallan tukemia edistämishelmia, joissa puun käyttöä Suomessa on perusteltu mm. sen myönteisillä ekologisilla, kansantaloudellisilla ja aluetaloudellisilla vaikutuksilla. Rakennusten paloturvallisuutta koskevien säännösten uudistamisen (1997) jälkeen puurunkoisten monikerroksisten talojen rakentaminen tuli mahdolliseksi. Matalaan ja tiiviiseen asuntorakentamiseen kehitettiin erilaisia puurunkoisia pienkerros- ja kerrostaloja. Myös useita puisia konsertti-, kongressi-, koulu-, kirkko- ja liikuntakäyttöön tarkoitettuja rakennuksia valmistui eri puolille Suomea. Niistä näkyvin referenssikohde on vuoden 2000 keväällä valmistunut Lahden Sibeliustalo.

Tässä keskusteluympäristössä puun valinta Metsäntutkimuslaitoksen käyttöön rakennettavan toimistotalon runko- ja julkisivumateriaaliksi oli luonnollinen ratkaisu. Metsäntutkimuslaitoksen ja Maa- ja metsätalousministeriön tahto ja perustelut vakuuttivat rakennuttajan Senaatti-kiinteistöt siitä, että monikerroksinen toimistotalo voidaan rakentaa puusta. Uuden toimitalon suunnittelukilpailun yleis-tavoitteena oli edistää suomalaisen puun uutta ja innovatiivista käyttöä rakentamisessa ja ratkaisun tuli samalla edistää innovatiivisen työympäristön syntymistä sekä ilmentää Metlan roolia monitieteisenä tutkimuslaitoksena.

Metla-talon suunnittelussa ja rakentamisessa sekä rakennuttaja Senaatti-kiinteistöt että käyttäjä Metsäntutkimuslaitos asettivat rakennuksen ja sen lähiympäristön suunnittelulle ja rakentamiselle kestävän kehityksen tavoitteita.

Senaatti-kiinteistöt oli jo aiemmin omaksunut toimintatavan, jossa rakentamisen ympäristö- ja elinkaariaasiat käsitellään integroituina hankkeen laatu-, kustannus-, aikatavoitteisiin ja teknisiin ratkaisuihin. Metla-talon hankkeen tavoitteena oli, että kiinteistön ympäristökuormituksia ja kiinteistön aiheuttamaa resurssien kulutusta vähennetään rakennuksen tarkoituksenmukaisella yleisratkaisulla, harkituilla tarpeeseen perustuvilla sisäolosuhteilla, energiataloudellisilla ja luonnonvaroja säästävillä järjestelmä- ja tuotevalinnoilla sekä käytön ohjauksella. Senaatti-kiinteistöt asetti lisäksi koko hankkeen sadan vuoden elinkaaren tavoitteeksi energian kulutuksen, toimivuuden (sisäolosuhteet, muuntojousto, käytettävyys) sekä käyttökustannusten optimoinnin.

Tutkimuksen tavoitteena oli:

1. *selvittää, millaiset olivat Metla-talon rakentamisen alueelliset tulo- ja työllisyysvaikutukset sekä erot ratkaisuun, jossa Metla-talon rakentaminen vastaavana ja samankokoisena olisi toteutettu teräsbetonirunkoisena,*
2. *selvittää, innovatiivista puun käyttöä rakentamisessa ja rakennuttajien, suunnittelijoiden ja rakentajien puurakentamisen osaamisen lisääntymistä hankkeessa,*
3. *arvioida Metla-talon rakentamisen ympäristövaikutuksia ja vertailla niitä vastaavan betonirunkoisen rakennuksen ympäristövaikutuksiin.*

Tutkimuksen kahden ensimmäisen tavoitteen vastuututkija oli Eero Vatanen Metsäntutkimuslaitoksesta ja ympäristövaikutusten tulokset laskivat ja kokosivat johtava tutkija Tarja Häkkinen ja tutkija Leif Wirtanen Valtion teknillisen tutkimuskeskuksesta (ks. Häkkinen & Wirtanen 2005). Ympäristövaikutusselvityksen lähtökohdat, päätulokset ja johtopäätökset esitetään myös tämän raportin luvussa 3. Tutkimuksen yhteydet aiempaan teoreettiseen ja empiiriseen tutkimustietoon käsitellään tulosten analyysin ja johtopäätösten yhteydessä. Käytetyt menetelmät ja aineistot esitellään kunkin luvun alussa. Kokoavat johtopäätökset esitetään loppuluvussa.

Metlan Joensuun tutkimuskeskuksen uusi toimistotalo valmistui syyskuun lopussa vuonna 2004 ja sai nimekseen Metla-talo. Sen bruttoala on 7 670 m², tilavuus 33 300 m³ ja huoncistoala 6 466 m². Talon rakennutti Senaatti-kiinteistöt, pääsuunnittelusta vastasi Arkkitehtitoimisto SARC Oy, rakennesuunnittelun toteutti Insinööritoimisto Magnus Malmberg Oy ja LVIS-suunnittelun Insinööritoimisto Olof Granlund Oy. Talon rakentamisen pääurakoitsija oli Rakennusliike A. Taskinen Oy ja talotekniikan urakoi Tekmanni Oy. Rakennuttajan valvojana toimi ISS Proko Oy (aiemmin Engel rakennuttamispalvelut Oy).

2 Aluetaloudellisten vaikutusten arviointi

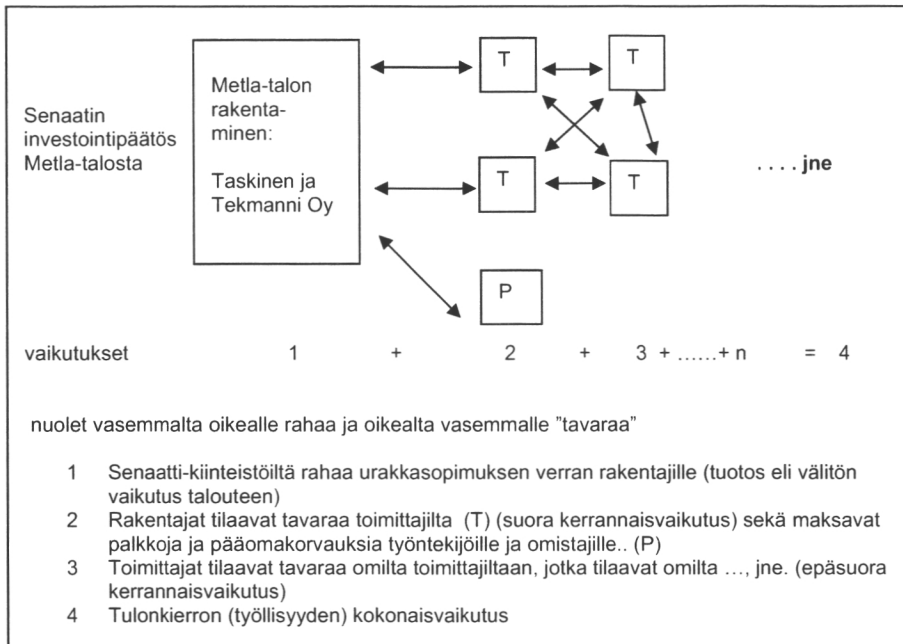
2.1 Tutkimusmenetelmät ja aineistot

2.1.1 Panos-tuotosmenetelmä –sovellus ja tulkinnat

Puisen Metla-talon ja sen betonisen verrokin rakentamisen välittömien ja välillisten tulo- ja työllisyysvaikutusten selvittäminen ja vertailu on tämän tutkimuksen aluetaloudellisen tutkimuksen kohde. Tutkimuksessa vaikutusten kohdentumista Pohjois-Karjalaan ja muualle analysoitiin panos-tuotosmenetelmän tuotosmallin aluetaloudellisella sovelluksella (ks. Vatanen 2001, 1997, Szyrmer 1992). Panos-tuotosmenetelmässä erotellaan tutkittavan taloudellisen kohteen aiheuttamat välittömät vaikutukset ja välilliset kerrannaisvaikutukset muuhun talouteen. Menetelmän empiirinen käyttö edellyttää tutkimuskohteen sijaintipaikan taloutta kuvaavaa panos-tuotostilinpitoa. Tilinpidossa kuvataan talouden toimialojen ja institutionaalisten sektoreiden tuotanto- ja tulovirtoja. Toimialat muodostuvat yrityksistä ja institutionaaliset sektorit kotitalouksista, julkisyhteisöistä, yrityksistä investoijina sekä ulkomaista. Panos-tuotosmallilla analysoidaan näiden sektorien välisiä taloudellisia riippuvuuksia ja niistä aiheutuvia tulo- ja työllisyysvaikutuksia.

Eri toimialat valmistavat tuotteita välituotteiksi ja lopputuotteiksi ostamalla tuotannontekijöitä institutionaalisilta sektoreilta ja välituotteita toisilta toimialoilta. Lopputuotteita ostavat institutionaaliset sektorit. Toimialojen ja institutionaalisten yksiköiden väliset taloustoimet muodostavat talouden tulo- ja kustannusvirrat, jotka toteutuvat samanaikaisesti. Toisen kustannus on samanaikaisesti toisen tulo. Tämä vuorovaikutus on panos-tuotosmallin avulla laskettavien taloudellisten seurausten lähtökohta. Kun joku yritys ostaa toisen tuottamaa tai omistamaa panosta käyttöönsä, alkaa tulo kiertää taloudessa aiheuttaen kerrannaisvaikutuksia. Yhden yrityksen, rakennuskohteen tai toimialan aiheuttama välittömän vaikutuksen ja kerrannaisvaikutusten muodostumisen prosessi tiivistetään ajattomaksi ja paikattomaksi kuvassa 1. Esimerkkinä käytetään tutkimuksen kohteena olevaa Metla-talon rakentamiseen liittyvää tulonmuodostusprosessia taloudessa. Metla-talon rakentamisesta aiheutuvat kokonaistulot ovat suuremmat kuin sen rakentamisesta maksettu urakkasumma, koska jokaisen yrityksen saama korvaus sen myymästä tavarasta rakennukselle kasvattaa sen tuloa (liikevaihtoa). Toisin sanoen Senaatti-kiinteistöjen Taskinen Oy:lle ja Tekmanni Oy:lle maksama euro kulkee useamman yrityksen kautta ja lasketaan jokaisen kohdalla erikseen Metla-talon rakentamisen aiheuttamaksi tuloksi (ilman Metla-talon rakentamista ko. yritykseltä olisi tämä euro jäänyt saamatta).

Tutkimuksessa arvioidaan Metla-talon (pää- ja ulkovarastorakennus) rakentamisen ja siinä käytettyjen välituotteiden (materiaalit ja muut ostot) vaikutuksia tuloihin ja työllisyyteen erikseen Pohjois-Karjalassa ja sen ulkopuolisilla alueilla ja verrataan vaikutuksia laskennallisiin, hypoteettisen teräsbetonisen talon rakentamisessa syntyviin vaikutuksiin. Laskentamalli esitetään tarkemmin liitteessä 1. Palkka- ja muiden tuotannontekijätulojen käytön aiheuttamia kerrannaisvaikutuksia ei tässä tutkimuksessa analysoida.



Kuva 1. Metla-talon tulo- ja työllisyysvaikutusten muodostumisen kuvaus¹. Kuvassa kerrannaisvaikutusten eteneminen tapahtuu horisontaalisessa suunnassa vasemmalta oikealle.

2.1.2 Tutkimusaineisto: tilastot, empiiriset ja laskennalliset

Tutkimuksessa käytettiin ja yhdisteltiin eri tavoin hankittuja aineistoja. Rakentamisen tulo- ja työllisyystiedot saatiin rakentajayrityksiltä. Tiedot puun ja betonin hankintojen kohdistuminen Pohjois-Karjalaan ja muualle saatiin rakentajien ja tavaran toimittajien haastatteluilla ja kyselyillä. Lähtökohtana vertailurakennuksen vaikutusten arvioinnissa olivat siitä tehdyt suunnitelmat ja materiaalitylaskelmat.

¹ Kuvan virtoja selitetään myös luvussa 2.5. Laskennassa käytetty malli esitetään tarkemmin liitteessä 1.

Betonin kustannusten ja hankinnan suuntautumisessa oletettiin, että tässä vaihtoehdossa olisi käytetty Metla-talon betonitoimittajia. Kerrannaisvaikutuksien laskennan perusaineistona käytettiin Pohjois-Karjalan maakunnan panos-tuotostauluja vuodelta 1995 (Tilastokeskus 2000).

Rakennussuunnittelutoimisto Magnus Malmberg Oy laati vaihtoehdoisen teräsbetonisen rakennuksen rungon ja vaipan suunnitelmat ja niihin liittyvät materiaalimenekit. Laskentatiedot olivat Valtion teknillisen tutkimuskeskus VTT:n tutkimuksessa puisen ja vaihtoehdoisen teräsbetonisen talon rakentamisen ympäristövaikutuksien arvioinnin perusaineistona.

Metla-talon ja hypoteettisen betonitalon toimialojen paikallisten välituotepanosten ja kaikkien välituotepanosten käytöt ja panoskertoimet johdettiin kerättyjen tietojen ja Pohjois-Karjalan maakunnan panos-tuotostilinpäiden tietojen perusteella. Yhdistämällä Metla-talon ja hypoteettisen betonitalon toimialat panos-tuotostuotantoon voitiin laskea talon rakentamisen kokonaisvaikutukset tulo- ja työllisyyden osalta ja kohdistaa ne Pohjois-Karjalaan ja muualle.

2.2 Puurakenteinen Metla-talo

2.2.1 Esteettiset elämykset

Metla-talon rakentamisessa käytetyllä puulla on sekä materiaallinen että immateriaalinen ulottuvuus. Edellistä voidaan mitata fyysisillä ja raha-arvoisilla suureilla ja jälkimmäistä puun luomien esteettisten elämysten ja mielikuvien ulottuvuuksilla. Esteettiset elämykset liittyvät ihmisten subjektiivisiin kokemuksiin talosta. Ne voivat syntyä talon kauneudesta tai komeudesta, atmosfääristä, ekologisuudesta, käyttömukavuudesta, toisten ihmisten välittämistä tunteuksista tai tervan tuoksusta.

Metla-talon aiheuttamia esteettisiä, subjektiivisesti koettuja yksilöllisiä kokemuksia ei ole tässä tutkimuksessa systemaattisesti tutkittu. Taloa esittelevän, arvioivan uutisoinnin ja saamien tunnustusten² perusteella voidaan kuitenkin sanoa, että talo on arkkitehtonisesti ja esteettisesti onnistunut. Eniten arvostelua on herättänyt talon ulkokehä, joka on koettu monotoniseksi, jopa suurta latoa muistuttavaksi linnakkeeksi. Lukuisten ryhmien tutustumis- ja kokouskäynnit viestivät, että Metla-talo on kiinnostava kohde. Kävijöiltä saatu palaute on pääasiassa kiittäväää. Erityisesti on korostettu sitä, että nyt Metlalla on toiminta-ajatuksensa näköinen puinen rakennus (Arkkitehti 2/2005, UPM-METSÄ 2/2005, Kontrahti 3/04).

² Senaatti-kiinteistöjen vuoden 2004 rakennushanke, Pui-informaatio ry:n vuoden 2005 puupalkinto, Suomen sähköteknillisen liiton vuoden valaistuskohde.

2.2.2 Puun käyttö rakennusprojektissa ja alueellinen alkuperä

Tässä tutkimuksessa keskitytään puun käytön määrän ja sen aluetaloudellisten vaikutusten mittaamiseen. Puun määrää mitataan puun kustannusten osuudella rakentamisen kokonaiskustannuksista ja puun osuudella rakennusmateriaalien kokonaiskuutioista.

Metla-talon rakentamisen kokonaiskustannuksista puumateriaalien kustannusosuus oli noin 12 % (hieman yli miljoona euroa). Puisten tuoteosien ja -materiaalien kysyntä Metla-talon rakentamisessa nousi kaksinkertaiseksi suhteessa Pohjois-Karjalan panos-tuotostauluista johdettuun rakentamisen toimialan keskimääräiseen puutavaran ja muihin puutuotteisiin kohdistuvaan kysyntään ja oli miltei kaksinkertainen suhteessa koko maan rakentamisessa toteutuvaan toimialan puun kysyntään vuonna 1995 (Tilastokeskus 2000). Panos-tuotostaulujen kuvaamassa rakentamisen toimialassa ovat mukana kaikki rakentamisen toiminnot ja alatoimialat. Koko rakentamisen toimialan puunkysynnän kerrointa nostavat paljon puuta käyttävät pientalokohteet, mutta toisaalta vähentävät maa- ja vesirakentamisen vähäinen puunkysyntä. Jälkimmäisen osuus koko maan rakentamisen suoritteessa oli noin 30 % vuonna 1995 (Tilastokeskus 2000). Pietarisen (2000) laskelmissa teräsbetonisissa kerros- ja koulutaloissa puutavaran osuus oli keskimäärin 1,2 % rakentamisen kokonaiskustannuksista. Tähän verrattuna puun osuus Metla-talossa on kymmenkertainen. Metla-taloon käytettyjen materiaalien rakennuskuutioista puukuutioiden osuus oli noin 37 % (2 000 m³), kun rakennuksen paalutusta ei lasketa kuutioihin mukaan.

Rakennuksen puutuotteiden tilavuudet kuutioina ja niiden jakauma esitetään taulukossa 1 käyttötarkoituksen mukaan jaoteltuina. Lisäksi taulukossa mainitaan puutuotteen valmistaja ja puuraaka-aineen toimittaja sekä puunhankinnan alkuperäalue. Puutuotteiden valmistukseen käytetystä tukkipuusta pääosa oli peräisin Metla-talon sijaintimaakunnan, Pohjois-Karjalan ulkopuolisista metsistä.

Suurin syy tähän on se, ettei rakennuksen rungossa käytettyä liimapuuta valmistavia yrityksiä ole Pohjois-Karjalan alueella. Liimapuiset pilarit ja palkit valmisti Versowood Oy³, joka hankki käyttämänsä kuusitukin Etelä- ja Keski-Suomesta. Myös välipohjissa Suomessa ensimmäistä kertaa käytetyn kotelolaatan raaka-aine tuotiin maakunnan ulkopuolelta. Ikkunoiden, väliseinien ja julkisivun puutavara on peräisin pääosin maakunnasta. Puutavaran alkuperän selvittäminen jälkikäteen ei ole yksiselitteinen tehtävä, koska puutavaran jalostajat hankkivat raaka-

³ Aiemmin Vierumäen Teollisuus Oy, nimenmuutos 10.12.2004.

Taulukko 1. Metla-talon puisissa tuoteosissa käytetyt puuraaka-ainemäärät ja niiden alkuperäalue.

Käyttökohde	m ³	<u>Välittäjä, valmistaja</u> , puun alkuperäalue niiltä osin kuin voidaan yksilöidä
Liimapuu (Pilarit, palkit, rivat, puuportaiden kaitteet, kimpupilarit)	402 ⁴	Versowood Oy (Vierumäki) Etelä- ja Keski-Suomi
Julkisivu	150 ⁴	Puumerkki, VAPO Kevätniemen saha (Lieksa) Liperin höyläämö Liperi , Pohjois-Karjala
Ikkunat ja väliseinäelementit	85 ⁵	Puupietari Oy (Liperi), Karjalan Koivu ky (Rääkkylä) , Vuoksen vesistön valuma-alue, Karelia-Ikkuna Oy (Joensuu)
Vesikatto	180 ⁴	Puukeskus, Finnforest Oy , Vuoksen vesistön valuma-alue
Väliseinät	40 ⁵	Puupietari Oy , Vuoksen vesistö
Kotelolaatat	1000 ⁴	Sil-Kas Oy, Balkenholz Oy (Muurikkala, Kymenlaakso, Venäjä ⁶), OP Finn-components (Pyhäselkä)
Hirret	60 ⁴	Kylmäkoski (Pirkanmaa) ja Joensuu
Paanut	8 ⁷	Vanhat Talot Oy , (Keuruu, Keski-Suomi)
Muut (rimakatot, vanerilevyt, portaat, kertopuu)	75	Pohjois-Karjala, Etelä-Savo
Yhteensä puuta	2 000	Pohjois-Karjalaista puuta noin 350 kuutiota

aineensa tukkureilta, jotka tuovat puuta eri puolilta Suomea. Kotimainen puu on valtaosin Vuoksen vesistön alueelta. Kaikkiaan pohjoiskarjalaista puutavaraa arviointiin käytetyn noin 350 kuutiota eli hieman alle 20 % kokonaismäärästä, mikä on paikallisuuden näkökulmasta vähäinen osuus.

Metla-talon rakennusmateriaalina käytetyn puun laskennallinen hakkuuala on minimissään noin 30 ha uudistuskypsässä metsiköissä. Käytännössä ala on suurempi, koska merkittävä osa Metla-talossa käytetystä puusta on liimapuuta.

⁴ A. Taskinen Oy:n (Laamanen 2004a) ilmoittamat määrät.

⁵ A. Taskinen Oy:n ja Karelia-Ikkuna Oy:n (Ahtonen 2004) ilmoittamat määrät, Puupietari Oy (Pietarinen 2004) ostaa puun Finnforestilta, joka toimittaa sen pääasiassa Vuoksen vesistön valuma-alueelta.

⁶ Balkenholz Oy (Peltola ja Ahonen 2004).

⁷ Vanhat Talot Oy:n ilmoittamat määrät (30.11.2004). Haapapaanua saa 1/3 kuutiota pyöreästä kiintokuutiosta ja mäntypaanua hieman vähemmän. Haapapaanun puumenekki oli 5 kuutiota ja mäntypaanun 3 kuutiota. Tervaa haapapaanuihin meni 750 kg, jonka valmistukseen on käytetty 15 kiintokuutiota tervaspuuta.

Raakapuun menekki on liimapuun valmistuksessa suurempi kuin tavallisen sahatavaran tuotannossa. Sahakuutioon käytetään keskimäärin 2,2 kiintokuutiota tukkia, sen sijaan liimapuussa menekki on erikoisdimensioiden kohdalla jopa neljä kiintokuutiota kuusitukkia (Hyytiä 2004). Kotelolaattoihin käytettävän puutavaran sahauskassa kuusitukin menekki oli keskimäärin 2,7 kuutiota (Peltola ja Ahonen 2004). Jos keskimääräisenä Metla-talossa käytetyn puuraaka-aineen tukkimenekiksi arvioidaan 2,5 raakapuukuutiota tuotekuutiota kohti, Pohjoiskarjalaista uudistuskypsää kuusivaltaista metsikköä olisi pitänyt kaataa noin 40 ha ja vastaavaa etelä-savolaista metsikköä 31 ha⁸.

2.2.3 Puutuotteiden valmistus Pohjois-Karjalassa

Puutuotteiden valmistusta ja siihen liittyviä arvoketjuja Metla-talossa käytettyjen puutuotteiden osalta tarkasteltiin erikseen Pohjois-Karjalan ja ulkopuolisten alueiden osalta. Metla-talossa käytetyistä puutuotteista oli osa jalostettu maakunnan alueen ulkopuolelta hankitusta raakapuusta. Esimerkiksi puisten kotelolaattojen kokoonpano kohdistui maakunnan puutuotetoimialalle, mutta niissä käytetyn puutavaran sahaus, kuivaus ja sormijatkaminen tehtiin Kymenlaaksossa. Viimeksi mainittujen kuin myös puutavaran hankinnan tulo- ja työllisyysvaikutukset suuntautuivat maakunnan ulkopuolelle. Maakuntaan kotelolaattojen arvosta rakennuksella (ilman asennuskustannuksia) arvioitiin jääneen hieman yli puolet (taulukko 2).

Metla-talossa käytetyn liimapuun arvon tulovaikutus suuntautui Pohjois-Karjalan sijasta Etelä-Suomeen. Julkisivulautojen, ikkunoiden ja väliseiniä puuosat arvioidaan kokonaisuudessaan hankituksi ja jalostetuksi Pohjois-Karjalassa. Vesikaton lautojen hankintamenoista Pohjois-Karjalaan arvioitiin jääneen tulona vain puutavaran välityskate, jonka oletettiin suurostoissa olevan hieman pienempi kuin kaupan kate keskimäärin. Rakennuksen julkisivun koristeena olevista hirsistä 1/3 on peräisin maakunnasta. Paanut tulivat kokonaisuudessaan maakunnan ulkopuolelta. Pohjois-Karjalan maakunnan osuudet Metla-talon rakentamisessa käytettyjen puutuotteiden valmistuksessa ja välityksessä muodostuivat seuraavan taulukon mukaisiksi.

⁸ Pohjoiskarjalaisessa kuusivaltaisen uudistuskypsän metsikön hehtaarikeskitilavuus on 234 m³, josta kuusitukkia 110 m³ ja Etelä-Savossa vastaavat luvut ovat 280m³ ja 141m³ (Korhonen 2005).

Taulukko 2. Pohjois-Karjalan osuus käytettyjen puutuotteiden arvosta.

Tuote	Maakunnan osuus
Kotelolaatat	0,54
Liimapuu	0
Julkisivu	1
Ikkunat	1
Väliseinät	1
Vesikatto	0,3
Hirret	0,34
Paanut	0
Muut	0,67
Yhteensä painotettu	0,35

Puutuoteosien kokonaismenekkien ja taulukon 2 osuuk-sien avulla voitiin laskea Metla-talon rakentamisen aiheuttamat välittömät ja välilliset tulo- ja työllisyys-vaikutukset suuntaa-antavasti Pohjois-Karjalassa ja muualla. Vastaava muokkaus tehtiin betonin ja kivitavaran sekä metallituotteiden maakunnallisten osuuk-sien arvioinnissa sekä Metla-talon että vaihtoehtorakennuksen osalta. Muodostetun Metla-talon toimialan (ks. liite 2) avulla voitiin rakentamisen suorat ja epäsuorat maakunnalliset kerrannaisvaikutukset arvioida.

2.3 Betoni Metla-talossa

Betonivaluja Metla-talossa tehtiin perustuksiin, väestönsuojiiin, hissi- ja porraskuiluihin, ensimmäisen kerroksen alapohjaan ja muiden kerrosten puisten kotelolaattojen ja teräsbetonin liittorakenteisiin. Betonimenekki oli kaikkiaan noin 3 000 kuutiota ja terästä valuihin käytettiin noin 200 tonnia. (Hämäläinen 2005) Betonin osuus rakennuksen materiaalikuutioista ilman paalutusta on 56 %. Teräsbetonirunkoisessa laskentavaihtoehdossa Metla-talon runkorakenteet ja välipohja oletettiin tehtävän teräsbetonisilla pilareilla, palkeilla ja ontelolaatoilla. Ulkoseinät suunniteltiin rakennettavaksi tiiliverhoilulla sandwich-elementillä. Vaihtoehtoisen rakennuksen laskennalliset menekit olivat 5 100 kuutiota betonia ja 320 tonnia terästä (Hämäläinen 2005, Malmberg 2004). Metla-talon valubetoni ja betoniset ontelolaatat hankittiin Pohjois-Karjalasta. Betonin valmistuksen paikallisuusasteeksi pääteltiin 78 %, sillä vain sementti ja lisäaineet tuotiin maakunnan ulkopuolelta eli Etelä-Karjalasta (Leppänen 2004). Valuissa käytetty rakennusteräs tuotiin maakunnan ulkopuolelta (Hämäläinen 2005). Valmisbetonin yli kaksinkertaista paikal-

lisuusastetta puutuotteisiin verrattuna selittää se, ettei valmisbetonia ole järkevää kuljettaa pitkiä matkoja. Valmisbetonin keskimääräinen kuljetusmatka on 5 – 10 km. (Internet 1). Betonin yleisyys rakentamisessa takaa myös riittävän kysynnän paikallisten yritysten valmistukselle.

2.4 Rakentamisen vähäiset alueelliset kytkennät

Rakentamisen toimialan kerrannaisvaikutukset aluetaloudessa ovat suhteellisen vähäiset koko maan rakentamisen kerrannaisvaikutuksiin verrattuna (taulukko 3). Pohjois-Karjalan rakentamisen toimialan suorat alueelliset kerrannaisvaikutukset olivat vuonna 1995 vain noin 13,5 % kokonaistuotoksesta kuin ne koko maassa olivat 45,1 %. Myös muissa maakunnissa rakentamisen toimialan suorat kerrannaisvaikutukset omalle alueelle ovat alhaisemmat kuin koko maassa. Maakuntien välisessä vertailussa Pohjois-Karjalan rakentamisen toimialan suorat vaikutukset ovat toiseksi pienimmät Itä-Uusimaan maakunnan jälkeen. (Tilastokeskus 2000). Rakentamisen toimialan suorien kerrannaisvaikutusten suhteellinen suuruus kaikkien toimialojen⁹ joukossa on maakuntatasolla Etelä-Karjalaa lukuun ottamatta pienempi kuin koko maassa, ja toimialan suorat kerrannaisvaikutukset ovat Pohjois-Karjalassa ja 11 muussa maakunnassa toimialojen mediaaniarvoa pienemmät. Pohjois-Karjalan ja muiden maakuntien rakentamisen toimialan koko maata matalimpien kerrannaisvaikutusten tulkinta on, että rakennustarvikkeita tuodaan pienempiin aluetalouksiin suuremmilta alueilta enemmän kuin päinvastoin mutta toisaalta myös se, että samojen tuotteiden ristikkäiskauppa alueiden välillä on vilkasta. Viimeksi mainittua ilmiötä kuvaavat myös taulukossa 3 muualta kotimaasta tuotujen hyödykkeiden osuudet rakentamisen tuotoksesta eri maakunnissa. Sementtiä valmistavaa Etelä-Karjalan ja rakennusten metalliosia valmistavaa Etelä-Pohjanmaan maakuntia lukuun ottamatta kaikkien muiden maakuntien rakentamisen toimiala ostaa välituotteita enemmän muualta Suomesta kuin omasta maakunnastaan. Kun otetaan huomioon myös ulkomailta ostettavat välituotteet, voidaan sanoa, että rakentamisen välituoteostojen kohdistuminen oman alueen ulkopuolelle on huomattava ja tämän vuoksi rakentamisen toimialan paikalliset kytkennät ovat vähäiset.

Rakentamisen toimialan vähäiset paikalliset kytkennät ovat myös Metlatalon välituoteostojen alhaisen paikallisuusasteen keskeinen selittäjä. Huolimatta siitä että Metla-talo oli puisen toimistotalon rakentamisen kehityshanke¹⁰, rakentaminen toteutettiin normaalissa aikataulussa, jonka vuoksi rakentajalla ei ollut mahdollista tehdä erillisselvityksiä Pohjois-Karjalan yritysten materiaalitoimitusten potentiaaleista. Ikkunat ja osan kiinteistä puukalusteista valmistivat paikalliset

Taulukko 3. Rakentamisen toimialan suorien kerrannaisvaikutusten osuus tuotoksesta koko maassa ja eri maakunnissa vuonna 1995

Maakunta	Suora kerrannaisvaikutus eli alueella valmistettujen välituotteiden osuus rakentamisen tuotoksesta	Maakunnan rakentamisen toimialan suorien kerrannaisvaikutusten suuruusjärjestys maakuntien joukossa	Kaikkien toimialojen mediaani	Rakentamisen toimialan vaikutusten suuruusjärjestys alueen toimialojen joukossa	Muualta kotimaasta tuotujen välituotteiden osuus tuotoksesta	Ulkomailta tuotujen välituotteiden osuus tuotoksesta
Uusimaa	0,221	3	0,237	22	0,243	0,138
Varsinais	0,202	5	0,174	17	0,254	0,102
Satakunta	0,143	17	0,175	25	0,292	0,115
Kanta-Häme	0,154	14	0,151	18	0,293	0,120
Pirkanmaa	0,194	6	0,188	18	0,257	0,112
Päijät-Häme	0,142	18	0,170	26	0,322	0,113
Kymenlaakso	0,154	13	0,168	24	0,268	0,119
Etelä-Karjala	0,262	1	0,183	9	0,226	0,106
Etelä-Savo	0,147	16	0,153	24	0,289	0,128
Pohjois-Savo	0,207	4	0,198	17	0,243	0,118
Pohjois-Karjala	0,135	19	0,152	22	0,296	0,130
Keski-Suomi	0,158	12	0,166	23	0,287	0,123
Etelä-Pohjanmaa	0,229	2	0,169	12	0,225	0,106
Pohjanmaa	0,177	9	0,174	18	0,257	0,108
Keski-Pohjanmaa	0,158	11	0,169	22	0,272	0,124
Pohjois-Pohjanmaa	0,176	10	0,188	23	0,264	0,122
Kainuu	0,182	8	0,156	16	0,231	0,108
Lappi	0,153	15	0,177	24	0,267	0,120
Itä-Uusimaa	0,107	20	0,134	28	0,312	0,114
Ahvenanmaa	0,190	7	0,182	18	0,256	0,113
Koko maa	0,451		0,377	13	0,000	0,120

yritykset ja kivilattiat ovat pohjoiskarjalaista vuolukiveä (Projektiutiset 2004, Laamanen 2004a).

Massiivipuisten välipohjien kotelolaattojen ja niiden valmistuksen suunnittelu tehtiin kehityshankkeena, jossa sveitsiläinen tuote sovitettiin Suomessa valmistettavaksi. Kehitysprosessissa, jota kuvataan tarkemmin luvussa neljä, yhdistyivät paikallinen, kansallinen ja kansainvälinen osaaminen verkostoksi. Pohjois-Karjalan osuus tuotteen valmistusketjussa metsästä asennusvalmiiksi tuotteeksi rakennuksella oli yli puolet laattojen kokonaisarvosta. Rakentamisen aikataulu ja kehityshankkeen monipolvisuus asettivat rajoitteita käytetyn puuraaka-aineen

⁹ Maakunnallisissa panos-tuotostauluissa toimialojen lukumäärä on 37.

¹⁰ Kustannusarviossa varauduttiin 5-10 % puulisään Riikonen (2004).

hankinnalle ja jalostukselle koteloiden ahioksi maakunnassa. Lopulta tilausten pitkittyminen ja tarvittavan puutavaran järeys aiheuttivat sen, ettei puutavaraa ollut mahdollista enää hankkia kotimaasta (Silvennoinen 2004, Peltola ja Ahonen 2004, Keronen 2005). Niukka alueellinen tarjonta on selityksenä paikallisten toimijoiden vähäiseen osuuteen muiden puutuotteiden kohdalla. Tarjonnan puute on ainakin osittain seurausta siitä, ettei paikallisessa rakentamisessa puutuotteita käytetä riittävästi, jotta paikalliset yritykset voisivat sen kysynnän varassa kehittää ja valmistaa uusia puutuotteita kannattavasti.

Betoni ja siitä valmistetut rakentamisen tuoteosat ovat nykyisessä rakentamisessa standardituotteita, joilla on vakiintuneet toimituskanavat. Puurunkoisen Metla-talon rakenteissa käytettiin betonia kuutioina mitattuna enemmän kuin puuta. Betonin ja siitä tehtyjen tuoteosien markkinat ovat vakiintuneita ja betonia valmistetaan paikallisesti Pohjois-Karjalassa ja Joensuussa. Betonituotteiden saataavuus ja valmistajien tarjontavalmius ovat hyvät normaaliaikataulua noudattavalle rakennushankkeelle toisin kuin puutuotteiden osalta puurunkoisessa toimistotalon rakentamisessa.

2.5 Rakentamisen vaikutukset alueelle ja muualle

2.5.1 Laskennan perusteet

Metla-talon rakentamisen kerrannaiset tulo- ja työllisyysvaikutukset laskettiin muokkaamalla Pohjois-Karjalan panos-tuotostaulun rakentamisen toimiala vastaamaan Metla-talon edellä arvioituja puun ja betonin käyttöjä. Rakentamisen toimialan volyymin ja tuottavuuden kehitys vuodesta 1995 vuoteen 2002 otetaan työllisyyslaskelmissa huomioon, mutta sen jälkeisiä rakentamistoimialan tuottavuuden kehitystä kuvaavia tilastotietoja ei laskennan aikana ollut vielä olemassa. Metla-talon rakentamisen kerrannaisvaikutuksia mittaavat toimialan panoskertoimet toteutuneen puisen ja betonisen verrokin osalta esitetään liitteessä 2.

Kuvassa 1 (s. 10) havainnollistettiin Metla-talon rakentamisen tulo- ja työllisyysvirtojen muodostumista. Tässä analyysissä tarkastellaan rakentamisen aiheuttamaa yritysten välistä tulo- ja työllisyyden muodostusta (T) alkaen rakentajan maksamasta urakkasummasta rakentajalle (välitön vaikutus). Sen jälkeen rakentaja maksaa tilaamistaan välituotteista ja raaka-aineista niiden myyjille, jotka taas ostavat tällä rahalla muilta välituotteita ja raaka-aineita. Joka kerta kun raha ja tavara vaihdetaan keskenään, myyjälle syntyy tuloa. Tämä prosessi jatkuu periaatteessa äärettömyyksiin, mutta vaimenee varsin nopeasti kerrannaisvaikutusten li-

sääntymisen kannalta merkityksettömäksi. Tulojen loppusumma eli rakentamisen aiheuttama kokonaisvaikutus tuloihin ja työllisyyteen kertautuu alkuperäistä välitöntä vaikutusta suuremmaksi. Rakentajan ostoa tavarantoimittajilta nimitetään suoraksi kerrannaisvaikutukseksi ja seuraavia vaiheita epäsuoriksi kerrannaisvaikutuksiksi. Suora kerrannaisvaikutus kohdistuu myös rakentajalta työntekijöille ja muiden tuotannontekijöiden käytöstä niiden omistajille maksetuista korvauksista (P). Näitä kerrannaisvaikutuksia ei ollut mahdollista analysoida tässä tutkimuksessa huolimatta siitä, että paikallisesti tuotannontekijäkorvausten aiheuttamat suorat ja epäsuorat kerrannaisvaikutukset ovat paikallistaloudessa suuremmat kuin yritysten välisten ostojen ja myyntien seurauksena syntyvät vaikutukset (ks. Vatanen 2001).

Tulo- ja työllisyysvaikutusten jakautuminen Pohjois-Karjalaan ja muualle on laskettu vähentämällä Pohjois-Karjalaan suuntautuvat vaikutukset Pohjois-Karjalaan suuntautuvista hypoteettisista vaikutuksista. Jälkimmäiset on johdettu käytämällä laskennan perustana rakentamisen panoskertoimia kokonaisuudessaan (ks. liite 1 ja 2).

2.5.2 Puu- ja betonirakennuksen vertailu

Metla-talon rakentamisen urakoiden arvonlisäveroton loppusumma oli noin 11,3 milj. euroa. Metla-talon rakentamiskustannuslaskennassa varauduttiin 10 % puutuotelisään, joka myös toteutui. Vertailulaskelman hypoteettisen betonirunkoisen talon rakentamisen hinnaksi oletettiin puulisän verran alhaisempi hinta eli 10,2 milj. euroa. Betonitalon kustannusarvio on hypoteettinen, koska betonista Metla-taloa ei ole rakennettu. Betonitalo voidaan päätellä olevan mahdollista rakentaa halvemmalla kuin rakennettu puurunkoinen Metla-talo, koska mikä tahansa normaalista poikkeavan rakennuksen rakentaminen maksaa yleensä enemmän kuin rutiinirakentaminen (Laamanen 2004b, Turkki 2005). Metla-talon neliökustannukset asettuivat Senaatti-kiinteistöjen viime aikoina rakentamien kohteiden keskimääräiselle tasolle. Pelkissä toimistotaloissa neliökustannukset ovat vähäisemmät kuin Metla-talossa, jonka neliökustannuksia nostavat laboratorio- ja muut erikoistilat. (Riikonen 2004).

Metla-talon tulo- ja työllisyysvaikutukset ovat betonista verrokkitaloa suuremmat. Tulo- ja työllisyysvaikutuksien suuruutta ja alueellista kohdentumista vertaillaan taulukoissa 4 ja 5. Tulovaikutuksien suhteellisuus esitetään urakoitsijoille maksetun miljoonan euron aiheuttamilla tulovaikutuksilla taulukossa 3. Pui-sen Metla-talon vaikutukset muualle ovat suuremmat kuin betonitalon, koska puu-

tuotteiden paikallisuusaste oli pienempi kuin betonin. Suhteelliset erot ovat kuitenkin kaiken kaikkiaan vähäiset. Puisen Metla-talon absoluuttiset kokonaisvaikutukset tulon muodostumiseen Pohjois-Karjalassa olivat 13,7 milj. euroa ja yhteensä kaikkialla 18,9 milj. euroa. Vastaavat luvut olivat betoniverroilla 12,3 ja 16,5 milj. euroa.

Metla-talon kokonaistyöllisyysvaikutuksiksi laskettiin 110 vuotta. Näistä rakennuksella tehtiin 65 työvuotta ja loput välituotteiden valmistuksessa, kaupassa ja kuljetuksissa. Tähän työllisyyteen kuten ei tulovaikutuksiinkaan laskettu mukaan suunnittelun ja valvonnan työntekijöitä, vaan ainoastaan ne toiminnot, mitkä kuuluvat rakentamisen toimialaan (ks. Tilastokeskus 1995 tai 2002). Betoniverroin kokonaistyöllisyysvaikutus oli kustannuseron verran pienempi. Paikallinen suhteellinen työllistävyys oli hieman suurempi betonirakentamisessa kuin puurakentamisessa samasta syystä kuin tulovaikutuksissakin.

Tulo- ja työllisyysvaikutusten erojen vähäisyys lienee osittain peräisin myös käytetyn aineiston rajoitteista. Molemmissa laskelmissa käytettiin muiden kuin puu-, betoni- ja metallituotteiden osalta samoja Pohjois-Karjalan panos-tuotostauluista johdettuja kertoimia (ks. liite 2).

Taulukko 4. Puisen ja hypoteettisen betonisen Metla-talon rakentamisen miljoonan euron tuotoksesta eli välittömästä vaikutuksesta aiheutuvat kerrannaisvaikutukset (euroa).

	Pohjois-Karjalassa		Muualla		Kaikkialla	
	Puu	Betoni	Puu	Betoni	Puu	Betoni
Välitön vaikutus =	1 000 000	1 000 000			1 000 000	1 000 000
Urakoitsijalle maksettu						
Suorat kerrannaisvaikutukset	174 000	179 000	387 000	362 000	561 000	541 000
Epäsuorat kerrannaisvaikutukset	34 000	31 000	81 000	43 000	115 000	74 000
Kokonaisvaikutukset	1 208 000	1 210 000	468 000	405 000	1 676 000	1 615 000

Taulukko 5. Metla-talon ja hypoteettisen betonitalon rakentamisen välittömät ja laskennalliset työllisyysvaikutukset (työvuosia).

	Pohjois-Karjalassa		Muualla		Kaikkialla	
	Puu	Betoni	Puu	Betoni	Puu	Betoni
Välitön vaikutus rakennustyömaalla	65	59			65	59
Suorat kerrannaisvaikutukset	10	10	26	25	36	35
Epäsuorat kerrannaisvaikutukset	3	3	6	4	9	7
Kokonaisvaikutukset	78	72	32	29	110	101

Vaikutusten laskennan tarkentaminen edellyttäisi myös muiden tuotteiden ostoista tarkempaa tietoa, jotta ne voitaisiin luokitella panos-tuotostutkimuksen toimialoihin ja eri alueille kohdistuviksi todellisen tiedon perusteella. Tämä edellyttäisi kuitenkin luottamuksellista vuorovaikutusta tutkijan ja urakoitsijoiden kanssa miltei koko rakentamisen ajan. Käytännössä tähän ei ole mahdollisuuksia lähinnä tutkimusmäärärahojen niukkuuden vuoksi. Yrityksille nämä tiedot eivät yleensä ole liikesalaisuuksia, mutta niiden systemaattisen keräämisen ja luokittelun ei koeta hyödyttävän perusliiketoimintaa niin paljon, että toiminta kannattaisi ilman kompensatiota. (Laamanen 2004b)



Enemmän kuin seitsemän porrasta ja tiedonpuuta.
(Kuva: Jussi Tiainen)

3 Ympäristövaikutusten arviointi

3.1 Materiaalien ympäristövaikutusten vertailu ja lähtökohdat

Senaatti-kiinteistöt ja Metsäntutkimuslaitos asettivat Metla-talon ja sen lähiympäristön suunnittelulle ja rakentamiselle kestävän kehityksen tavoitteita. Puun valinta päämateriaaliksi liittyi myös kestävän kehityksen tavoitteeseen, koska puulla on ekologisen materiaalin maine.

Puisen ratkaisun ympäristövaikutuksia suhteessa betoniseen vaihtoehtoon ei ole aiemmin selvitetty monikerroksisen toimistorakennuksen osalta. Tämän tietotarpeen vuoksi tilattiin puisen Metla-talon ja sen betonisen vaihtoehdon rakentamisen ympäristövaikutuksien selvitys Valtion teknilliseltä tutkimuskeskukselta.

Häkkisen ja Wirtasen (2005) selvityksessä¹¹ vertailtiin Metla-talon ja sen betoniverrokin rakentamisen aiheuttamia resurssien käyttöä ja ympäristökuormitusta. Vertailulaskelmassa otettiin huomioon rakennusten rungon ja vaipan tekemiseen käytettyjen toisistaan poikkeavien materiaalien sekä näiden tuotteiden kuljetuksien aiheuttamat ympäristövaikutukset.

Selvityksessä ei otettu huomioon asentamisen ja paikalla rakentamisen, käyttöiän aikaisen huollon ja kunnossapidon eikä rakennuksen purkamisen aiheuttamia materiaalivirtoja. Selvityksessä tarkasteltiin ja vertailtiin ainoastaan pää-rakennusta. Ulkovarastorakennusta ei otettu laskelmissa huomioon. Arviossa ei vertailtu rakennuksien elinkaaren aikaisia energian käytön vaikutuksia ympäristökuormitukseen.

Puurakenteisen rakennuksen arviossa otettiin huomioon kertopuun, massiivipuisen kotelarakenteen ja muun sahatavaran, sekavanerin, liimapuun, betonin ja raudoituksen, kipsilevyn, lämmöneristeen, höyrynsulun, teräsosien, pohja- ja pintalakan sekä liiman aiheuttamat ympäristövaikutukset.

Betonirakenteisen vertailurakennuksen arviossa otettiin huomioon ontelolaatan, pilarien ja palkkien, ulkoseinän ulko- ja sisäkuoren, reunakaistojen ja päätysaumojen, päätyseinän, jänneteräksien ja raudoitusten sekä lämmöneristeen vaikutukset.

¹¹ Tämä luku (3) on kirjoitettu referoimalla ja jatkojalostamalla selvityksen lähtötietoja ja tuloksia.

3.2 Vaihtoehtojen materiaalit, menekit ja kuljetusmatkat

Vertailu kohdennettiin runko- ja julkisivurakenteille olettaen, että ainoastaan nämä rakenteet eroavat toisistaan merkittävästi valmiissa rakennuksessa. Tämän vuoksi tarkastelun ulkopuolelle jäivät perustukset, vesikatto sekä sellaiset rakennusosat kuten ikkunat, jotka ovat lähes samanlaisia sekä puisessa että betonisessa rakennuksessa. Tarkastelun ulkopuolelle jätettiin myös itse rakennustyövaihe ja rakennuksen käytön aikaiset ympäristövaikutukset.

Selvityksen ensimmäisessä vaiheessa laskettiin VTT:n toimesta rakennepiirustusten perusteella puurakenteiden massat. Näitä tuloksia verrattiin rakentajan ilmoittamiin määriin ja todettiin, että määrät vastaavat toisiaan.

Puurakennuksen rungon ja vaipan materiaalit, niiden laskennalliset määrät ja kuljetusmatkat esitetään taulukossa 6. Puumateriaalien määrät poikkeavat alueellisten vaikutusten arvioinnissa esitetyistä määristä, koska vaihtoehtorakennusten materiaalien määriä vertaillaan vain rungon ja vaipan osalta.

Taulukko 6. Puurakennuksen rungon ja vaipan tuotteet, määrät ja kuljetusmatkat.

Materiaalit	m ³	tonni	km
Kertopuu	23,5	11,8	125
Kotelo	754	392	290
Muu sahatavara	69,5	36,1	150
Sekavaneri	17,7	10,8	10
Liimapuu	321	151	320
Betoni	525	1260	5
Raudoitus	2,90	22,5	500
Kipsilevy	18,9	12,8	460
Lämmöneriste	270	9,40	560
Höyrynsulku	0,300	0,300	2000 ¹
Muut teräsosat	0,400	3,40	100
Pohjalakka	0,505	0,500	420
Pintalakka	0,660	0,800	420
Liima		7,00	85
Yhteensä		1 920	

¹ auto 1000 , laiva 1000

Betonirakenteiden massalaskelma tehtiin Insinööritoimisto Magnus Malmbergin toimesta. Laskelmiin sisällytettiin myös rakenteiden kiinnitys- ja liitososat. Betonirakennus oletettiin toteutetuksi tavanomaisena elementtirakenteisena toimistorakennuksena, jonka runko on toteutettu pilari- palkkimenetelmällä ja jonka välipohjissa ja yläpohjassa on käytetty ontelolaattoja. Vertailurakennuksen julkisi-

vu oletettiin tiilipäällysteiseksi sandwich-elementtirakenteeksi rakennuksen päätyjä lukuun ottamatta. Rakennuksen päädyt oletettiin paikalla valetuiksi. VTT arvioi tehtyjen massalaskelmien perusteella, edellä esitetyin rakennerratkaisuin toteutettuna, kuvitteellisen betonirakennuksen ympäristövaikutukset samoin menetelmin kuin puurakennuksen kohdalla. Kuljetusetäisyydet arvioitiin sen perusteella, että valmisbetoni ja betonielementit toimitetaan paikallisilta valmistajilta. Betonirakennuksen rungon ja vaipan materiaalit, määrät ja kuljetusmatkat on esitetty taulukossa 7.

Taulukko 7. Betonirakennuksen rungon ja vaipan tuotteet, määrät ja kuljetusmatkat

Materiaalit	m ² tai m ³	tonni	km
Ontelolaatta m ²	5 470	1 970	45
Betoni (reunakaistat ja päätysaumat) m ³	81,6	196	5
Betoni (pintabetoni) m ²	3 900	562	5
Betoni (pilarit ja palkit) m ³	510	1 220	5
Betonin ulkoseinäelementti m ²	1 472	560	5
Betoni (päätyseinä) m ³	51,1	123	5
Raudoitus (elementin putoamista estävä ja rengasraudoitus)		3,50	500
Raudoitus (reunakaistat ja päätysaumat) m ²	37,3	1,70	500
Raudoitus (pintabetoni) m ²	3 900	16,1	500
Raudoitus (päätyseinä) m ²	255	4,00	500
Lämmöneriste m ²	255	2,9	560
Tiili m ²	1 472	51,5	220
Yhteensä		4 710	

3.3 Ympäristöprofiilien määrittäminen

Rakennustuotteiden ympäristöselosteiden laadintaan ja rakennusten ympäristövaikutusten arviointiin kehitetty EKA -menetelmä¹² ohjeistaa ympäristöprofiilin laadinnan. Rakennusten ympäristövaikutusten arvioinnissa tulisi ottaa huomioon seuraavat seikat:

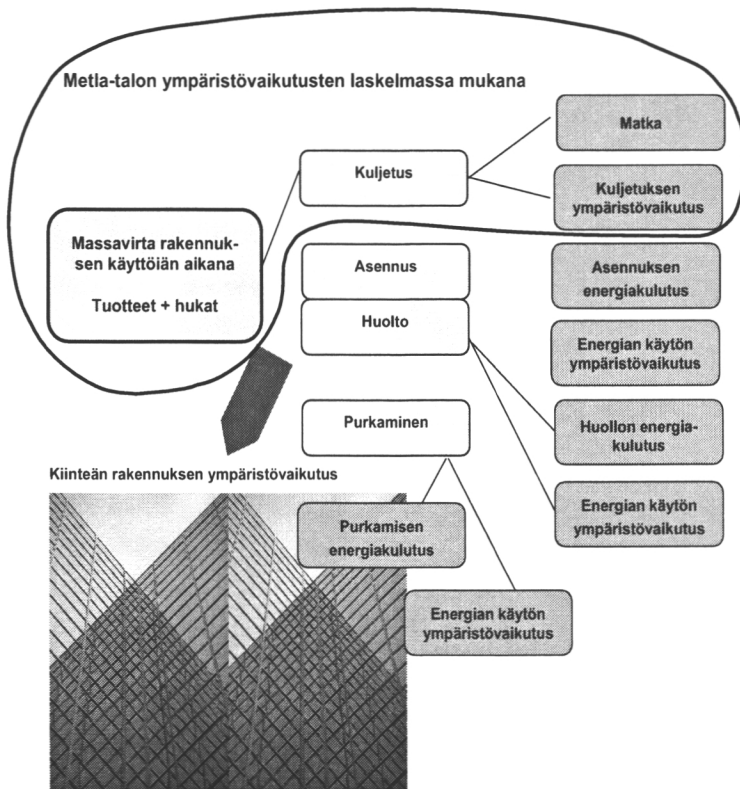
- tuotteiden käyttö rakentamiseen ja hukat
- tuotteiden käyttö rakennuksen huollossa ja kunnossapidossa käyttöiän aikana ja hukat
- tuotteiden kuljetus rakennuspaikalle, asentaminen ja paikalla rakentaminen
- rakennuksen purkaminen ja sen aiheuttama materiaali- ja energiavirta

¹² Häkkinen ym 2004.

EKA-menetelmässä on määritelty ne rakennusosat, jotka tulisi ottaa huomioon vertailtaessa eri rakennusten ympäristövaikutuksia keskenään. Tässä vertailussa EKA-menetelmää sovellettiin niin, että vertailulaskelmissa tarkasteltiin vain rungon ja vaipan rakenteiden ympäristöprofileja kuvassa 1 esitetyn rajauksen mukaisesti.

Puu- ja betonituotteiden ympäristöprofiilit johdettiin käyttämällä hyväksi Suomessa koottua informaatiota puu- ja betonituotteiden valmistuksen materiaali- ja energiavirroista, jotka kuvaavat hyvin tyypillisen valmistuksen aiheuttamia ympäristövaikutuksia.

Arviot tehtiin Metla-talon suunnitelmien perusteella. Arvioissa hyödynnettiin BECOST-työkaluun¹³ sekä EKA-hankkeen ja REM-hankkeen¹⁴ loppuraportteihin sisältyviä tietokantoja rakennustuotteiden ja energioiden ympäristövaikutuksista.



Kuva 2. Kiinteän rakennuksen ympäristövaikutusten arvioissa huomioon otettavat asiat.

¹³ Internet 2.

¹⁴ Häkkinen 2005.

Yksittäisten rakennustuotteiden ympäristöprofiilit perustuivat EKA-menetelmän mukaisesti arvioituihin puu- ja betonituotteiden ympäristöprofileihin. Pääosa tiedosta on koottu VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan aikaisemmissa selvityksissä ja osittain ne perustuvat RTS:n julkaisemiin uusimpiin ympäristöselosteisiin. Näihin profileihin on lisätty tuotteiden kuljetuksista rakennustyömaalle aiheutuvat vaikutukset. Betonituotteiden profiilit perustuvat osittain tässä hankkeessa arvioituihin koostumuksiin ja osa-aineiden profiilien ja kuljetuksien perusteella laskettuihin tuloksiin. Palkkien ja pilareiden teräsmäärät otettiin huomioon suunnitelmien mukaisina.

3.4 Vertailun tulokset ja johtopäätökset

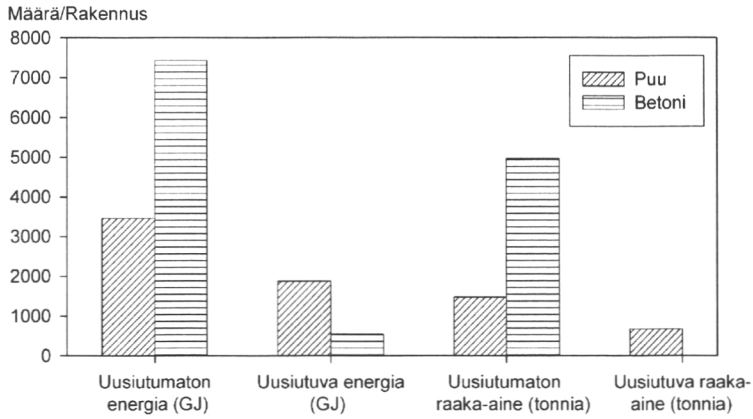
Rakentamisessa käytettyjen tuotteiden ympäristöprofiilien, määrien ja kuljetusten perusteella Metla-talon rungon ja vaipan rakentamisen aiheuttama resurssien kulutus ja ympäristökuormitus ovat merkittävästi pienemmät kuin vertailun kohteena olevan betonirakennuksen rungon ja vaipan vastaavat vaikutukset (taulukko 8). Puurakenteisessa rakennuksessa uusiutumattoman energian arvioitu kokonaiskulutus, joka aiheutuu rungon ja vaipan materiaalien tuotannosta ja kuljetuksista, on 3 500 GJ ja vertailurakennuksessa 7 400 GJ. Päästöt ovat puurakennuksessa vähäisemmät kuin betonirakennuksessa. Esimerkiksi hiilidioksidin kokonaispäästöt ovat Metla-talossa vain 40 % betonisen vertailutalon 804 tonnin päästöistä ja metaanipäästöt 50 % vertailutalon 1 270 kg metaanipäästöistä.

Taulukko 8. Puisen ja betonisen rakennuksen rungon ja vaipan ympäristöprofiilit.

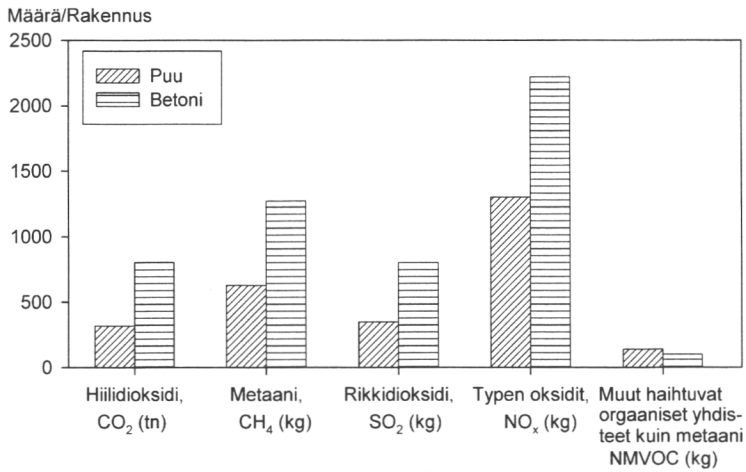
	Puu	Betoni
Uusiutumaton energia [GJ]	3 460	7 430
Uusiutuva energia [GJ]	1 880	540
Uusiutumaton raaka-aine [tonnia]	1 480	4 970
Uusiutuva raaka-aine [tonnia]	675	0,730
Hiilidioksidi, CO ₂ [kg]	320 000	804 000
Hiiliemonoksidi CO [kg]	2 600	4 130
Metaani, CH ₄ [kg]	630	1 270
Typpioksiduuli, N ₂ O [kg]	10	330
Rikkidioksidi, SO ₂ [kg]	350	802
Typen oksidit, NO _x [kg]	1 300	2 220
Ammoniakki, NH ₃ [kg]	23	39,2
Muut haihtuvat orgaaniset yhdisteet kuin metaani, NMVOC [kg]	140 *	100

* Maalaus- ja liimaustyöstä syntyy yhteensä lisäksi noin 112 kg NMVOC-yhdisteitä

Puisen ja betonisen rakennuksen rungon ja vaipan rakentamisen ympäristövaikutusten vertailu käytettyjen resurssien ja keskeisten päästöjen suhteen havainnollistetaan pylväsdiaammeina kuvissa 3 ja 4.



Kuva 3. Resurssien kulutuksen vertailu.



Kuva 4. Päästöjen aiheutumisen vertailu.

Ontelolaatan ja kotelolaatan uusiutumattoman energian ja raaka-aineen kulutukset sekä hiilidioksidipäästöt niiden painoyksikköä ja kokonaispainoa kohden ovat seuraavat:

	Betoniontelolaatta		Puukotelolaatta ¹⁵		Kotelo/ ontelo %
	Kiloa kohti	Yhteensä	Kiloa kohti	Yhteensä	
Uusiutumaton energia (MJ/kg)	1,2	2 364 000 MJ	1,51	591 920 MJ	25,0
Uusiutumaton raaka-aine (kg/kg)	1,1	2 167 000 kg	0,0074	2 901 kg	0,1
Hiilidioksidi, CO ₂ (kg/kg)	0,140	275 800 kg	0,0825	32 340 kg	11,7

Vertailun tuloksia selittävät ensisijaisesti puu- ja betonivaihtoehtojen tuotteiden ympäristöprofiilien ja painojen erot. Tuotteiden kuljetusmatkojen osuus kokonaisvaikutuksista oli vähäinen. Betonisen ontelolaatan ja puisen kotelolaatan ympäristöprofiilien ja määrien vertailu osoittavat, että erot muodostuvat materiaalien ympäristöprofiilien ja painojen tulona. Betonisten ontelolaattojen paino vertailurakennuksessa on noin 2 000 tonnia (noin 40 % tarkastelussa mukana olevista materiaaleista) ja puisten kotelolaattojen paino Metla-talossa on noin 400 tonnia (noin 20 % tarkastelussa mukana olevien materiaalien painosta).

Puisen kotelolaatan valmistuksessa uusiutumattomien raaka-aineiden käyttö apuaineetkin huomioon ottaen on vähäistä. Puisen kotelolaatan hiilidioksidipäästöt painoyksikköä kohden ovat hieman yli puolet ontelolaatan hiilidioksidipäästöistä. Välipohjiin ja yläpohjiin käytettyjen puisten ja betonisten laattojen ympäristövaikutusten erot selittyvät pääosin materiaalien painon seurauksena. Kokonaisuutena puisten kotelolaattojen uusiutumattoman energian kulutus on vain neljännes, hiilidioksidipäästöt ovat vain reilun kymmenyksen ja uusiutumattomien raaka-aineiden kulutus on vain promillen verran betonisten ontelolaattojen vastavista arvoista.

Metla-talon rungon ja vaipan rakentamisessa puu on käytettyjen resurssien ja päästöjen perusteella ekologisempi materiaali kuin betoni. Puun käytön myönteiset ympäristövaikutukset korostuvat edelleen, kun otetaan huomioon myös puurakenteisiin rakennuksen elinkaaren ajaksi varastoituva hiili sekä puutuotteiden valmistuksesta ja rakennuksen purkamisesta saatava fossiilisia polttoaineita korvaava bioenergia. Nämä kaikki tekijät mukaan lukien voidaan arvioida, että puisen Metla-talon elinkaaren aikainen nettovaikutus kasvihuoneilmiöön on vähintään neutraali ellei jopa käänteinen. Gustavsson ym. (2005a ja 2005b) sekä Pagen (2004) tutkimuksien tulosten mukaan puurunkoiset kerrostalot sitovat elinkaarensa aikana hiilidioksidia enemmän kuin aiheuttavat päästöjä.

¹⁵ Kotelolaatan arvot yksikköä kohden on laskettu sahatavaran ja liimapuun ympäristöprofiilien keskiarvona. Tarkat tuotekohtaiset ympäristöprofiilit (Häkkinen & Virtanen 2005).

4 Puurakentamisen osaaminen

4.1 Innovatiivisen rakentamisen haasteet ja rajoitteet

Metla-talon arkkitehtuurikilpailun ja rakentamisen tavoitteena oli, että uusi toimitalo olisi myös kansainvälisesti merkittävä puurakennus. Tämän lisäksi kilpailuohjeessa tarkennettiin erityistavoitteita seuraavasti:

- a) *suomalaisen puun uusi ja innovatiivinen käyttö.*
- b) *rakennuksen tuli ilmentää Metlan roolia monitieteisenä tutkimuslaitoksena, joka tutkii metsiä ja metsien tuotteita sekä niiden käyttöä ja jalostusta tukevaa teknologiaa ja menetelmiä.*
- c) *suunnitteluratkaisujen avulla voitaisiin vahvistaa innovatiivisen työympäristön syntymistä. (Metlan... 2002).*

Puun uudet ja innovatiiviset käyttömuodot rakennuksen ja rakentamisen eri vaiheissa analysoitiin vertaamalla rakentamiseen osallistuneiden henkilöiden haastattelusta saatuja tietoja toisiinsa ja aiemmista tutkimuksista saataviin tietoihin. Lisäksi tulkintojen, vertailujen ja todentamisten pätevyyttä pyrittiin kontrolloimaan rakentamisalan asiantuntijoiden ja aiemmin haastateltujen henkilöiden lisäkyseilyillä. Tulkinnat yhdistettiin innovaatioita, yritysten liiketoimintaa ja verkottumista kuvaavien käsitteiden avulla analyysiksi.

Käsitteillä “uusi osaaminen” ja “innovaatiot” tulkittiin Metla-talon rakentamisessa tarkoitettavan täysin uutta tai aikaisemmin tehdyn soveltamista uudella tavalla. Uusi tuote, jota ei ole aiemmin tehty ja se tuotetaan markkinoille uuteen tarpeeseen, on innovaatio. Myös aiemmin olemassa olevan tuotteen uudella tavalla tekeminen on innovaatio, varsinkin jos uusi tapa leviää muiden käyttöön.¹⁶ Menestyneeksi innovaatioksi on tapana nimittää tuoteuutuutta, joka on onnistuneesti lanseerattu markkinoille. Tuote on myös innovaatio, jos se on uusi ja sillä on potentiaalia kehittyä markkinoilla menestyväksi tuotteeksi (Ikävalko 2004). Uuden tuotteen innovatiivisuutta peilataan sen diffuusion avulla. Tuote tai asia on innovatiivinen erityisesti silloin, kun se on saavuttanut yleisen tietoisuuden ja saanut vakiintuneen aseman markkinoilla.

Metla-talon hanke- ja rakennesuunnittelussa haettiin tietoisesti uusia tuotteita ja aikaisemmin käyttämättömiä rakennusratkaisuja, vaikka rakennuttaja määritteli lähtökohdaksi rakentajille tutun pilareihin ja palkkeihin perustuvan runko-

¹⁶ Rogers (1995,11-12) määrittelee innovaatioksi asian tai esineen, joka on käyttäjälleen uusi ja hyödyllinen. Innovaation diffuusiosta on Rogersin (Emts. 5-7) mukaan kyse silloin, kun tarkastellaan miten uusi tuote tai idea leviää eri kanavia pitkin yhteiskunnan jäsenten eli yleiseen käyttöön tai tietoisuuteen.

ratkaisun ja helpon muunneltavuuden. Tällä haluttiin myös taata kustannustehokkuuden pysyvän lähes samoissa lukemissa kuin muussakin rakentamisessa. Rakennuksen pilottillisä määriteltiin ennalta ja rakentamisen aikataulu pidettiin normaalina. (Riikonen 2004). Lähtökohdat uusien ja innovatiivisten puunkäyttö-ratkaisujen kehittämiseksi olivat lähes samanlaiset kuin normaalissa rakentamisessa.

Metla-talo on uusi ja ennen tekemätön kuten kaikki uudet rakennukset ovat. Kaikessa rakentamisessa sovelletaan entistä osaamista uudella tavalla; kahta täsmälleen samanlaista rakennusta ei yleensä rakenneta (Laamanen 2004b). Metla-talo on Suomen ensimmäinen kolmikerroksinen puinen toimistorakennus, jonka rakentamisessa sovellettiin muussa rakentamisessa käytettyjä menetelmiä monikerroksisen puisen toimistotalon rakentamiseen. Talo on myös ulkoasultaan ja rungoltaan aidosti puinen, jonka rakentamiseen kaikki osapuolet olivat aidosti sitoutuneet (Riikonen 2004, Taskinen 2004b, Parviainen 2004)¹⁷.

Metla-talon suunnittelu ja rakentaminen olivat kokonaisuutena prosessi, jossa etsittiin innovatiivisia ratkaisuja. Lopputulos on suomalaisen puurakentamisen osaamista lisännyt näyttävä referenssikohde. Talon suunnittelijat, rakentajat ja tuoteosien valmistajat joutuivat soveltamaan aikaisempaan tietoaan ja muiden asiantuntijoiden tietoa Metla-talon tekemisessä, vaikka aikaa ja rahaa ei ollut juuri enemmän kuin tavallisessa rakentamisessa.

4.2 Pilari-palkki-kotelolaatta -rakenneratkaisu

Usean suunnittelijan ja toteuttajan yhteistyö liimapuinen pilari-palkki -runгон, välipohjan massiivipuisen kotelolaatan ja teräsbetonin liittorakenteen suunnittelussa ja toteutuksessa muodostaa Metla-talon keskeisimmän innovaatioprosessin. Arkkitehtuurikilpailun voittaneessa ehdotuksessa runkoratkaisu perustui liima- tai kertopuisiin pilareihin ja palkkeihin sekä massiivipuiseen kotelolaattaan välipohjassa. Välipohjaratkaisuksi ehdotettiin ensimmäistä kertaa Suomessa puisten kotelolaattojen ja niiden päälle valettavan betonin liittorakennetta. Kotelolaattojen mainittiin olevan yleisesti käytössä Keski-Euroopassa (Metlan... 2002).

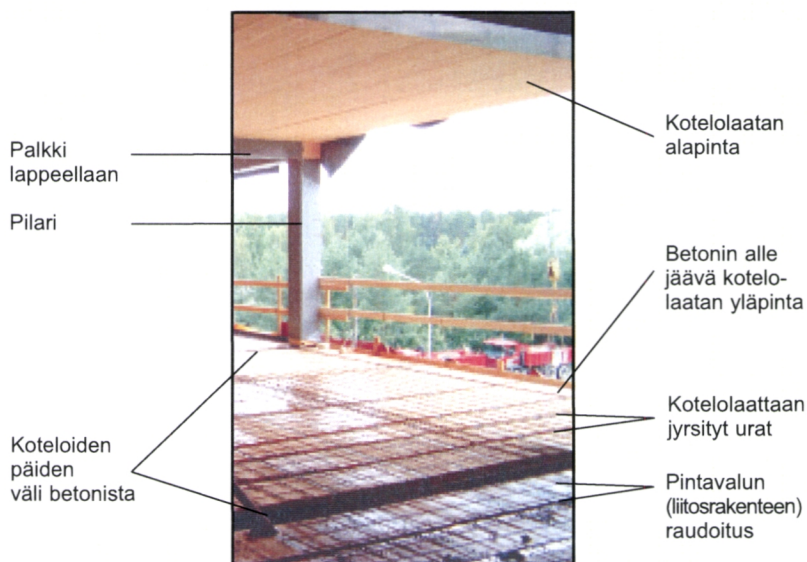
Urakkakilpailun voittaneessa rakennusliikkeen tarjouksessa rungon tuotekonsepti oli ratkaistu liimapuurakenteena. Runгон rakentamissuunnitelma perustui kerroksittain etenevään rakenteeseen, jossa palkki käännettiin perinteistä poiketen lappeelleen. Samalla saatiin pilarien ja palkkien liitokset yksinkertaistettua.

¹⁷ Metla-talon rakennusurakat olivat erityisesti Rakennusliike A.Taskinen Oy:lle haastavia, normaalista rakentamisesta poikkeavia hankkeita.

Lohkoittain ja kerroksittain etenevä rakentaminen edesauttoi eri työvaiheiden sujuvuutta ja vähensi puurakenteiden yhtäaikaisen suojaamisen tarvetta. Liittorakenteessa palkkien päällä olevin kotelolaattojen päälle ja päiden väliin valettiin betoni, joka liitettiin teräksisillä tartunnoilla runkorakenteeseen ja betonin tarttumista kotelolaattoihin varmistettiin vielä niihin jyrskyjen urien avulla. Liittorakenteen toteutus esitetään kuvassa 5. Kotelolaatan puuosien lujuuslaskelmat ja palonkestot suunniteltiin tässä vaiheessa rakentajan ja liimapuun valmistajan käyttämän suunnittelijan toimesta ja yhteistyössä pääsuunnittelijoiden kanssa. (Ks. esim. Puu 1/2005).

Kokonaisuudessaan runkorakennusratkaisu oli Suomessa ennen tekemätön, useasta muualla sovelletusta rakenteesta yhteen sovitettu ratkaisu, jonka toteuttaminen lisäsi puurakentamisen osaamispääomaa muissa kohteissa edelleen käytettäväksi ja kartutettavaksi. Toteutusta varten hankittiin tietoa monista lähteistä. Yksiselitteisen tiedon puuttuminen edellytti rakentamisaikaista soveltamista ja sitoutunutta yhteistyötä eri osapuolten kesken enemmän kuin normaalikohteissa. (Aho 2004, Hyytiä 2004, Laamanen 2004b, Riikonen 2004, Keronen 2005).

Aikaisemman tiedon ja rakennustapojen yhdistäminen uudeksi ratkaisuksi täyttää tässä hankkeessa innovatiivisuuden¹⁸ tunnusmerkit. Rakentamisprosessissa ei syntynyt uusia, ennen käyttämättömiä tuotteita, vaikka massiivipuuselle



Kuva 5. Esimerkkikuva (Okke Kiviluoto) välipohjan puun ja betonin liittorakenteesta.

¹⁸Käsitteen loi itävaltalainen (myöh. amerikkalainen) Joseph Schumpeter jo viime vuosisadan alkupuoliskolla. Google löytää hakusanalla "innovation" satoja miljoonia osumia. Tässä tutkimuksessa innovaatiokirjallisuutena on käytetty mm. Rogers, E.M 1995, Moore, G.A. 2002, Dodgson, M and Rothwell, R. 1994.

kotelolaatalle on uuden tuotteen tunnusmerkit julkisuudessa moneen kertaan leimattu. Puiset kotelolaatat eivät olleet maailman luokan uutuus, vaan niiden esikuvana käytettiin sveitsiläisen Lignatur AG:n kehittämiä, teollisessa tuotannossa jo usean vuosikymmenen olleita kotelolaattoja (Turkki 2005). Kotelolaattojen valmistukselle ja käytölle ostettiin myös käyttöoikeus tältä yritykseltä. Suomessa puurakentamisessa ne olivat kuitenkin uutta. Sen vuoksi on mielenkiintoista esittää, kuinka tuote kehkeytyi käyttövalmiiksi tuotteeksi.

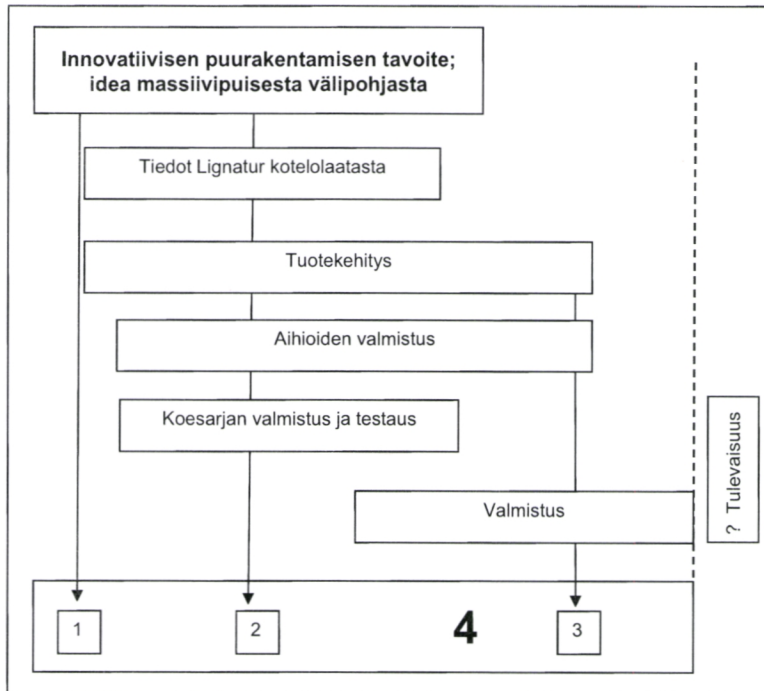
4.3 Massiivipuinen kotelolaatta - uusi tuote Suomessa

Urakkatarjoukseen sisältyneessä rakennesuunnittelussa kartoitettiin puisia välipohjavaihtoehtoja arkkitehtikilpailun ehtojen täyttämiseksi. Kertopuisen kotelolaattavaihtoehdon, joka on kertopuisen ripalaatan kaksitasoversio (RT G2-36166, RT 345.22-36166), rinnalle löydettiin Sveitsistä massiivipuinen kotelolaatan esikuva, josta kehitettiin suomalainen versio monen osallistujan yhteistyön tuloksena. Kehitystyön eri vaiheisiin osallistuneiden toimijoiden verkosto, työnjako ja osuudet kuvataan yksityiskohtaisesti liitteen 4 kaaviossa. Kotelolaatan tuotekehityksen ja valmistuksen etenemistä hahmotetaan alun perin Rothwellin (1994) tuotteen tai innovaation kehittämisprosessia kuvaavan integroidun matriisimallin sovelluksen avulla (kuva 6)¹⁹.

Massiivipuinen kotelolaatan suunnittelyyhteistyö tapahtui puurakentamisen ja puutuotteiden uusia mahdollisuuksia tutkivien ja kehittävien organisaatioiden Puugia Oy:n ja Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulun (PAMK) puualan osaston ja urakkatarjousta valmistevine rakennesuunnittelijoiden yhteistyönä. Tieto Lignaturin kotelolaatasta ja tuotannosta välitti PAMK:n yliopettaja Puranen, jonka kontaktien avulla selvitettiin laatan käyttökelpoisuutta Metla-talon välipohjan rakenteen osaksi. Puranen suunnitteli Suomessa valmistettavaksi aiotun kotelolaatan ensimmäisen version, jonka kehitysvaiheet hän on esittänyt kuvassa 7.²⁰

¹⁹Uuden tuotteen tai innovaation kehittäminen edellyttää useimmiten monen tekijän ja organisaation tietojen ja taitojen yhdistämistä niin, että dynaamisen prosessin osat loksahtavat onnistuneesti paikalleen. Innovaatioiden syntyprosessia jäljittävissä tutkimuksissa korostetaan, että tuotteiden kehitysprosessissa onnistutaan huomattavasti harvemmin kuin epäonnistutaan (Ikävalko 2004).

²⁰Piirroksensa kuvatekstissä Puranen viittaa suunnitelmassa olleen betoniilaatan korvaaminen ekologisemmalla materiaalilla. Tällä hän tarkoitti kipsivalua, jollaista on käytetty aiemmin mm. Pohjois-Amerikassa puukerrostalojen välipohjissa värähtelyä ja äänenkulkua vaimentavana rakenteena Kipsivalu ei ollut mahdollinen liitorakenteessa kipsin huonon vetolujuuden vuoksi. (Puranen 2004, Karjalainen 2002 ja 2005a, Turkki 2005). Rungon tuotekonseptikilpailun aikana kotelolaatan dimensiot suunniteltiin uudelleen vastaamaan palo- ja kantavuusvaatimuksia. Kotelolaatan alapinta on paloturvallisuussyistä paksumpi kuin yläpinta. Riittävä kantavuus saatiin kotelon korkuisilla pystyrivoilla. Tämän suunnitteluvaiheen teki rakentajan ja liimapuun valmistajan rekrytoima suunnittelija. (Keronen 2005).

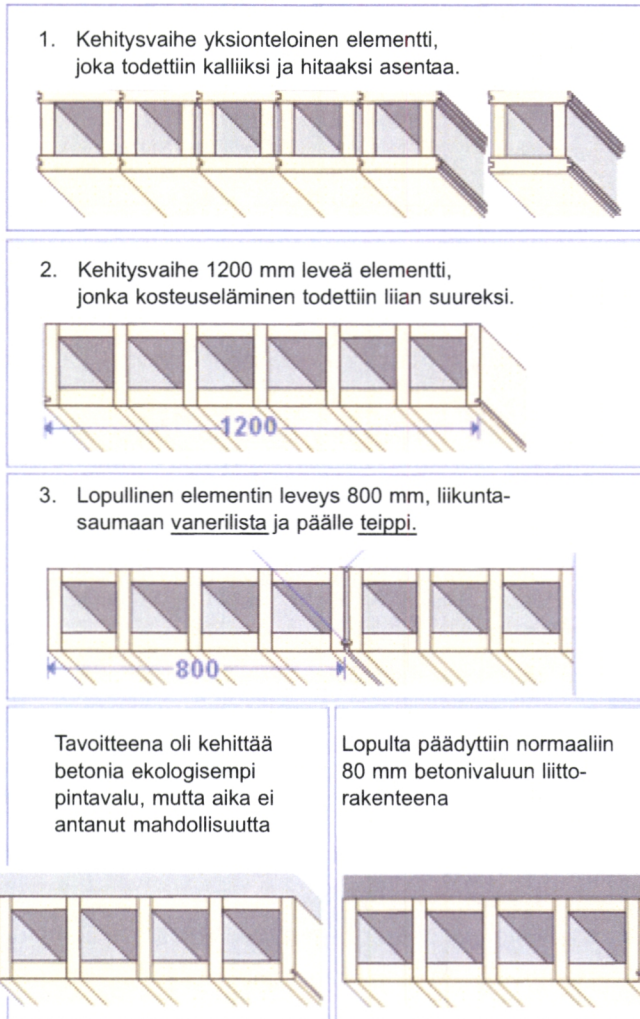


Kuva 6. Kotelolaatan toteutus Rothwellin (1994) integroidun matriisimallin formaattiin sovitettuna

Kotelolaatan toteutusprosessi kuvataan eri vaiheiden (kirjoitetut laatikot) ajallisena sijoittumisena horisontaalisesti. Vertikaaliset nuolet osoittavat eri toimijoiden (numeroidut laatikot) osallistumista vaiheisiin 1= Arkkitehtitoimisto Sarc Oy, Insinööritoimisto Magnus Malmberg Oy, Puugia Oy, Pohjois-Karjalan AMK, Sil-Kas Oy, Lignatur AG 2= Puu-gia Oy, Pohjois-Karjalan AMK, Sil-Kas Oy, Rakennusliike A. Taskinen Oy, Insinööritoimisto Asko Keronen, Valtion tekninen tutkimuskeskus (VTT), Balkenholz Oy, 3= Sil-Kas Oy, Op Finncomponents Oy, Balkenholz Oy, Rakennus-liike A. Taskinen Oy, Pohjois-Karjalan AMK, Valtion tekninen tutkimuskeskus (VTT), 4=Senaatti-kiinteistöt ja edellä mainitut muodostivat verkoston, jossa arkkitehtuurista ja rakenneteknisistä asioista päävastuu oli Metla-talon pääsuunnittelijoilla. Rakentamisen ja samalla kotelolaattojen valmistuksen taloudellinen päävastuu oli pääurakoitsijalla, mutta luonnollisesti kotelolaattojen valmistuksesta oli rakentajan ja Sil-Kas Oy:n kesken sopimus, jonka mukaan taloudellinen vastuu oli myös Sil-Kas Oy:llä. Katkoviiva kuvan oikeassa reunassa osoittaa projektin päättyneen. Kysymysmerkkilaatikko sen oikealla puolen symbolisoi massiivipuisen kotelolaatan tulevaisuutta.

Toteutusvaiheeseen kypsyneen kotelolaatan valmistuksen vastuuyritys oli paikallinen Sil-Kas Oy, jolla oli kokemusta joustavasta tilaajälähtöisestä aihiovalmistuksesta Rantasalmen tuotantoyksikössä. Yritys oli jo mukana kotelolaatan mahdollisuuksien selvitysvaiheessa suunnittelemassa valmistuksen organisoimisesta. Yrityksen tehtävä oli vastata puutavara-aihioiden hankinnasta ja koteloiden valmistuksesta. Ennen päätöstä koteloiden lopullisesta käytöstä valmistettiin koe-erä kestävyuden testausta varten Puugia Oy:n tiloissa Joensuussa. Tässä vaiheessa edel-

listen lisäksi valmistuksessa mukana olivat PAMK ja VTT sekä valmistukseen hankitun puristimen väliaikaisena rahoittajana toimi rakennusliike A. Taskinen Oy. Testauksen jälkeen koteloiden kokoonpano siirrettiin OP Finncomponents Oy:lle valmistusurakaksi 30 km päähän Joensuusta Pyhäselkään. Koska tuote poikkesi yrityksen aiemmista tuotteista, oli yrityksen valmistuksen aikana kehitettävä puristin- ja liimaustekniikkaa. Liimauksen ja pintakäsittelyn osalta tehtiin Pohjois-Karjalan koulutuskuntayhtymän kehittämisprojekti Pupillin kanssa yhteistyötä. (Tolonen 2004, Ontelolaatan ... 2003).



Kuva 7. Kotelolaatan ensimmäisen vaiheen suunnittelu (Puranen 2004).

4.4 Kotelolaattainnovaation tekninen ja taloudellinen onnistuminen

Tuoteuutuuden käyttö ja valmistus talonrakentamisessa oli mahdollista pilotti-hankkeessa, johon olivat sitoutuneet puurakentamisen edistämisen nimissä sekä rakennuttaja, rakentaja ja talon käyttäjä. Rakentamisen aikana uuden tuotteen kehittämisen onnistumisen tai epäonnistumisen riskin kantoi viime kädessä rakentaja, vaikka rakennuttaja oli moraalisenä ja koko rakentamisen 10 % kustannuslisän verran taloudellisenä takuumiehenä mukana. Myös laattojen valmistuksesta vastuussa oleva yhtiön edustaja totesi olleensa viime kädessä vastuussa laattojen tekemisen onnistumisesta²¹. (Laamanen 2004b, Puranen 2004, Riikonen 2004, Silvennoinen 2004). Tuotekehitystyö ja laattojen valmistusprosessin kriittiset vaiheet kyettiin ylittämään urakka-aikataulun rajoissa. Prosessi oli taloudellisesti siihen osallistuneille vähintään kustannuksensa kattanut (Silvennoinen 2004 ja 2005, Peltola 2004, Tolonen 2004).

Metla-talon kotelolaattojen valmistuksessa Sil-Kas Oy toimi tuottajan ja kehittäjän roolissa. Yrityksen tavoitteena oli kehittää uusi tuote, jolla olisi kannattavan liiketoiminnan edellytykset tulevaisuudessa. Tuotteen valmistukseen osallistuneiden yritysten arviot tuotteen tulevasta markkinoista eivät toistaiseksi ole toteutuneet. (Silvennoinen 2004, Laamanen 2004b). Sen sijaan valmistustekniikalle on ollut jatkokysyntää. Sil-kas Oy valmisti Rantasalmen yksikössään Finnforest Oy:n mallipiirustusten mukaan osan Finnforest Oy:n Espoon vuoden 2005 aikana valmistuneen toimitalon kertopuisista kotelolaatoista (Silvennoinen 2005).

Puutavara-aihioiden valmistuksesta ja kotelolaattojen kokoonpanosta vastanneilla yrityksillä oli verkostoon liittymisen keskeinen kriteeri tulevaisuuden suotuisat liiketoimintaodotukset. Yhtälailla näiden yritysten mukaan lähtöä edesauttoi niiden tavallisesti valmistamien tuotteiden heikko markkinatilanne, jonka vuoksi ne pystyivät ottamaan suhteellisen riskittömän valmistusurakan ilman, että se häiritsi normaalia tuotantoa.

Massiivipuusta valmistettujen kotelolaattojen tunnetuksi tekeminen ja hyväksyminen vie konservatiivisella rakentamisen alalla aikaa useita vuosia. Pienten yritysten on vaikea onnistua rakentamisen innovaatioprosesseissa ilman, että kumppanina on yritys, jolla on resursseja kehittää, kokeilla ja markkinoida tuote tunnetuksi rakennusalan eri toimijoille (Silvennoinen 2004). Tuotteen on saavutettava rakennuksien suunnittelijoiden hyväksyntä, jolloin avainasemassa ovat arkkitehdit

²¹ Tuotekehitysprosessin epäonnistuminen olisi johtanut laattojen teettämiseen Sveitsissä Lignatur AG:llä. Hankkeessa solmittiin lisenssisopimus tämän vaihtoehdon varalle. Valmistamista varten ei välttämättä olisi lisenssisopimusta tarvinnut tehdä, koska Lignatur AG:llä ei ole tuotteelle patenttisuoja.

ja rakennesuunnittelijat, jotka valitsevat tuotteet suunnittelussa. (Aho 2004, Keronen 2005). Tuotteen on oltava hinnaltaan kilpailukykyinen niin, että käyttäjä voi kokea saavansa siitä lisähyötyä muihin kilpaileviin ratkaisuihin verrattuna. Kaikkien näiden tekijöiden yhdistäminen edellyttää kotelolaatan tuotekehityksen, valmistusmahdollisuuksien ja markkinoinnin kehittämistä edelleen, jottei massiivipuinen kotelolaatta jää kertakäyttöiseksi ilman todellista markkinaehtoista käyttöä. RT kortti tuotteen teknisistä ominaisuuksista, käyttömahdollisuuksista ja saatavuudesta lisäisi pragmaattisten käyttäjien tietoisuutta tuotteesta.²² Tämän tavoitteen saavuttamiseksi kotelolaatan käyttäminen välipohjan rakenteessa edellyttää jatkokehittämistä niin, että eri materiaalien yhdistämisen vaihtoehtojen tekniset ja muut edut sekä varjopuolet ovat selkeästi eritelty. Tällöin käyttäjien olisi paremmat mahdollisuudet tehdä päätöksensä eri materiaalien käytöstä omien mieltymystensä mukaisesti.

4.5 Osaamisen lisäys Metla-talon rakentamisessa

Liimapuurunkoinen, puuverhoiltu, monikerroksinen Metla-talo on suomalaisen puurakentamisen referenssikohde. Liimapuupilarit, -palkit, massiiviliimapuinen kotelolaatta liittorakenteineen, ulkoseinien puiset nauhaelementit ja pystyriivat muodostavat uudenlaisen puunrakentamisen tuotteen. Puiset nauhaelementit yhdistävät Metla-talon yliopiston kampuksen visuaaliseen kokonaisuuteen uudella materiaalilla.

Rakennuksen pääurakoitsijalle puisen monikerroksisen talon rakentaminen oli mielekäs, rutiineita rikkova kohde, jonka kokemusta voidaan käyttää myöhemmin hyväksi myös oman tuotannon suunnittelussa – jos monikerroksisten puurakennusten kysyntä lisääntyy (Laamanen 2004b).

Liimapuurakenteet olivat valmistajalle, Versowood Oy:lle, alle kaksi prosenttia vuotuisesta tuotannosta. Valmistamisen tuoma lisäarvo saatiin pääosin osaamisen kasvusta pilarien, palkkien ja kotelolaattojen liittotekniikan suunnittelussa sekä kosteudenhallinnan ohjeistamisessa. Kimppupilareiden valmistus oli työtekijöille normaalia rutiinivaihtelua haasteellisempi ja mieluisampi tehtävä (Hyytiä 2004).

Kotelolaattojen ja betonilaatan liittorakenne toteutettiin aiemmasta poikkeavalla tavalla. Koteloiden väliin alun perin suunnitellun puupalkin korvaaminen betonilla oli uusi toteutustapa, jolla voitiin helpottaa liittotekniikkaa ja jäykistää

²² Tässä sovelletaan Mooren (2002) ajatuksia siitä, kuinka potentiaalisen innovaation (menestystuotteen) diffuusiuran ensimmäisen ja toisen vaiheen välillä on unohduksen rotko tai kuolemanlaakso ellei tuotteen valmistajilla ja myyjillä ole selkeää liiketoimintastrategiaa, jossa määritellään tuotteen markkinointikohde, tuotekokonaisuus, tuotteen asema.

liittorakennetta (Aho 2004). Ikkunoiden valmistaja sai vahvistusta siihen, että erillisprojekteja voi ottaa jatkossakin normaalin ikkunatuotannon rinnalle (Ahtonen 2004). Julkisivulautojen ruuvinreikien poraamiseen kehitettiin pylväsporakoneeseen monireikäporaustekniikka (Pulkkinen 2004). Koteloiden valmistuksessa kehitettiin puristin- ja liimaustekniikkaa ja saatiin kokemusta, jota voidaan käyttää hyväksi myöhemmin koteloiden ja muiden vastaavaan liimaustekniikkaan perustuvien tuotteiden valmistuksessa. Myös muuta materiaalia kuin massiivipuuta voidaan käyttää. Ongelma on, että valmiita markkinoita ei ole – tunnettuus puuttuu. (Tolonen 2004, Silvennoinen 2004).

Rakennuttaja päätyi kokeilemaan heille uutta puurunkoista ja julkisivuista kerrostaloa, kun rakennuksen tilaajalla, Metsäntutkimuslaitoksella, oli määrätietoinen ja omakohtainen tarve tehdä tunnetuksi puuta ja sen uusia mahdollisuuksia rakentamisessa (Riikonen 2004, Parviainen 2004). Rakennuttaja sai ja tulee saamaan arvokasta kokemusta monikerroksisen puurakenteisen talon rakentamisesta ja käyttökustannuksista materiaalille myönteisen tilaajan avustuksella. Metla-talon rakentamisen kustannukset olivat keskitasoiset huolimatta pilottikohteen 10 % lisästä. Kun puurakentaminen yleistyy, sen suhteellisen kilpailukyvyn voi ennakoita paranevan osaamisen lisääntymisen ja skaalautujen ansiosta. Tulevaisuuden monikerroksisten puutalojen keskineliöhinnat ovat Metla-talon hintoja edullisemmat. Rakennuttajalla, Senaatti-kiinteistöillä on mahdollisuus tarjota puurakenteista kiinteistöä kilpailukykyiseen hintaan, jos tilaajat ovat sellaisesta kiinnostuneet (Karjalainen 2005b). Ylipäänsä puurakenteiden soveltuvuus monikerrokseen rakennukseen sai vahvistusta. Tämä loi uskoa siihen, että jatkossakin voidaan rakentaa puusta enemmän kerrostaloja toimisto- ja muuhun käyttöön.

muiden tuotteiden joukossa (erityispiirteet, "brandi"), markkinointikanavat ja hinnoittelu. Katso myös (Internet 3, internet 4).

5 Johtopäätökset

Tutkimuksen tavoitteena oli arvioida Metla-talon ja sen vaihtoehdoisen betonisen talon rakentamisen vaikutukset aluetalouteen, ympäristöön ja rakentamisen osaa-miseen. Tutkimuksessa arvioitiin Metla-talon alueelliset tulo- ja työllisyys-vaikutukset panos-tuotosmenetelmän sovelluksen avulla, selvitettiin rakennushankkeen ympäristövaikutuksia elinkaarimenetelmällä sekä tutkittiin innovatiivista puun käyttöä ja osaamisen kehittymistä puurakentamisessa.

Metla-talon rakentamisen aiheuttamaa resurssien käyttöä ja ympäristökuormitusta vertailtiin tavanomaisen betonirakennuksen rakentamisen aiheuttamaan resurssien käyttöön ja ympäristökuormitukseen. Laskelmiin sisältyivät materiaalien käyttö rakennuksen rungon ja vaipan tekemisessä sekä tuotteiden kuljetukset työmaalle. Vertailussa ei otettu huomioon rakennuksen käyttöiän aikaisia tuotteiden uusimisia ja kunnossapitoja eikä rakennusten käyttöä.

Metla-talon rungon ja vaipan rakentamisen aiheuttama resurssien kulutukset ja ympäristökuormitukset olivat merkittävästi pienemmät kuin vertailun kohteena olevan betonirakennuksen rungon ja vaipan vastaavat vaikutukset. Metla-talon rungon ja vaipan materiaalien tuotannon ja kuljetuksien uusiutumattoman energian arvioitu kokonaiskulutus oli 3 500 GJ ja vertailurakennuksen 7 400 GJ. Myös päästöt ovat puurakennuksessa vähäisemmät kuin betonirakennuksessa. Hiilidioksidin kokonaispäästöt olivat Metla-talossa vain 40 % ja metaanin päästöt 50 % vertailutalon päästöistä.

Sen sijaan alueellisten vaikutusten kohdentumiseen puisella tai betonisella rakennusmateriaalilla ei ollut suurta merkitystä, koska sekä puu- että betonirakenteisen talon kerrannaisvaikutuksista kohdistui suurin osa muualle kuin Pohjois-Karjalaan, Metla-talon kotimaakuntaan. Puurakenteisen talon vaikutuksista kohdistui suhteellisesti hieman enemmän muualle kuin betonista rakennetusta talosta. Rakentamisen toimialalla alueelliset kerrannaisvaikutukset ovat vähäiset, koska rakennusmateriaalien ja -tarvikkeiden tuotanto ja välitys ovat keskittyneet rakentamisen markkinoiden painopistealueille Etelä-Suomeen. Lisäksi keskeinen syy puurakentamisen betonia vähäisemmille paikallisille kerrannaisvaikutuksille on liimapuun valmistuksen puuttuminen Pohjois-Karjalasta. Myös rakentamisen kohteiden monivaiheisella kilpailutuksella on vaikutuksia rakentamisen bulkkitarvan, saha- ja höylätuotteiden sekä niihin liittyvien palveluiden ristikkäisvirtoihin eri alueiden kesken.

Betoniverrokin paikalliset kerrannaisvaikutukset olivat suhteellisesti hieman suuremmat kuin Metla-talon, koska valmisbetonia ei ole järkevää teknisesti eikä taloudellisesti kuljettaa pitkiä matkoja. Betonin raaka-aineista sementti ja lisäaineet

tuodaan alueen ulkopuolelta ja teräsbetonissa myös teräs, mutta sora, sepele, ja osa energiasta ovat paikallisia betonin valmistuksen välituotteita.

Metla-talossa puumateriaalin kustannusosuus rakentamisen tuotantohinnasta oli noin 12 %. Vastaava keskimääräinen osuus erilaisten puuasuntotalotyyppeiden tuotantohinnasta on noin 14 % (Salovaara 2005, Koskenvesa 2004). Valmiiden puutuoteosien vähäinen tarjonta (Hirvensalo 2002 ym.) on osasyynä siihen, ettei rakentamisessa ei ole mahdollista käyttää niitä välituotteina juurikaan nykyistä enempiä ja toisaalta se vaikuttaa myös siihen, että puunmateriaalien osuus on rakennuksen kokonaisarvosta suhteellisen pieni. Metla-talossa myös erikoistilojen vaatimukset nostivat kokonaishintaa ja samalla laskivat puun suhteellista osuutta.

Puurunkoisessa Metla-talossa valmiita puutuoteosia olivat pilarit ja palkit, jotka ovat vakiotuotantoa. Myös huoneiden ovet ovat puutuoteollisuuden vakioosia, jotka tuotiin maakunnan ulkopuolelta (Sivonen 2004). Ikkunat ovat yleensä tilaajan mittojen mukaan tehtäviä standardituotteita. Paikallinen pk-yritys menestyi urakkakilpailussa siitä huolimatta, että ikkunat olivat sen normaalituotannosta poikkeavat ja että suuren valmistuserän sekä tiiviin aikataulun vuoksi niitä ei voitu valmistaa tavanomaisen tuotannon ohessa päätoimipaikassa. Yritys pystyi laajentamaan kokoamiskapasiteettiaan vuokratiloihin. Näin yrityksen normaali tuotanto päätoimipaikassa sujui myös häiriöttömästi. (Ahtonen 2004)

Aulan kimppupilarit ja välipohjien kotelolaatat, puiset kiinteät kalusteet valmistettiin erityistyönä Metla-talon tarpeisiin. Kimppupilarit tuotiin maakunnan ulkopuolella. Kotelolaattojen suunnittelu, tuotekehitys, testaus ja kokoonpano olivat pääasiassa paikallista toimintaa. Koteloiden raaka-aineen vaatimukset toteuttavia ja tuoteaihioiden valmistukseen kykeneviä tai prosessin kannalta järkevästi toimivia yrityksiä ei löytynyt Pohjois-Karjalasta (Ahonen ja Peltola 2004, Silvennoinen 2005). Kotelolaatat olivat määrällisesti suurin puuhun perustuva tuoteosa Metla-talossa. Massiivipuisia kotelolaattoja käytettiin Metla-talossa ensimmäistä kertaa Suomessa välipohjarakenteessa. Puun käytön innovatiivisuuden haasteet stimuloivat ja Metla-talon puurakentamisen pilottihanke mahdollisti massiivipuuisen kotelolaatan suomalaisen toteutuksen. Kotelolaatan ideoinnissa, suunnittelussa, tuotekehityksessä ja valmistuksessa oli innovatiivisen verkosto-osaamisen ominaisuuksia. Prosessi tuotti myös käyttökelpoisen ja uudenlaisen tuotteen, jonka käyttö on toistaiseksi yhtä uniikki kuin Metla-talo.

Massiivipuuisen kotelolaatan markkinakelpoisuus edellyttää tuotteen hyväksynnän ja esittelyn RT-kortissa niin, että sitä voidaan tarjota vaihtoehdoksi välipohjarakenteisiin erilaisissa puutalokohteissa. Näin luotaisiin tuotteelle kysyntäpotentiaalia, jotta sen valmistaminen voisi olla markkinaehtoista. Jos tuote saa rakentamisen suunnittelijoiden ja käyttäjien hyväksynnän, on todennäköistä, että jo-

kin markkinoilla olevista liimapuun valmistajista ottaa kotelon tuotevalikoimaansa. Näillä yrityksillä on valmiina liimapuun valmistuksen tekniikka ja raaka-aineen hankintaorganisaatiot sekä joustopuskuria tuotteen lopulliseen lanseeraukseen. Tuotantoteknisesti ja puutavaran hankinnan näkökulmasta kotelolaatat olisi helpompi valmistaa kertopuusta. Massiivipuisten kotelolaattojen puupinta on joidenkin mielestä kauniimpi kuin kertopuun. Kotelolaatan kantavan pystyriivan tekeminen lamellina voisi olla myös ratkaisu järeän kuusen saatavuusongelmaan.

Metla-talo on kiinnostava puisen toimistorakennuksen referenssi kohde. Pilottikohteena sen merkitys puurakentamisen osaamiseen ja lisäämiseen on ensisijaisesti neuvoa-antava ja uskoa luova siihen, että monikerroksinen korkealaatuinen toimistorakennus on mahdollista rakentaa ulkoasultaan ja rungottaan puisena. Tähän mennessä kertyneiden rakentaja- ja käyttäjäkokemusten perusteella rakennus on onnistunut. Käyttökokemuksista ja –kustannuksista saadaan kuitenkin tietoa vasta tulevien vuosien aikana ja silloin voidaan arvioida kuinka hankkeen tavoitteena olleet kestävät ja huoltoystävälliset ratkaisut toimivat käytännössä.

Metla-talon rakentamisen aluetaloudellisten vaikutusten tutkimus osoitti, että yksittäisen kohteen rakentaminen normaalissa aikataulussa pilottihankkeesta huolimatta mukautuu rakentamisen rakenteisiin, toimitustapoihin ja markkinoiden ehtoihin. Puuosien paikallisen tuotannon puuttuminen ei anna perusteita niiden tuotannon käynnistämiseen yksittäisprojektina ellei tekemiseen liity muita intressejä kuten massiivipuisten kotelolaattojen tapauksessa. Alueellisista yrityksistä vain osa voi reagoida tarjouspyyntöihin. Kannattavan liiketoiminnan ehto on, ettei tuotantokapasiteettia ole liikaa vapaana. Hetkeen voivat tarttua ne yritykset, joilla on mahdollisuus joustavasti lisätä kapasiteettia joko omassa yrityksessä tai verkostoyhteistyönä.

Paikallinen yritys organisoii kotelolaattojen valmistuksen ja toteutti sen valmistusurakkakonseptin avulla. Yrityksen tavoitteena lienee ollut myös pysyvien verkostokumppaneiden etsintä. Valmistajayritykset tarttuivat hetkeensä, koska niillä oli vaikeuksia päätuotteidensa markkinoilla. Tosiasiallista verkostoyhteistyötä valmistuksen organisoineen ja valmistuksesta vastanneiden yritysten kesken ei kuitenkaan syntynyt muun muassa siksi, etteivät odotukset kotelolaatan tulevaisuuden markkinoista toteutuneet.

Puutuotteiden paikallinen valmistus edellyttää joko aikaisemmin saavutettujen paikallisten toimintaedellytysten jatkuvuutta tai sitten sitä, että paikallista kysyntää lisäämällä luodaan mahdollisuudet aloittaa paikallisen yritysten tuotanto, joka on lähtökohta tulevaisuuden kilpailussa menestymiselle. Puutuotteiden paikallista kysyntää voi lisätä esimerkiksi asettamalla kaavaehdot niin, että asuin-kerrostalojen rakentaminen puusta olisi yhtä tavallista kuin betonista.

Lähteet

Kirjallisuus

- Andreosso-O'Callaghan, B.- Yue, G. 2004. "Intersectoral Linkages and Key Sectors in China, 1987-1997". *Asian Economic Journal*, June 2004, Vol. 18 (2), 165-184.
- Cella, G. 1984. "The input-output measurement of interindustry linkages". *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 48, 379-384.
- Dodgson, M. and Rothwell, R (eds) 1994. *The handbook of industrial innovations*. Aldershot. Edward Elgar.
- Forsell, O. 1985. *Panos-tuotsmallit*. ETLA Elinkeinoelämän tutkimuslaitos. B 46, Helsinki.
- Gustavsson, L., Pingoud, K., Sathre, R.: 2005. Carbon dioxide balance of wood substitution: comparing concrete- and wood-frame buildings. Ladattavissa pdf-muodossa osoitteesta: [http:// www.joanneum.at/iea-bioenergy-task38/projects/task38casestudies/finswe_fullreport.pdf](http://www.joanneum.at/iea-bioenergy-task38/projects/task38casestudies/finswe_fullreport.pdf)
- Hirvensalo R., Leivo, M. Saarenmaa, L. Sihvonen, M. 2002. Puulla parempiin päiviin. Puutuotealan osaamiskeskuksen itsearviointiraportti. Puutuotealan osaamiskeskus/Wood Focus Oy
- Häkkinen, T., Tattari, K., Vares, S., Laitinen, A. ja Hyvärinen, J. 2004. Menetelmä rakennustuotteiden ympäristöselosteiden laadintaan ja rakennusten ympäristövaikutusten arviointiin. EKA-hankkeen loppuraportti. Helsinki . Julkaisija Rakennusteollisuus RT ry.
- Häkkinen, T. 2005 Rakennus- ja kiinteistöalan ekotehokkuus ja elinkaarimittarit. REM-hankkeen loppuraportti. Helsinki. Julkaisija Rakennusteollisuus RT ry.
- Häkkinen, T., Wirtanen, L. 2005. METLA:n Joensuun tutkimuskeskuksen ympäristö- ja elinkaarinäkökohtien arviointi. VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka. VTT TIEDOTTEITA – RESEARCH NOTES. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/>
- Ikävalko, J. 2004. Innovaatiot tuotekehitysprosessissa. Case: Zernike-menetelmän arviointi. Teknillinen korkeakoulu. Lahden keskus. Julkaisusarja www.aluonet.com. Lahti.
- Karjalainen, M. 2002. Suomalainen puukerrostalo puurakentamisen kehittämisen etulinjassa. Väitöskirja. Arkkitehtuurin osasto. Oulun yliopisto. Oulu

- Koskenvesa, A. 2004. WoodCost –puurakentamisen kustannustieto. Esitelmä: Puurakentamisen teknisen tiedon seminaari 30.9.2004, Helsingin messukeskus.
- Meller, P., Marfan, M. 1981. “Small and Large Industry: Employment generation, Linkages and Key Sectors”. *Economic Development and Cultural Change*. No. 2., 263-274.
- Metlan Joensuun tutkimuskeskuksen arkkitehtuurikilpailun arvostelupöytäkirja. 2002. Metla. Senaatti-Kiinteistöt.
- Milana, C. 1985. “Direct and Indirect requirements for Gross Output in Input-Analysis” *Metroeconomica* 37 (3), 283-292.
- Miller, R. & Blair, P. 1985. *Input-Output Analysis. Foundations and Extensions*. Prentice-Hall Inc., New Jersey.
- Miller, R. E. & Lahr, M. L. 2001. A taxonomy of extractions, in: M. L. Lahr & R. E. Miller (eds) *Regional Science Perspectives in Economic Analysis: A Festschrift in Memory of Benjamin H. Stevens* (Amsterdam, Elsevier Science), ss. 407–441.
- Moore. G.A. 2002. *Crossing the chasm: marketing and selling disruptive products to mainstream customers*. New York. HarperBusiness
- Page, I., 2004. Timber products in new Government buildings. Branz. Building on knowledge. www.branz.co.nz
- Pietarinen, A. 2000. Rakennuspuutavaran käyttö kerrostaloissa ja koulurakennuksissa. Opinnäytetyö. Pohjois-Karjalan Ammattikorkeakoulu. Metsä- ja puutalouden markkinoinnin koulutusohjelma.
- Rogers, E.M 1995. *Diffusion of innovations*. 4th ed. New York. Free Press Cop.
- Rothwell, R. 1994. *Industrial innovation: success, strategy, trends* in Dodgson, M. and Rothwell, R (eds.) *The handbook of industrial innovations*. Aldershot. Edward Elgar.
- RT G2-36166, RT 345.22-36166. Kertopuu -runkojärjestelmä. Finnforest Oyj
- Salovaara, J. 2005. Puurakentamisen kilpailukyky kaupunkimaisessa pientalorakentamisessa. Teknillisen korkeakoulun Puunjalostustekniikan osasto Puutekniikan laboratorio. Tiedonanto 94. Espoo
- Schultz, S. 1977. “Approaches to Identifying Key Sectors Empirically by Means of Input-Output Analysis”. *The Journal of Development Studies*. No 1, 77-96.
- Sonis, M., Hewings, G.J.D, Haddad, E. 2000. “The Region Versus the Rest of the Economy: the Extraction Method” in Kohno, H., Nijkamp, P., Poot, J. (eds) 2000. *Regional Cohesion and Competition in the Age of Globalisation*. Cheltenham. Edward Elgar.

- Szyrmer, J. 1992. "Input-output coefficients and multipliers from a total-flow perspective". *Environment and Planning A*, 1992, 921-937.
- Tiebout, C. 1969. "An Empirical Regional Input-Output Projection Model: The State of Washington". *The Review of Economics and Statistics*, 51, 3, 334-340.
- Tilastokeskus 1993. Toimialaluokitus 1995. Käsikirjoja 4. Helsinki
- Tilastokeskus 2000. Alueellinen panos-tuotos 1995. Taulukot ja laadintamenetelmät. *Kansantalous 2000:19*. Yksityiskohtaisemmat taulut samanimisellä CD-levyllä. Helsinki
- Tilastokeskus 2002. Toimialaluokitus TOL 2002. Käsikirjoja 4. Helsinki
- Vatanen, E. 1991. Metsäsektorin merkitys: mittaamisen menetelmiä. Keskustelu-aloitteita. N:o 19. Joensuun yliopisto, Kansantaloustiede. Joensuu.
- Vatanen, E. 1992. Panos-tuotostutkimus metsäsektorin analyysissä. Menetelmien arviointia. Joensuun yliopisto. Kansantaloustiede. Lisensiaatintutkimus.
- Vatanen, E. 1997. Itä-Suomen metsäsektorin rakenneanalyysi. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 663*, 1997.
- Vatanen, E. 2001. Puunkorjuun ja puunkuljetuksen paikallistaloudelliset vaikutukset Juvan, Keuruun ja Pielisen Karjalan seutukunnissa. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 825*, 2001.

Internetlähteet

- Internet 1: <http://www.kivitalo.fi/miksikivitalo/pageview.asp?cat=122>
(18.8.05)
- Internet 2: <http://www.vtt.fi/rte/projects/environ/becost.html> (30.11.05)
- Internet 3: http://www.absoluteastronomy.com/encyclopedia/C/Cr/Crossing_the_Chasm.htm (18.4.2005) <http://www.testing.com/writings/reviews/moore-chasm.html> (9.5.2005)
- Internet 4: [http://www.absoluteastronomy.com/encyclopedia/d/di/diffusion_\(business\).htm](http://www.absoluteastronomy.com/encyclopedia/d/di/diffusion_(business).htm) (18.4.2005)

Lehdet ja tiedotteet

Projektiiutiset 6/2004

Karjalainen (20.4.2005b)

Tekniikka & Talous (10.2.005)

Arkkitehti 2/2005

UPM-METSÄ 2/2005

Kontrahti 3/04

Puu 1/2005

Ontelolaatan julkistamis- ja lehdistötilaisuus 14.7.2003

Haastattelut

Laamanen Ari (5.5.2004a, 11.11.2004b), toimitusjohtaja

Rakennusliike A. Taskinen Oy

Ahtonen Kauko (27.8.2004), toimitusjohtaja, Karelia-Ikkuna Oy

Tolonen Leo (1.10.2004), toimitusjohtaja

Outokummun Puu ja Kuivaus Oy (Op Finncomponents)

Hyytiä, Unto (6.10.2004), rakennesuunnittelija, Vierumäen teollisuus Oy

Silvennoinen Seppo (6.10.2004), toimitusjohtaja, Sil-Kas Oy

Sivonen Pertti (7.10.2004) vastaava rakennusmestari,

Rakennusliike A. Taskinen Oy

Tapio Aho (20.10.2004), pääsuunnittelija,

Rakennussuunnittelutoimisto Magnus Malmberg Oy

Pulkkinen Pasi (11.11.2004), yksi perheyhtiön omistajista, Liperin Höyläämö

Puranen Antti (15.11.2004) kotelolaattojen suunnittelija, yliopettaja

Pohjois-Karjalan AMK

Riikonen, Jukka (17.11.2004), isännöitsijä, Senaatti-kiinteistöt

Kiviluoto Okke (17.11.2004), rakentamisen aikainen vastaava arkkitehti,

SARC Oy

Hänninen Harri (18.11.2004), kaavoitusinsinööri, Joensuun kaupunki

Parviainen Jari (30.11.2004), johtaja, Metsäntutkimuslaitos,

Joensuun tutkimuskeskus

Peltola Erkki (27.12.2004), toimitusjohtaja, Balkenholz Oy

Ahonen Terho (27.12.2004), tuotantopäällikkö, Balkenholz Oy

Hämäläinen Jarmo (5.1.2005), hankintapäällikkö, Rakennusliike A. Taskinen Oy

Heimo Karhapää (28.1.05) kaupungin eli rakennuttajan puolelta
Joensuun Areenan rakennustyömaan valvova rakennusmestari
Turkki Antero, arkkitehti (1.4.05)

Puhelinhaastattelut ja sähköpostikyselyt

Vanhat Talot Oy (30.11.2004)
Pietarinen Martti (22.12.2004) Puupietari Oy
Leppänen Jouko (22.12. ja 28.12.2004), paikallisjohtaja, Luja-Betoni Oy Lehmo
Saarelainen Teuvo (28.12.2004), Tekmanni Oy, Joensuu
Siikala Antti-Matti, pääsuunnittelija, arkkitehti, SARC OY
Keronen Asko (23.3.2005)
Karjalainen Markku, arkkitehti (24.3.2005a)
Silvennoinen Seppo (15.4.2005)
Korhonen Kari T (16.2.2005)

Aineisto- ja muu apu Metlan puolelta

Ollonqvist Pekka
Muhonen Timo
Parviainen Jari
Rimmler Thomas
Lähtinen Katja
Toropainen Mikko

Keskusteluja eri yhteyksissä

Ollonqvist Pekka, Metla, Joensuu
Muhonen Timo, Metla Joensuu
Laamanen Ari, Rakennusliike A.Taskinen Oy
Parviainen Jari, Metla, Joensuu
Sivonen Pertti, Rakennusliike A. Taskinen Oy
Kiviluoto Okke, arkkitehti, SARC OY
Wirtanen, Leif, VTT
Heino Petri, WoodFocus Oy
Siikala Antti-Matti, pääsuunnittelija, arkkitehti, SARC OY

Liite 1. Laskentamenetelmien perustiedot

1. Panos-tuotosmalli

Panos-tuotosmalli on useimmiten käytetty väline analysoitaessa toimialojen keskinäisiä riippuvuuksia ja kokonaisvaikutuksia. Seuraavassa esitellään panos-tuotosmallin perusteet ja käyttömahdollisuudet tässä tutkimuksessa sovellettavan analyysin näkökulmasta. (Ks. laajemmin esim. Forssell 1985, Miller ym. 1985).

Panos-tuotosmallissa oletetaan, että toimialojen tuotokset riippuvat niiden tuotteisiin kohdistuvasta loppu- ja välituotekysynnästä. Lopputuotteiden valmistamiseen toimialat tarvitsevat tuotantoteknologiansa mukaisesti panoksia. Näistä osa on paikallisten talousyksiköiden tuottamia tai tuotuja välituotteita ja osa on paikallisia tai tuotuja tuotannontekijöitä. Panos-tuotosmallissa aggregoidut toimialakohtaiset tuotokset ovat riippuvaisia lopputuotekysynnästä ja toimialojen keskinäisistä taloustoimista (panoskäytöstä) matriisiyhtälön (1) mukaisesti:

$$X = (I - A)^{-1} Y, \quad (1)$$

- missä X = toimialojen tuotokset (tulot),
 Y = toimialojen lopputuotekysyntä,
 $(I-A)^{-1}$ = toimialojen keskinäisiä riippuvuuksia kuvaava kerrannaismatriisi, ns. Leontiefin käänteismatriisi.
 I = yksikkömatriisi ja
 A = panoskerroinmatriisi ($A_{ij} = Z_{ij}/X_j$, Z_{ij} on toimialan X_i tuotoksen käyttö toimialan X_j tuotantopanoksena).

Mallin lähtökohta on, että talouden yksityiset toimialat tuottavat hyödykkeitä, joita talouden kaikki instituutiot käyttävät (kysyvät) lopputuotteina ja yrityksien muodostamat toimialat käyttävät tuotatoprosessissaan välituotteina omien tuotteidensa valmistamiseen. Tuotantomallin logiikan mukaan talouden instituutiot tekevät päätöksensä lopputuotteiden käytöstä (kotitalouksien kulutus, julkisen sektorin kulutus ja investoinnit, yrityksien investoinnit ja ulkomaiden ostot = vienti) riippumattomina yksityisten toimialojen tuotannon määrästä. Toisin sanoen niiden kysyntäpäätökset ovat mallin tuotantotoimialojen kannalta eksogeenisiä. Sen sijaan tuotantotoimialat ovat keskenään riippuvuussuhteessa tuotantofunktioidensa edellyttämien panossuhteiden mukaisesti. Panoskerroinmatriisi A kuvaa toimialojen kokonaistuotoksien riippuvuutta niin, että rivin i toimialan kokonaistuotoksen välitön riippuvuus sarakkeen j toimialan kokonaistuotoksesta on kertoimen a_{ij} mukainen.

Ratkaistaessa tuotantomallissa matemaattisesti kokonaistuotoksen määräytyminen saadaan yhtälössä (1) esitetty ratkaisu, joka kuvaa toimialojen kokonaistuotoksen riippuvuutta toimialojen lopputuotekäyttöön tuottamista hyödykkeistä (lopputuotekysynnästä). Tämän yhtälön kuvaama riippuvuus tarkoittaa siis sitä, että eksogeeninen lopputuotekysyntä määrää toimialojen tuotoksen tason, kun otetaan huomioon toimialojen välituotekäyttöjen aiheuttamat välittömät ja välilliset vaikutukset.

2. Kokonaisvaikutukset ja kerrannaisvaikutukset

Eri toimialojen lopputuoteyksikön aiheuttamia suhteellisia kokonaisvaikutuksia voidaan vertailla toimialojen välisiä riippuvuuksia määrittävän Leontiefin käänteismatriisiin sarakesummien avulla. Niitä nimitetään tuotantokertoimiksi, koska ne osoittavat, minkä verran kunkin toimialan lopputuoteyksikön tuottaminen aiheuttaa yhteensä talouden eri toimialoilla tuotannon tarvetta, kun otetaan huomioon sekä tämän lopputuoteyksikön tuottaminen että sen aiheuttamat kerrannaisvaikutukset. Toimialan lopputuoteyksikön aiheuttamat kokonaisvaikutukset ovat lopputuoteyksikön (välitön vaikutus) ja sen aiheuttamien kerrannaisvaikutuksien (suorien ja epäsuorien) summa. Lopputuoteyksikön suorat panoskysynät määritellään suoraksi kerrannaisvaikutukseksi ja sitä mitataan panoskerroinmatriisiin sarakesummalla. Suorien kerrannaisvaikutuksien aiheuttama panoskysyntä määritellään epäsuoraksi kerrannaisvaikutukseksi, joka saadaan määriteltä, kun kokonaisvaikutuksesta (tuotantokertoimesta) vähennetään lopputuoteyksikön oma vaikutus ja panoskerroinmatriisiin sarakesumma. Matriisiyhtälöin määriteltynä toimialojen lopputuoteyksikön kokonaisvaikutukset TM eli tuotantokertoimet ovat Leontiefin käänteismatriisiin $(I-A)^{-1}$ sarakesummat.

$$TM' = e' (I - A)^{-1}, \quad (2)$$

jossa e on ns. summaus- eli yksikkövektori. Kerrannaisvaikutukset ME ovat kokonaisvaikutus vähennettynä lopputuoteyksikön välitön vaikutus eli

$$ME = TM - e. \quad (3)$$

Suora kerrannaisvaikutus DME on panoskerroinmatriisiin A sarakesummat eli

$$DME' = e' A. \quad (4)$$

Epäsuorat kerrannaisvaikutukset *IME* ovat kerrannaisvaikutukset *ME* vähennettyinä suorat kerrannaisvaikutukset *DME eli*

$$IME = ME - DME. \quad (\text{Vatanen 2001}) \quad (5)$$

Nämä panos-tuotosmallista johdetut yhtälöt ovat toimialan vaikutuksien analyysin lähtökohta ja niitä käytettäessä on otettava huomioon, että panos-tuotosmalli perustuu talousteorian oletukseen siitä, että lopputuotteiden kysyntä on taloudellisen toiminnan alkuperäinen syy. Ilman hyödykkeiden kysyntää ei ole niiden tuotantoa. Syy seuraus-suhde menee kysynnästä tuotantoon eli tuotantoketjun suhteen taaksepäin. Myös mallin avulla arvioitavat tuotannollisten toimialojen väliset suhteet ovat määrittäneitä kysynnästä tuotantoon eli taaksepäin suuntautuviksi.

3. Leontiefin mallista tuotosmalliksi

Leontiefin perusmallin logiikan mukaan välituotteita tuotetaan lopputuotteiden kysynnän seurauksena, koska lopputuotteiden valmistukseen käytetään välituotteita. Tällöin toimialojen väliset suhteet voivat rakentua myös niin, että jotkut toimialat tuottavat pelkästään välituotteita. Tällaisten toimialojen vaikutuksia ei voida laskea, kun lopputuotekysyntää pidetään vaikutuksien laskemisen lähtökohdana. Muun muassa tämän menetelmällisen ongelman vuoksi on kehitetty panos-tuotosmallia, jolla voidaan laskea toimialan tuotoksen aiheuttamat kokonaisvaikutukset taloudessa. Myös se, että Leontiefin käänteismatriista johdetut tuotantoker-toimet yliarvioivat kokonaisvaikutukset, jos lähtökohdaksi otetaan tuotosyksikkö, on tuotoksen vaikutuksia arvioivan mallin kehittämisen peruste. (Szyrmer 1992).

Toimialojen tuotoksen kokonaisvaikutuksen laskemiseksi on johdettu panos-tuotosmallin sovellus, ns. tuotosmalli. Sen avulla voidaan arvioida toimialojen tuotoksen kokonaisvaikutukset samoin kuin Leontiefin mallissa. Arvioinnin lähtökohta on lopputuoteyksikön sijaan tuotosyksikkö²³. Paikallistalouksien analyysissä tuotosmalli on perusteltavissa myös aineistositystä. Paikallistalouden toimialojen tuotokset (liikevaihdot) tunnetaan paremmin kuin niiden lopputuotekysynnät.

Tuotosmalli voidaan esittää kätevimmin Szyrmerin (1992) ns. total flow TF -matriisin avulla. TF -matriisi on Leontiefin käänteismatriisin muunnos. Kun kyseessä on toimialojen tuotoksien riippuvuus toimialojen tuotoksista, eikä loppu-

²³ Kokonaistuotosmalli on yleisen mallin sovellus, jota ovat kehittäneet ja soveltaneet mm. Tiebout (1969), Schultz (1977), Milana (1985), Szyrmer (1986, 1992) ja Vatanen 1991, 1992b, 1997.

tuotekysynnöistä, kunkin toimialan tuotoksen riippuvuus omasta tuotoksesta on ykkösen suuruinen, ja vastaavasti kunkin toimialan tuotoksen kokonaisvaikutus muihin tuotoksiin on pienempi kuin vastaavan toimialan lopputuotekysynnän vaikutukset muiden toimialojen tuotoksiin. Formaalisti muunnos suoritetaan jakamalla Leontiefin matriisin sarakkeiden luvut saman matriisin diagonaaliluvuilla eli matriisilaskentaa käyttäen

$$TF = (I - A)^{-1} ((I - A)^{-1})^{-1}, \quad (6)$$

missä $((I - A)^{-1})^{-1}$ on Leontiefin käänteismatriisin $(I - A)^{-1}$ diagonaalivektorista muodostetun diagonaalimatriisin käänteismatriisi.

Kerrannaisvaikutusten analysoimisessa TF -matriisia käytetään kuten perinteistä Leontiefin käänteismatriisia. TF -matriisin sarakesummat eli tuotantokertoimet osoittavat kunkin toimialan kokonaisvaikutuksen eli sen, miten sarakkeen toimialan tuotosyksikkö edellyttää tuotantoa talouden eri toimialoilla yhteensä. Tuotantokertoimien vertailu osoittaa, millaiset ovat kunkin toimialan tuotosyksikön aiheuttamat kokonaisvaikutukset suhteessa toisiinsa. Tuotosyksikön kokonaisvaikutus jaetaan sen välittömäksi vaikutukseksi ja kerrannaisvaikutukseksi. Kerrannaisvaikutukset voidaan vielä eritellä suoriin ja epäsuoriin kerrannaisvaikutuksiin kuten lopputuoteyksikön aiheuttamien vaikutusten analyysissä. Vaikutuskertoimien laskenta on analoginen lopputuoteyksikön vaikutuskertoimien laskennan kanssa. Ainoa formaali ero on se, että tuotantokertoimien laskennassa käytetään TF -matriisia Leontiefin käänteismatriisin asemasta.

4. Rakentamisen vaikutukset Pohjois-Karjalassa, muualla ja kaikkialla

Metla-talon vaikutuksien kohdentuminen muualle arvioitiin käyttämällä hyväksi Metla-talon rakentamisen toimialan kerätyn aineiston ja panos-tuotosaineiston avulla saatuja ja johdettuja pohjoiskarjalaisten välituotteiden ja kaikkien välituotteiden panoskertoimia (ks. liite 2). Metla-talon välittömät, kerrannais- ja kokonaisvaikutukset Pohjois-Karjalassa laskettiin tuotusmallin avulla käyttämällä Metla-talon panoskertoimia Pohjois-Karjalassa. Jos kaikki välituotehankinnat olisi tehty Pohjois-Karjalasta, tällöin kaikki kokonaisvaikutukset kohdistuisivat myös Pohjois-Karjalaan. Käyttämällä Pohjois-Karjalan panoskerroinmatriisissa Metla-talon rakentamisen toimialalla kaikkialle kohdistuvia panoskertoimia, voidaan laskea Metla-talon rakentamisen vaikutukset Pohjois-Karjalassa tilanteessa, jossa kerrannaisvaikutukset kohdistuisivat pelkästään Pohjois-Karjalaan. Nämä vaikutukset nimitetään Metla-talon rakentamisen potentiaalisiksi vaikutuksiksi Pohjois-Karjalassa ja samalla rakentamisen kokonaisvaikutuksiksi kaikkialla. Kun näistä vaikutuksista vähennetään todelliset vaikutukset Pohjois-Karjalassa saadaan lopputuloksena selvitettyksi Metla-talon rakentamisen kerrannaisvaikutukset muualla riittävän tarkkana arviona. Tarkkaa laskelmaa niiden alueellisesta kohdentumisesta ei voida laskea, koska ei tiedetä tarkasti, mistä muualta ostetut välituotteet tuodaan. Vastaavankaltaisia menetelmiä on käytetty paljon erityisesti toimialojen merkityksiä ja keskinäisiä kytkentöjä taloudessa arvioitaessa (Schulz 1977, Meller-Marfan 1981, Cella 1984, ja Andreosso-O'Callaghan ym.2004) mutta viime aikoina samankaltaiset menetelmät on laajennettu myös alueellisten vaikutusten kohdentamisen laskentaan (Sonis ym. 2000, Miller & Lahr 2001).

Liite 2. Metla-talon ja verrokkitalon vaikutuksien laskennassa käytetyt panoskertoimet

L.2.1. Pohjois-Karjalan rakentamisen toimialan alueella valmistettujen tuotteiden ja kaikkialla tuotettujen panoskertoimet¹

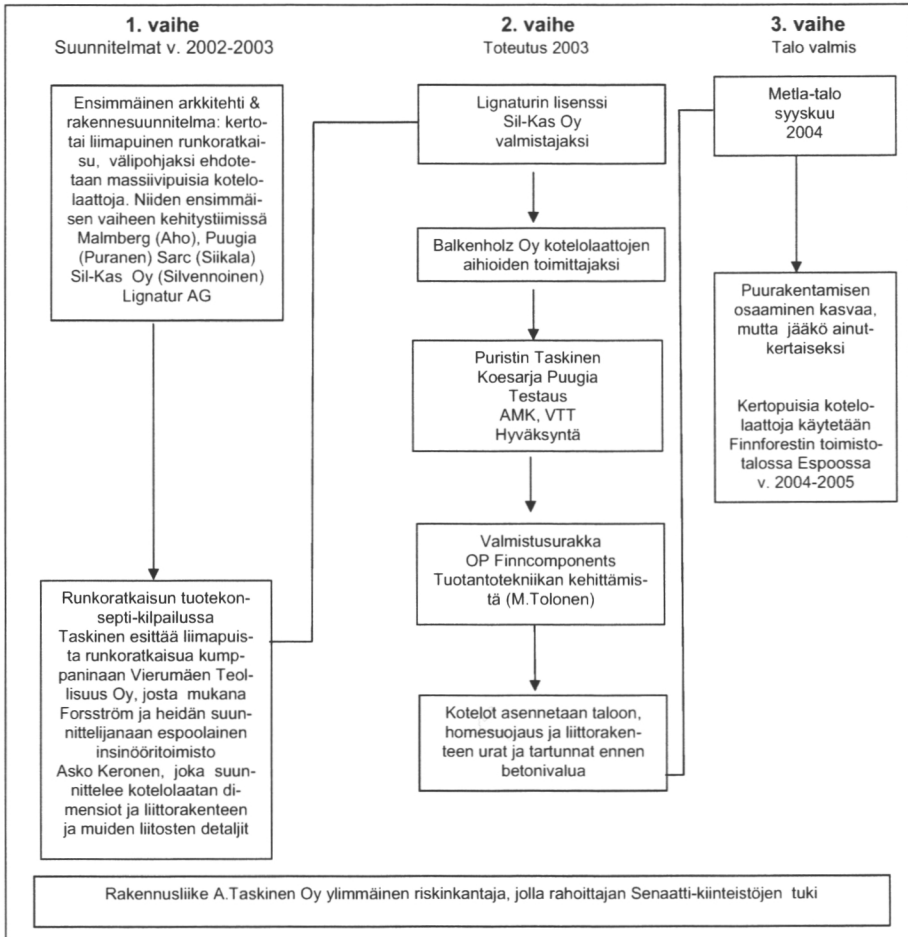
	Pohjois-Karjalassa tuotettujen välituotteiden panoskertoimet	Pohjois-Karjalan osuus	Kaikkialla tuotettujen välituotteiden panoskertoimet
Maatalous, metsästys ja kalastus	0,0000	1,0000	0,0000
Metsätalous	0,0000	0,0000	0,0000
Mineraalien kaivu	0,0148	0,4865	0,0305
Tekstiilien valmistus	0,0000	0,0939	0,0005
Vaatteiden ja nahkatuotteiden valmistus	0,0011	0,0916	0,0121
Puutavara ja puutuotteet	0,0113	0,1901	0,0594
Massan, paperin ja -tuot, valm., kustannustoim,	0,0013	1,0035	0,0013
Energia-, kemiallisten sekä kumi- ja muovituotteiden valm,	0,0048	0,0982	0,0484
Ei-metallisten mineraalituotteiden valmistus	0,0238	0,3519	0,0676
Perusmetallien ja metallituotteiden valmistus	0,0083	0,0649	0,1285
Koneiden ja laitteiden valmistus	0,0015	0,1034	0,0146
Sähkökoneiden ja -laitteiden valmistus	0,0011	0,0472	0,0232
Lääkintä- ja hienomekaanisten tuotteiden valm,	0,0001	0,0339	0,0028
Kulkuneuvojen valmistus	0,0002	0,0893	0,0020
Muiden teoll, tuott, valm.,; kierrätys	0,0016	0,2061	0,0077
Sähkön, kaasun ja lämmön tuotanto ja jakelu	0,0050	0,7870	0,0063
Rakentaminen	0,0126	0,7365	0,0170
Kauppa	0,0123	0,1575	0,0782
Majoitus- ja ravitsemistoiminta	0,0009	0,6202	0,0015
Liikenne	0,0218	0,5939	0,0366
Liikennettä palveleva toiminta	0,0010	0,3506	0,0030
Posti- ja teleliikenne	0,0028	0,7275	0,0039
Rahoitus- ja vakuutustoiminta	0,0005	0,4841	0,0011
Kiinteistötoiminta	0,0001	0,9115	0,0001
Liike-elämän palvelut	0,0027	0,1938	0,0141
Terveystenhoito- ja sosiaalipalvelut	0,0004	0,9981	0,0004
Muut yhteiskunnalliset ja henkilökohtaiset palvelut	0,0002	1,0000	0,0002
Alueella tuotettujen tuotteiden käyttö yht, (ph)	0,1314	0,2343	0,5609

¹ Kertoimet on johdettu alueellisen panos-tuotostutkimuksen Pohjois-Karjalan maakunnan toimiala & tuote tarjonta- ja käyttötauluista (Tilastokeskus 2000)

L.2.2. Puisen Metla-talon ja betonisen verrokin rakentamisen suhteelliset hankinnat Pohjois-Karjalasta ja kaikkiaan

	Metla-talo puusta panoskerroimet		Verrokki betonista panoskerroimet	
	PK.sta	Kaikkiaan	PK.sta	Kaikkiaan
Maatalous metsästys ja kalastus	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Metsätalous	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Mineraalien kaivu	0,0148	0,0305	0,0148	0,0305
Elintarvikkeiden valmistus	0,0011	0,0011	0,0011	0,0011
Vaatteiden ja nahkatuotteiden valmistus	0,0011	0,0121	0,0011	0,0121
Puutavaran ja puutuotteiden valmistus	0,0426	0,1185	0,0023	0,0120
Massan, paperin ja -tuot. valm., kustannustoiminta	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013
Energia-, kemiallisten sekä kumi- ja muovituotteiden valm.	0,0048	0,0484	0,0048	0,0484
Ei-metallisten mineraalituotteiden valmistus	0,0348	0,0563	0,0809	0,1024
Perusmetallien ja metallituotteiden valmistus	0,0083	0,0801	0,0079	0,1210
Koneiden ja laitteiden valmistus	0,0015	0,0146	0,0015	0,0146
Sähkökoneiden ja -laitteiden valmistus	0,0012	0,0260	0,0012	0,0260
Kulkuneuvojen valmistus	0,0002	0,0020	0,0002	0,0020
Muiden teoll.tuott. valm.; kierrätys	0,0016	0,0077	0,0016	0,0077
Sähkön, kaasun ja lämmön tuotanto ja jakelu	0,0050	0,0063	0,0050	0,0063
Rakentaminen	0,0126	0,0170	0,0126	0,0170
Kauppa	0,0123	0,0782	0,0123	0,0782
Majoitus- ja ravitsemistoiminta	0,0009	0,0015	0,0009	0,0015
Liikenne, posti- ja tietoliikenne	0,0256	0,0435	0,0256	0,0435
Rahoitus- ja vakuutustoiminta	0,0005	0,0011	0,0005	0,0011
kiinteistö- ja liike-elämää palveleva toiminta	0,0028	0,0142	0,0028	0,0142
Julkinen hallinto; pakollinen sosiaalivakuutus	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Koulutus	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Terveystuolto- ja sosiaalipalvelut	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004
Muut yhteiskunnalliset ja henkilökohtaiset palvelut	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
Yhteensä	0,1737	0,5609	0,1790	0,5415

Liite 4. Kotelolaatan toteutus ja käyttö



ISBN 951-40-1992-X
ISSN 0358-4283