



Tapio Koivu

Kiinteistö- ja rakennusalan tuotemallien ja yhteensopivuuden tulevaisuus

Vaihtoehtoisia skenaarioita ja teknologiapolkuja

Kiinteistö- ja rakennusalan tuotemallien ja yhteensopivuuden tulevaisuus

Vaihtoehtoisia skenaarioita ja teknologiapolkuja

Tapio Koivu

VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka

ISBN 951-38-6080-9 (nid.)
ISSN 1235-0605 (nid.)

ISBN 951-38-6084-1 (URL: <http://www.inf.vtt.fi/pdf/>)
ISSN 1455-0865 (URL: <http://www.inf.vtt.fi/pdf/>)

Copyright © Valtion teknillinen tutkimuskeskus (VTT) 2002

JULKAISIJA – UTGIVARE – PUBLISHER

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

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

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

VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, Kivimiehentie 4, PL 1803, 02044 VTT
puh. vaihde (09) 4561, faksi (09) 456 7040

VTT Bygg och transport, Stenkarlsvägen 4, PB 1803, 02044 VTT
tel. växel (09) 4561, fax (09) 456 7040

VTT Building and Transport, Kivimiehentie 4, P.O.Box 1803, FIN-02044 VTT, Finland
phone internat. + 358 9 4561, fax + 358 9 456 7040

Kansikuva: LBL building, arkkitehti Stanley Saitowitz.

Toimitus Maini Manninen

Otamedia Oy, Espoo 2002

Kiinteistö- ja rakennusalan tuotemallien ja yhteensopivuuden tulevaisuus. Vaihtoehtoisia skenaarioita ja teknologiapolkuja. Espoo 2002. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, VTT Tiedotteita – Research Notes 2161. 53 s. + liitt. 11 s.

Avainsanat construction, product models, product modelling, future, scenarios, trends, technology, forecasting

Tiivistelmä

Tässä julkaisussa esitellään vuosien 2000–2002 aikana tehdyn ”Roadmap to Intelligent Product Modeling and Interoperability” -tutkimushankkeen tuloksia.

Tutkimuksen tavoite on arvioida tuotemallintamiseen liittyvien teknologioiden ja ohjelmistojen yhteensopivuuden muutoksia ja muutosten vaikutusta rakentamisen prosesseihin ja liiketoimintaan. Tuloksia käytetään muokattaessa strategioita mm. tietotekniikan hyödyntämiseksi, prosessien parantamiseksi ja uusien tutkimus- ja kehitystoimenpiteiden suuntaamiseksi.

Tutkimuksessa kerättiin tietoa mm. haastatteluin ja 2-vaiheisella Delphi-kyselytutkimuksella. Kyselyjen löydöksiä ja tuloksia käsiteltiin kansainvälisessä kutsuseminaarissa.

Tuloksena esitellään vaihtoehtoisia skenaarioita siitä, mihin kehitys voisi johtaa noin 5–8 vuoden aikana. Kahta skenaariota on tarkasteltu tässä julkaisuissa tarkemmin ja niiden perusteella on myös arvioitu mahdollisia teknologian kehityspolkuja sekä seurauksia eri osapuolten toimintaan.

Johtopäätöksinä ja hahmotellaan seuraavan kehitysohjelman rakennetta.

Alkusanat

Tämä julkaisu on tulos Stanfordin yliopiston ja VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan välisestä yhteistyöstä. Yhteistyön on mahdollistanut Tekesin jäsenyys Stanfordin Center for Integrated Facility Engineering -instituuttiin (CIFE). Yhteistyöstä ja vuoden mittaisesta erittäin mielenkiintoisesta vaihtotutkijajaksosta haluan kiittää CIFE:n henkilökuntaa, erityisesti professori Hans Björnssonia ja professori Martin Fischeriä.

Tutkimusta ovat tukeneet Tekes, Rakennusteollisuus ry., Senaatti Kiinteistöt, Rautaruukki Oyj ja VTT. Osallistuvien yritysten edustajista muodostui myös projektin johtoryhmä, johon kuuluivat Seppo Lehto, Senaatti Kiinteistöt (pj.), Ilkka Romo, Rakennusteollisuus ry, Aarne Seppänen, Rautaruukki, Reijo Kangas, Tekes ja Arto Kiviniemi, VTT. Johtoryhmän tehtävä hankkeessa on ollut haastava, koska tutkimus on tehty toisella puolella maailmaa. Jo aikaero on tuonut omat hankaluutensa tiedonvaihtoon ja neuvottelujen järjestämiseen. Tästä huolimatta johtoryhmän panos ja osallistuminen on ollut huomattava ja siksi lämpimät kiitokseni jokaiselle jäsenelle.

Erikseen tahtoisin kiittää vielä Arto Kiviniemeä luottamuksesta ja aloitteellisuudesta hankkeen käynnistysvaiheissa. Ilman Artoa hanke olisi jäänyt tekemättä samoin kuin vuoden komennus Stanfordiniin.

Palo Alto, 18.6.2002

Tapio Koivu

Sisällysluettelo

Tiivistelmä.....	3
Alkusanat.....	4
Käytetyt termit ja lyhenteet	7
1. Tarve ja peruste ennakkoinnille	9
1.1 Tausta	9
1.2 Tavoite.....	9
2. Nykytila ja ongelma.....	10
3. Tutkimuksen suoritus.....	13
4. Uudet teknologiat ja tarpeet	16
4.1 Tuotemallitekniikan hyödyntäminen.....	16
4.2 Uudet teknologiat	18
5. Neljä skenaariota.....	23
5.1 Tärkeimmät epävarmuustekijät	23
5.2 Halutuin trendi.....	24
5.3 Skenaariot	25
5.3.1 Neljä perusvaihtoehtoa.....	25
6. Vaihtoehtoisia teknologiapolkuja	33
6.1 Kaikenkattava tuotemalli.....	33
6.2 ”Kahden välinen” tiedonsiirto lähestymistapana.....	35
6.3 ”Mikro- ja makrotason” mallintaminen lähestymistapana	36
7. Mahdollisia vaikutuksia kiinteistö- ja rakennusalalle.....	37
7.1 Toimintatavat muuttuvat	37
7.2 Muutosten seurauksia ja uusia mahdollisuuksia.....	40
7.2.1 Kiinteistönomistus	40
7.2.2 Suunnittelu	43
7.2.3 Rakentajat.....	45
7.2.4 Tuoteosa- ja materiaaliteollisuus.....	47
8. Johtopäätöksiä ja suosituksia	50
Lähdeluettelo	53

Litteet:

Liite A: The Future of Product Modeling and Interoperability in the AEC/FM Industry, a WORKSHOP BY GRAPHISOFT, CIFE & VTT The results of the breakout sessions

Liite B: Roadmap to "IFC Breakthrough"

Liite C: Examples of process changes

Käytetyt termit ja lyhenteet

Tuotemalli	Määriteltyjen sääntöjen ja rakenteen mukaan jäsennellyt tiedot, jotka kuvaavat rakennusta ja rakentamiseen liittyviä tehtäviä ja resursseja.
Olio (oliopohjaisuus)	Oliopohjaisuudella tarkoitetaan sitä, että tietorakenteen sisältö kuvataan määrittelemällä niiden osien muoto. Sisällön esitystapa ja osien keskinäiset riippuvuudet noudattavat tiettyjä sääntöjä.
Yhteensopivuus	Yhteensopivuudella erityisesti kiinteistö- ja rakennusalan ohjelmistoista keskusteltaessa ymmärretään kyvykkyyttä siirtää ja jakaa kiinteistön ja rakennuksen koko elinkaaren aikaiseen tuotemalliin liittyvää tietoa eri sovellusten ja toimijoiden välillä siten, että apuna käytetään yhteisesti sovittua informaation jäsentelyä.
Tiekartta	Tässä julkaisussa termiä tiekartta käytetään teknologian ennakoinnin yhteydessä. Tiekartta on erilaisten elementtien, ongelmien ja reittien kuvaus kohti määriteltyä tavoitetilaa. Tiekartta eroaa merkittävästi strategiasta, koska tiekartassa ei esitetä tietyn organisaation tahtotilaa.
Skenaario	Kuva tulevaisuudesta, hahmotelma siitä, millaiselta tietty, rajattu ympäristö tai toiminta näyttää määritellyn ajanjakson ja kehityksen jälkeen. Skenaariota voidaan elävöittää esimerkiksi kertomalla, millaiselta toiminta uudessa tulevaisuudessa saattaa tuntua normaalin kuluttajan, työntekijän, käyttäjän tai yhteiskunnan näkökulmasta.
IFC	Industry Foundation Classes. Rakennuksen tuotemallin tietomäärittelyjä koskeva standardi. IFC-standardi määrittelee rakennuksen (laajasti ymmärrettynä) tuotemallin sisältörakenteen ja keskinäisten osien riippuvuudet. IFC-standardi mahdollistaa monimutkaisen kokonaisuuden (rakennus ja sen rakentamiseen tarvittava tieto) siirron eri sovellusten välillä sisällön muuttumatta. IFC:n voi sanoa olevan tuotemallin ”kielioppi”.
IAI	International Alliance for Interoperability. Kansainvälinen yhteensopivuutta tukeva yhteenliittymä. Järjestö, joka vastaa IFC-standardin kehittämisestä.
XML	Extended Mark-up Language. Tiedonsiirtoon keskittyvä ohjelmointikieli, joka perustuu olioiden ja tiedon yhdenmukaiseen

”merkkaamiseen” (tagging), jonka perusteella eri sovellukset voivat käsitellä hyvin erilaista tietoa. XML mahdollistaa tiedon eri tietoalkioiden (esim. videokuva) siirron eri sovellusten välillä. XML:llä voidaan myös kuvata monimutkaisempia kokonaisuuksia tarvittaessa, esim. rakennuksen tuotemalli voidaan kuvata XML:llä, jos kuvaamiseen on käytössä sopiva ”kielioppi”.

STEP	Standard for The Exchange of Product data. Standardisto, joka sääntelee tuotetiedon siirtoa ja tähtää yhteensopivuuden parantamiseen. Koostuu kokoelmasta osastandardeja (application protocols, AP), esim. AP 225 Rakenne-elementin muotoa koskeva standardi AP 230 Teräsrungot. Standardi määrittelee tiedon erityisten mallintamiseen tarkoitettujen kuvaustapojen avulla. Kuvaustapaa kutsutaan <i>käsitellintämiseksi</i> . STEP-standardin perusteella tapahtuva fyysinen tiedonsiirto tapahtuu erityisen, standardin rakennetta noudattavan tiedoston välityksellä.
GSM	Global Standard for Mobile Communications. Maailmanlaajuisen radioliikennettä (puhelut, data, pääsääntöisesti 900 MHz) koskeva standardi.
CAD	Computer Aided Design. Tietokoneavusteinen suunnittelu.
Delphi-metodi	Kyselytutkimusmenetelmä, jolla hankitaan tietoa asiantuntijoilta erilaisten ennusteiden tekemiseksi.
Tuotemallipalvelin	Keino säilöä rakennuksen tuotemalli yhteen loogiseen sijaintipaikkaan siten, että eri sovellusohjelmat voivat hyödyntää mallia ilman, että itse malli joudutaan kopioimaan järjestelmästä toiseen. Tuotemallipalvelin mahdollistaa tuotemallin sisällön version hallinnan.
Virtuaalirakentaminen	Tapa suunnitella ja toteuttaa rakennus siten, että ennen kuin varsinainen fyysinen rakentaminen työmaalla alkaa, on rakentamista ja rakennuksen käyttöä kyetty simuloida tietokoneella. Virtuaalirakentaminen mahdollistaa esim. työmaan tehokkaamman ohjauksen ja vähentää työvaiheiden koordinoitua ja toteuttamiseen liittyviä riskejä ja helpottaa valintojen tekemisessä ennen kuin kustannuksia kiinnitetään.
Ohjelmistoagentti	Tietokoneohjelma, joka kykenee autonomisesti käynnistymään, valitsemaan, toteuttamaan ja lopettamaan omat prosessinsa.

1. Tarve ja peruste ennakoinnille

1.1 Tausta

Tämän julkaisun tarkoitus on kuvata kiinteistö- ja rakennusalan ohjelmistojen ja tuotemallien kehittämissympäristöä ja se perustuu vuosina 2000–2002 tehtyyn tutkimukseen rakennusalan ohjelmistojen yhteensopivuuden ja tuotemallinnuksen tulevaisuudesta. Tutkimus suoritettiin pääosin Stanfordin yliopiston Center for Integrated Facility Engineering -instituutissa (CIFE) Yhdysvalloissa. Globaalien trendien kartoittaminen ja näkemyksen saaminen markkinalähtöisesti toimivasta kehitysympäristöstä oli pääsyy tutkijavaihtoon CIFE:ssä. Teknologian ei arvioitu välttämättä olevan yhtään Suomea kehittyneempää Yhdysvalloissa vaihtotutkimusjaksoa suunniteltaessa, sen sijaan liiketoimintalogiikan, yritysten strategiатыön, teknologian kaupallistamisen ja käytäntöön vie-
misen suhteen oli näköpiirissä runsaasti uutta opittavaa.

Motiivi teknologian ennakoinnille on pitkän ajan suunnittelun helpottaminen. Tarkoitus on tuottaa päätöksenteon tueksi informaatiota, jonka perusteella riskinotto on hallittu-
paa ja päätökset voivat perustua selkeästi eri vaihtoehtojen tarkastelulle.

Tämä julkaisu keskittyy kiinteistö- ja rakennusalaan. Julkaisu ei käsittele teknologioiden yksityiskohtia, standardeja tai mallintamistekniikkoja vaan teknologioiden ja prosessien yhteisvaikutusta, jolla saattaa olla merkittäviä vaikutuksia liiketoimintaan. Erityisen merkittävä vaikutus vuorovaikutuksella on siihen, mitä kehitetään ja tutkitaan.

1.2 Tavoite

Tutkimuksen tavoite on arvioida tuotemallintamiseen liittyvien teknologioiden ja ohjelmistojen yhteensopivuuden muutoksia ja muutosten vaikutusta rakentamisen prosesseihin ja liiketoimintaan.

Osatavoitteina hankkeessa on:

- Vaihtoehtoisten tulevaisuuskuvien eli skenaarioiden tuottaminen teknologioitten ja kiinteistö- ja rakennusalan muutosten vuorovaikutuksesta
- Uusien mahdollisuuksien ja kysyntänäkymien tunnistaminen
- Niiden toimenpiteiden tunnistaminen, joilla yhteensopivuuden ja tuotemallintamisen kehittämisestä voidaan saada paras hyöty aikaiseksi
- Kiinteistö- ja rakennusalan liiketoimintaprosessien muutostarpeiden tunnistaminen.

Tuloksia käytetään muokattaessa strategioita mm. tietotekniikan hyödyntämiseksi, prosessien parantamiseksi ja uusien tutkimus- ja kehitystoimenpiteiden suuntaamiseksi.

2. Nykytila ja ongelma

Yhteensopivuuden käsite¹ ohjelmistotuotannossa on ollut varmasti käytössä yhtä kauan kuin kaksi erilaista ohjelmistoa on ollut markkinoilla. Yhteensopivuutta voi tarkastella usealla eri tasolla:

- Fyysinen taso: esimerkiksi erilaiset tiedonsiirtomenetelmät ja laitteet mahdollistavat siirron järjestelmästä toiseen käyttämällä vaikkapa saman standardin mukaan valmistettua diskettiä.
- Tietotyypin mukainen yhteensopivuus: taso mahdollistaa tiedon siirron ohjelmistokielestä tai fyysisestä muodosta riippumattomasti, esimerkiksi tiedon välitys Internetissä ns. Internet Protokollaa (IP) noudattamalla voidaan laskea kuuluvan tälle tasolle.
- Spesifikaatiotason yhteensopivuus: taso mahdollistaa tiedon siirron ilman, että joudutaan määrittelemään yksityiskohtaisesti jonkin tiedon sisältöä tietyn määritellyn muodon mukaisesti, esimerkiksi ns. Extensible Mark-up Language (XML) mahdollistaa hyvinkin erilaisten tietosisältöjen siirtämisen erilaisten sovellusten välillä ilman, että sisältö – vaikkapa digitaalisessa muodossa oleva videokuva – muuttuu muodoltaan.
- Semanttinen (”kieliopillinen”) yhteensopivuus: taso mahdollistaa monimuotoisten, erilaisia asioita kuvaavien tietorakenteiden siirtämisen tai yhteisen hyödyntämisen erilaisilla sovelluksilla. Esimerkiksi samaa standardia noudattava rakennuksen tuotemalli on kieliopiltaan yhteensopiva, jos sitä käytetään vaikkapa arkkitehtisuunnitteluun tarkoitetulla ohjelmalla tai siitä voidaan laskea määrät määrälaskentaohjelmalla muuttamatta sisältöä.

Kiinteistön tuotemallilla tarkoitetaan kaikkea sitä tietoa, joka kuvaa kiinteistön sen elinkaaren aikana ja joka noudattaa määriteltyä tietorakennetta. Rakennuksen tuotemallilla viitataan rakennushankkeessa tietokoneella käytettävään rakennuksen kuvaukseen, joka on määritelty jonkin sovitun rakenteen mukaan [cic.vtt.fi].

Tiedon ja ohjelmistojen yhteensopivuudella on katsottu olevan kriittinen merkitys kiinteistö- ja rakennusalan kehittämisessä. Alalle on hyvin tyypillistä, että toiminta keskittyy projekteihin, joissa osapuolet toimivat väliaikaisesti yhdessä erilaisten järjestelmien kanssa. Esimerkiksi arkkitehtien käyttämät piirustus- tai suunnitteluohjelmistot ovat tyypillisesti tuottaneet tietoa muodossa, jota on ollut hankala käyttää esimerkiksi määrälaskennassa. Vaikka rakennuksen arkkitehti- tai rakennekuvia olisikin piirretty CAD-ohjelmalla, ei ole harvinaista, että määrälaskentaa tekevässä toimistossa digitoidaan

¹ Yhteensopivuudella erityisesti kiinteistö- ja rakennusalan ohjelmistoista keskusteltaessa ymmärretään kyvykkyyttä siirtää ja jakaa kiinteistön ja rakennuksen koko elinkaaren aikaiseen tuotemalliin liittyvää tietoa eri sovellusten ja toimijoiden välillä siten, että apuna käytetään yhteisesti sovittua informaation jäsentelyä.

kuva uudelleen paperilta tietokoneeseen sen sijaan, että tieto voisi siirtyä suoraan järjestelmästä toiseen. Esimerkki kuvaa ainoastaan jäävuoren huipun siitä, millainen merkitys ja potentiaali yhteensopivuudella on muokattaessa toimintaa sellaiseksi, ettei vastaavia turhia työvaiheita synny.

Kansainvälisiä, koordinoituja aloitteita parantaa yhteensopivuutta suunnitteluohjelmistojen välillä on ollut käynnissä jo 1980-luvulta lähtien. Ohjelmistojen kehittyessä kolmiulotteista, oliopohjaista² teknologiaa hyödyntäviksi on syntynyt myös tarve määritellä yhteinen, standardoitu muoto rakennukselle tai kiinteistölle. Tällaisia aloitteita ovat olleet esimerkiksi STEP- (standard for the exchange of product data) standardointityö tai Kansainvälisen Yhteensopivuusallianssin (IAI) tekemä ns. IFC-mallintamistyö (Industry Foundation Classes). Nämä aloitteet ja niiden pohjalta käynnistynyt työ on vieläkin käynnissä. Usein on todettu, että lupauksia yhteensopivuudesta ja niiden hyödyistä ei vielä ole lunastettu, koska standardointityö on hidasta ja tietotekniikka kehittyi nopeammin kuin on mahdollista saavuttaa konsensusta mallien osalta.

Kiinteistö- ja rakennusala muuttuu myös liiketoimintana jatkuvasti riippumatta siitä, mihin ohjelmistokehitys on menossa. Havaittavin muutos etenkin Suomessa on ollut viime vuosina sen suuntautuminen yhä enemmän kohti palveluelinkeinoa. Kiinteistöjen omistaminen on muuttunut muuta liiketoimintaa harjoittavien yritysten luopuessa omasta kiinteistömässään. Kiinteistöjen omistaminen on muuttunut ammattimaisemmaksi ja vaativammaksi.

Edellisten trendien pohjalta on tehtykin erilaisia tutkimuksia, joissa pyritään hahmottamaan kuvaa tulevaisuudesta tai määrittelemään niitä toimenpiteitä, joilla kiinteistö- ja rakennusallalla saa paremman hyödyn irti tietotekniikasta, tuotemallintamisesta ja yhteensopivuudesta. Tutkimukset ovat joko tuottaneet erilaisia strategioita, suosituksia tai ”tiekarttoja” (roadmap), joissa hahmotetaan mahdollisia reittejä kohti haluttua tilaa tai tavoitetta.

Esimerkkejä tällaisista ”tiekartoista” ovat mm. Euroopan unionin Elsewise-projektin tuottama tiekartta [Hannus et al., 1998], Matti Hannuksen ”automaatiosarekkeet” [Hannus, 1999] tai University of British Columbian järjestämän seminaarin tuloksena syntyneet tiekartat [UBC, 2001]. Näille esimerkeille on tyypillistä se, että niissä pyritään määrittelemään paras mahdollinen polku kohti tehokkaampaa ohjelmistojen käyttöä tai tilannetta, jossa mallintamisesta ja yhteensopivuudesta saadaan paras mahdollinen hyöty irti. Näille tiekartoille tai suunnitelmille on tyypillistä se, että ne perustuvat alan asiantuntijoiden näkemykseen ja tuottavat yhden, ideaalin ratkaisun sille, miten edetä.

² Oliopohjaisuudella tarkoitetaan sitä, että tietorakenteen sisältö kuvataan määrittelemällä sisällön osien eli olioiden muoto ja sisällön esitystapa ja osien keskinäiset riippuvuudet tiettyjä sääntöjä noudattamalla.

Projekteille ei ole tunnusomaista se, että pyrittäisiin systemaattisesti etsimään vaihtoehtoja tai tekijöitä, jotka vaikuttavat eri vaihtoehtojen todennäköisyyteen tai sisältöön.

Kiinteistö- ja rakennusalan toimijoiden näkökulmasta on kuitenkin oleellista löytää ne teknologiat, joita kehittämällä, joihin sijoittamalla ja joita hyödyntämällä voidaan toimintaa parantaa. Tietotekniikan kehittämisen alueella vaihtoehtoja ja mahdollisuuksia on lukemattomia määriä. Yksistään erilaisten teknologioitten seuranta on haasteellinen tehtävä saati parhaan mahdollisen strategian tai toimenpidesuunnitelman laatiminen. Siksi informaatio ja tutkimus, jolla voidaan selkeyttää ja yksinkertaistaa toimintaympäristössä tapahtuvia muutostrendejä ja jolla voidaan luoda kehittyneempiä kuvia vaihtoehtoista ja jolla voidaan helpottaa valintojen tekoa, ovat enemmän kuin tarpeellisia.

3. Tutkimuksen suoritus

Tutkimus suoritettiin kolmessa päävaiheessa:

1. Esitietämyksen hankinta
2. Kyselytutkimus ja sen jatkotyöstö asiantuntijaseminaarissa
3. Skenaarioiden ja vaihtoehtoisten tiekarttojen tuottaminen edellisten vaiheiden perusteella.

Esitietämyksen hankkimiseksi tehtiin erillinen nykytilan kartoitus ja haastateltiin alan asiantuntijoita, osallistuttiin erilaisiin tapahtumiin ja luentotilaisuuksiin.

Kyselytutkimukseen sovellettiin ns. Delphi-menetelmää, joka lienee yksi parhaiten tunnetuista teknologian ennakointiin käytetyistä metodeista. Sen tarkoituksena on muodostaa yhteinen näkemys eri asiantuntijoiden mielipiteistä. Menetelmä perustuu kahteen perusoletukseen. Ensinnäkin oletetaan, että asiantuntijoilla on hallussaan tuntuma siitä, mihin teknologia on kehittymässä. Toisekseen oletetaan, että muodostamalla näistä näkemyksistä yksi, lähempänä konsensusta oleva näkemys, saadaan luotettavampi kuva tulevaisuudesta kuin luottamalla yksittäisten asiantuntijoiden mielipiteisiin [Braun, 1998]. Jos oletetaan, että mitään yllättävää ei ole lähitulevaisuudessa näköpiirissä, yleisesti ottaen asiantuntijoiden näkemykset ovat osoittautuneet kohtalaisen luotettaviksi. Sen sijaan oma vaaransa on ”konsensuksessa”; mikäli tekniikkaa käyttää väärin, voi ”tyhmyys joukossa tiivistyä”, ts. konsensuksena esitetään se, miten asiantuntijat ovat yhdessä väärässä.

Tutkimuksessa kysely toteutettiin kahdessa vaiheessa. Ensimmäisessä vaiheessa keskityttiin hahmottamaan tuotemallintamisen käyttöä ja hyötyjä, löytämään yhteinen määritelmä yhteensopivuudelle³, kartoittamaan uusia teknologioita, testaamaan uusien teknologioiden käytön mahdollistamia muutoksia kiinteistö- ja rakennusalan toimintaprosesseihin. Kysely lähetettiin 192 henkilölle, joista 46 vastasi. Vastaajista 29 oli Euroopasta, 8 Pohjois-Amerikasta ja loput Aasiasta ja Australiasta. Vastaajien enemmistö edusti kokenutta asiantuntijatasoa tai yritysten johtoa. Vastaajien kokemus aihealueesta oli laaja; keskiverto panelistilla oli kokemusta noin 11 vuotta tietotekniikan käytöstä tai käytön hyödyntämisestä alalla. 21 ensimmäisen kierroksen vastaajista edusti alalla toimivaa yritystä (omistaja, suunnittelija, urakoitsija tai muu suoraan kiinteistö- ja rakennusalan prosessien kanssa tekemisissä oleva taho), 12 oli taustaltaan akateemisia (tutkijoita tai opettajia) ja 12 edusti ohjelmistotuottajaa.

³Ks. luvun 1 määritelmä, alaviite 1. Kirjallisuustutkimuksen perusteella määritelmiä löytyi useita erilaisia.

Toisessa vaiheessa ensimmäisen kierroksen vastaajille lähetettiin tarkennettuja kysymyksiä tarpeitten ja teknologioiden merkityksestä, prosessien muutoksista ja kahden oleellisimmaksi katsotun toimintaympäristön muutostekijän mahdollisista vaikutuksista. Toiseen kierrokseen vastasi 30 henkeä, joista 19 edusti teollisuutta, 7 oli tutkijaa tai opettajaa ja 4 ohjelmistotoimittajaa. Kolmestakymmenestä 18 oli Euroopasta, 6 Pohjois-Amerikasta ja 6 muualta.

Kyselyn perusteella tuotettiin erilaisia vaihtoehtoisia skenaarioita, ts. vaihtoehtoisia kuvia siitä, millainen tulevaisuus voisi olla, jos kehitys etenee tietyllä tavalla – oli se sitten haluttu tapa tai ei. Skenaarioiden voidaan sanoa oleva kurinalaisesti tuotettuja tarinoita siitä, millainen tulevaisuus saattaisi olla. Skenaariomenetelmä on käyttökelpoinen silloin, kun

- Tarkastellaan makrotason tekijöitä.
- Aikajänne on enemmän kuin 5 vuotta.
- Staattiset kuvat tulevaisuudesta ovat käyttökelpoisia.
- Ongelma-alueen kehitys on epävarmaa.
- Tietoa on käytettävissä vähän tai sen tuottaminen on kallista tai
- Tuloksena halutaan kvalitatiivista, asioita kuvaavaa tietoa.

Tässä tutkimuksessa sovellettiin skenaarioiden tuottamiseksi Dayn & Schoemakerin käyttämää menetelmää [Day & Schoemaker, 2000]. Menetelmässä voi tunnistaa seuraavat askeleet:

1. Ongelman ja rajausten määrittely (toteutettu tässä tutkimuksessa nykytilan analyysivaiheessa).
2. Eri toimijoiden roolien tunnistaminen (nykytilan analyysivaihe).
3. Muutosvoimien tunnistaminen ja tutkiminen (tässä tutkimuksessa kyselytutkimuksen ensimmäinen vaihe).
4. Erilaisten trendien ja kehityssuuntien tunnistaminen edellisen lisäksi/perusteella (kyselytutkimuksen ensimmäinen vaihe).
5. Pääasiallisten epävarmuustekijöiden tunnistaminen (kyselytutkimuksen toinen vaihe).
6. Kahden tärkeimmän epävarmuustekijän valinta ja vaihtoehtoisten skenaarioiden alustava hahmottaminen näiden perusteella (tässä tutkimuksessa Delphi-tutkimuksen toinen vaihe).
7. Vaihtoehtojen sisällön muokkaaminen revisiointi (kyselytutkimuksen tulosten perusteella tehdyt muokkaukset ja asiantuntijaseminaari).
8. Revisioitujen skenaarioiden arviointi (asiantuntijaseminaarin tulosten perusteella tehdyt tarkastelut).
9. Skenaarioiden sisäisen yhteneväisyyden tarkistaminen (loppuraportointivaihe)
10. Askeleiden 1–9 tarkastelu uudelleen (tutkimuksen loppuraportointivaihe).

Skenaarioiden lisäksi tutkimuksessa tuotettiin myös tiekarttoja (roadmap) erilaisten teknologian kehittämisen vaihtoehtojen pohjaksi. Tiekartan voi määritellä erilaisten elementtien, ongelmien ja reittien kuvaukseksi kohti määriteltyä tavoitetilaa [UBC, 2001]. Jotkut lähteet tai esimerkit käyttävät tiekarttoja strategian osana tai jatkeena, eräänlaisina toimintasuunnitelmien vaihtoehtoina. Tässä tutkimuksessa ”tiekarttoja” käytetään erilaisten vaihtoehtojen hahmottamiseen ja niissä pyritään välttämään ohjeellistamista tai suositusten esittämistä. Tiekarttoja voi sen sijaan hyödyntää, kun halutaan arvioida paremmin erilaisten kehitysilmioiden ajoittumista, tunnistaa eri asioiden riippuvuuksia ja yhteyksiä ja viestittää kehitystarpeita. Tiekarttojen tai kartastojen esittämiseen ei ollut tarjolla varsinaisia metodeja. Tutkimuksessa käytettiin yksinkertaisia esitystapoja teknologian kehittämisen läpilyöntien ajoittamiseksi tai eri vaiheissa olevien teknologioitten kehittämistarpeiden määrittelemiseksi.

4. Uudet teknologiat ja tarpeet

4.1 Tuotemallitekniologian hyödyntäminen

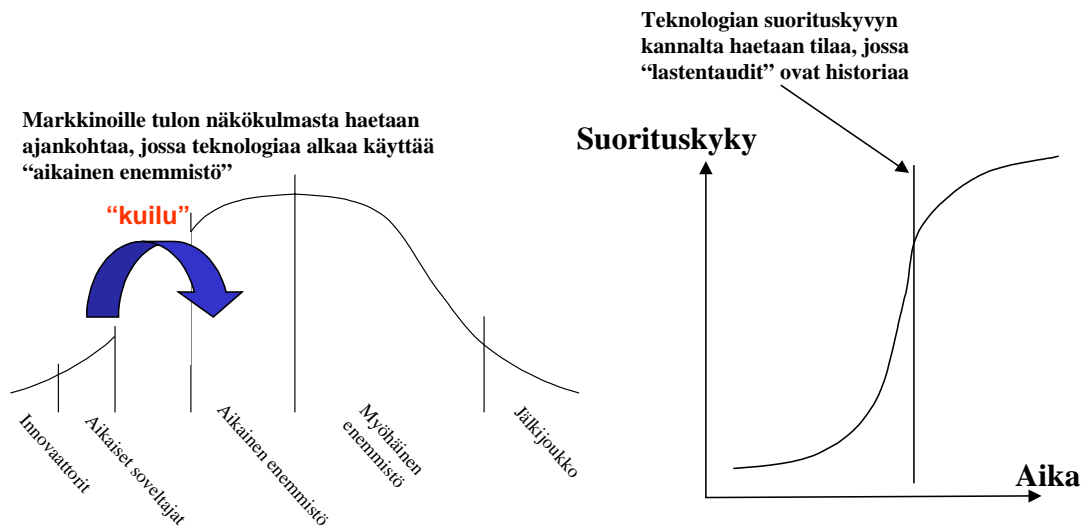
Tuotemallitekniologian hyödyntämisen tila ja se, missä kehityksen vaiheissa erilaiset teknologiat ovat lähtötilanteessa muodostavat perusteen niin luotaville skenaarioille, tiekartastoille kuin mahdollisille johtopäätöksillekin. Hyödyntämisen tilan suhteen on erotettava kaksi tekijää:

- Markkinoiden kyky omaksua teknologiaa (ts. millaiset toimijat markkinoilla hyödyntävät teknologiaa ja mikä on heidän osuutensa tai vaikutuksensa markkinaan)
- Tekniologian kypsyyden (ts. miten pitkälle tekniologia on kehittynyt esimerkiksi käyttövarmuuden suhteen).

Kuvassa 1 on hahmotettu sitä, miten näitä kahta tekijää voi jäsentää yksityiskohtaisemmin. Markkinan kannalta kriittisintä on arvioida, miten tekniologia suhtautuu ensimmäisten soveltajien ja aikaisen markkinan enemmistön väliseen kuiluun⁴. Mikäli kuilun yli on päästy, voidaan sanoa tekniologian olevan selkeästi laajasti käytössä eikä enää vain edistyneimpien yritysten kokeilua. Kuvassa 1 on myös hahmotettu ajoitus tekniologian kypsytyksen ajan ja suorituskyvyn funktiona. Normaalisti käyrä on S:n muotoinen ja tasaantuu ennen korvaavan tai uuden tekniologian löytymistä⁵.

⁴ Ks. tarkemmin myös [Moore, 1999], Crossing the Chasm – marketing and selling high-tech products to mainstream customers.

⁵ Ks. myös Burgelman et al. [1996], Strategic Management of Innovation and Technology.



Kuva 1. Teknologian ajoittuminen käyttöönoton ja markkinan kannalta ja teknologian kypsyyden ajan ja suorituskyvyn funktiona.

Tutkimuksen alkuvaiheissa käsiteltiin yhteensopivuuden ja tuotemallien käyttöä ja käytön hyötyjä. Asiantuntijoilta haluttiin arvio siitä, missä vaiheessa he näkevät kiinteistö- ja rakennusalan ohjelmistojen käytön ja teknologian soveltamisen olevan. Vastaukset vaihtelivat hieman vastaajan taustasta riippuen. Alan yritysten edustajien yleisin mielipide oli, että edistyneimmät yritykset osaavat hyödyntää yhteensopivuutta kommunikoidessaan hankkeissa yhteistyökumppaneidensa kanssa esimerkiksi projektitietopankkeja hyödynnettäessä. Eräs vastaajista kuvasi tilaa repaleiseksi ja alkuvaiheessaan olevaksi, mutta samalla avaintekijäksi mietittäessä esimerkiksi uusien Internet-sovellusten todellista hyödyntämistä alalla.

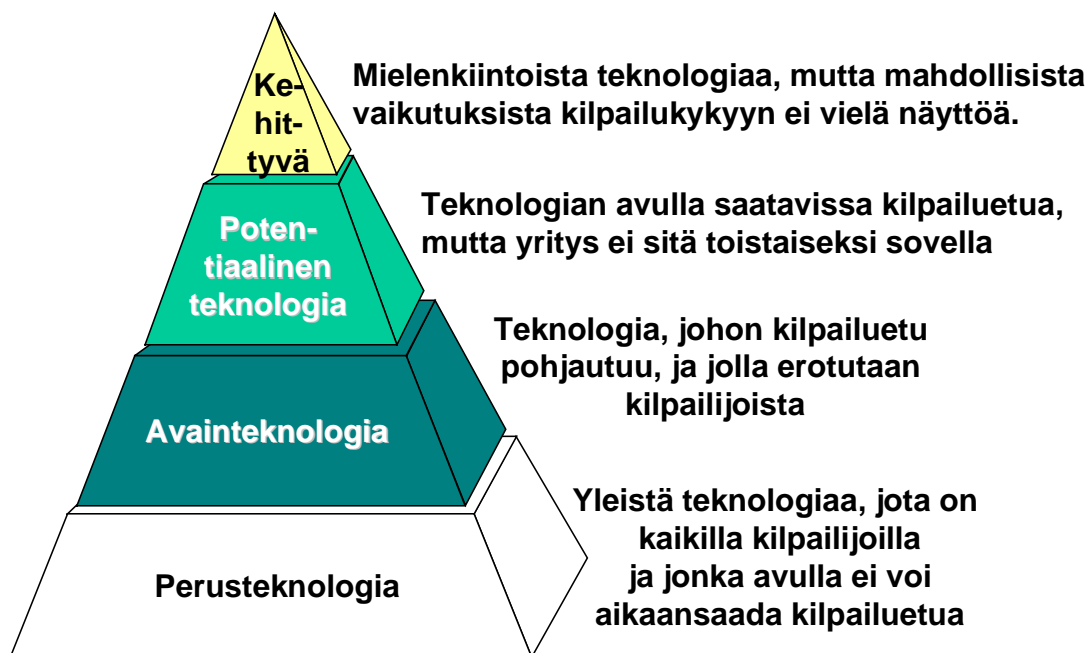
Yleisesti vastaajat kokivat, että tällä hetkellä markkinoilla ei ole tarpeeksi toimivia sovelluksia, joiden avulla yhteensopivuuden voisi kääntää todelliseksi kilpailueduksi. Useimmat vastaajat olivat kiinteistö- ja rakennusalan yritysten seuraavan, millaiseksi markkina tulee muodostumaan ja mitä teknologiaa kannattaa lähteä hyödyntämään. Edistyneimmät yritykset etsivät aktiivisesti uusia sovelluksia tai kokeilevat niitä. Kysyttäessä yhteensopivien tuotemallien käytön hyötyjä 45:stä vastaajasta 18 pystyi tunnistamaan joitain näyttöjä, kuten

- Tuottavuuden todistettava parantuminen hankkeissa (12 vastaajaa)
- Kopiointikustannusten väheneminen, kokoustarpeen väheneminen ja suunnitteluun liittyvän turhan työn tai korjaamisen väheneminen (8 vastaajaa)
- Projektin läpimenoajan lyheneminen (5 vastaajaa).

Useimpien vastausten perusteella ensimmäinen yhteensopivien ohjelmistojen sukupolvi on nyt vasta tulossa markkinoille. Kokemukset niiden käytöstä ovat lupaavia, mutta tarjolla on hyvin vähän mitattuja tuloksia käytön hyödyistä. Erään kyselyyn vastanneen mukaan Englannissa tehdyissä tutkimuksissa sijoittaminen yhteensopivuuteen maksaa itsensä 4–10-kertaisesti takaisin pelkästään lisätöiden säästöinä. Useissa kommentteissa painotettiin sitä, että parhaillaan useissa organisaatioissa ja kehityshankkeissa ollaan tekemässä pioneerityötä. Teollisuuden voidaan sanoa olevan nyt tuotemallitekniologian hyödyntämisen kynnyksellä. Käyttäjää voidaan nyt kuvata korkeintaan aikaisiksi hyödyntäjiksi. 90 % alasta ei ole reagoinut asiaan käytännössä lainkaan. Sen sijaan potentiaali ja hyödyt ovat selkeästi nähtävillä, mutta vaikutuksia liiketoimintaan ja prosesseihin ei osata vielä kuvata.

4.2 Uudet teknologiat

Skenaarioiden pohjaksi tutkimuksessa pyrittiin myös arvioimaan sitä, mitkä teknologiat tulevat muuttamaan tuotemallien käyttöä tai yhteensopivuutta. Oleellista on kyetä erottamaan teknologioiden kehitys yritysten ja liiketoiminnan kilpailukyvyyn suhteen. Tästä näkökulmasta teknologiat voidaan jakaa kuvan 2 esittämällä tavalla.



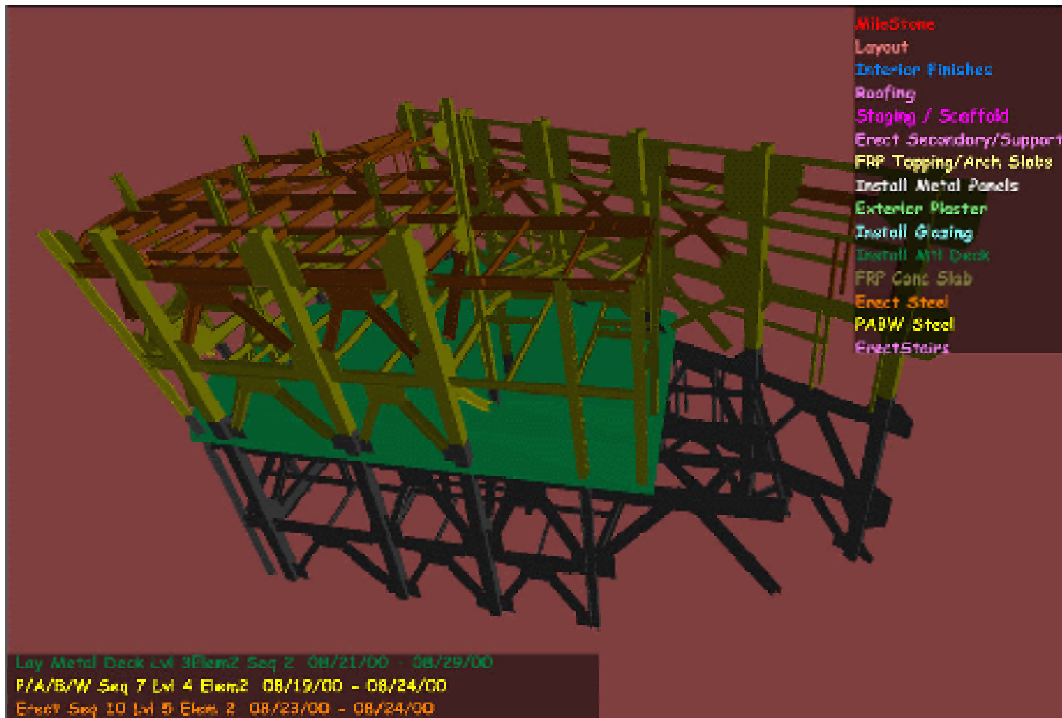
Kuva 2. Teknologia liiketoimintaan soveltamisen näkökulmasta.

Kehittyvinä teknologioina voitiin tunnistaa seuraavat teknologiat:

- ”Mallikäntäjät”, ts. uuden tyyppiset ohjelmistot, jotka kykenevät muuntaamaan tietyn tuotemallin sisällön ja rakenteen luettavaksi toisen sovelluksen käsiteltäväksi. Tämä ohjelmistoteknologia voi toimia korvaamassa tuotemallirakenteita koskevia standardeja, jos mallin sisällön voi muuntaa käytökelpoiseksi tarpeen mukaisesti.
- Tuotemallipalvelimet, ts. uuden tyyppiset sovellukset, jotka kykenevät säilöämään tuotemallitiedon yhdessä loogisessa sijaintipaikassa ja mahdollistamaan erilaisten sovellusten pääsyn tähän sijaintipaikkaan muuntamaan vain niitä tietoja, joita kulloinkin tarvitsee muuttaa. Teknologia korvaisi tuotemallitiedostojen siirtämisen sovellukselta toiselle ja mahdollistaisi tuotemallitiedon muutosten hallinnan. Siirtotiedostoihin perustuvat ratkaisut eivät mahdollista versiohallintaa.
- Edistyneet virtuaalisen rakentamisen teknologiat, ts. malleihin liittyvien visualisointiin ja simulointiin liittyvien ominaisuuksien tai ohjelmistojen kehitys. Teknologia mahdollistaa mallien käytön esimerkiksi onnettomuustilanteiden simulointiin.
- Edellisiin liittyvät kehittyneet käyttöliittymät ja visualisoinnin apuvälineet, kuten stereoskooppiset näytöt, ”datahanskat”, jne.
- Teknologiat tuotemallitiedon jakelun ja saavutettavuuden parantamiseksi, mm. kehittyneen langattoman tiedonsiirron avulla.
- Teknologiat tai standardointityö, jonka avulla tuotemallitietoa voidaan hyödyntää rakennusautomaatiojärjestelmissä.
- Teknologiat, joiden avulla tuotemallitietoa voidaan hyödyntää yhdessä työmaan laitteiden, esimerkiksi mittalaitteiden kanssa.

Potentiaalisina teknologioina tunnistettiin mm.

- Parametriset, oliopohjaiset tuotemallikirjastot, joilla mahdollistetaan rakennuksen osia tai materiaaleja koskevan tiedon siirtäminen suoraan valmistajan digitaalisesta kirjastosta tuotemalliin ilman, että mallin ja osaa kuvaavan objektin liityntää pitää erikseen määritellä.
- 4D CAD, ts. kolmiulotteisen tuotemallin ja aikataulutuksen yhteiskäyttö, kuvassa 3 on esitetty erään 4D CAD-ohjelmiston.
- Erilaiset tuotemallien älykkyyttä lisäävät teknologiat, esimerkiksi itsenäisesti toimivat ohjelmat, ”agentit”, jotka kykenevät tarkistamaan tuotemallin sisällön tai suorittamaan tarvittavia operaatioita tuotemallille ilman käyttäjän puuttumista asiaan.
- Erilaiset saatavilla olevat, projektihallinnan mobiilit sovellukset.



Kuva 3. Invisn 4D CAD-ohjelmalla tuotettu kuva rakennuksen pystytysvaiheesta. Vasemmassa alanurkassa meneillään olevan tehtävien ajoitus, oikeassa ylänurkassa aikataulun muita tehtäviä.

Asiantuntijoilta kysyttiin alustavan jaottelun pohjalta eri teknologioitten tärkeyttä mallintamisen kannalta. Asiantuntijoille annettiin lista sekä nousevista, potentiaalisista teknologioista että eri tiedonsiirtoa koskevista standardeista, jotka tuli laittaa tärkeysjärjestykseen niiden merkityksen mukaan. Useat asiantuntijat listasivat lisää teknologioita, joilla heidän mielestään on oleellinen vaikutus tuotemallintamiseen, kuten automatisoitu tiedon ”kiinniottaminen”, joka mahdollistaa esimerkiksi määrälaskentaa varten oleellisen tiedon erottamisen mallitiedosta.

Ensimmäisen kyselykierroksen vastausten ja niiden tarkennusten perusteella toisen kierroksen jälkeen tutkimuksessa päädyttiin seuraavaan tärkeysjärjestykseen:

- Yhteisen, standardoidun tuotemallin määrittely (kuten IFC-standardi)
- Uudet tavat Internetin välityksellä tapahtuvan tiedon siirron mahdollistamiseksi (kuten XML-standardin kehittäminen)
- Tuotemallipalvelin-teknologian kehittäminen
- Älykkäiden ”agenttiohjelmien” kehittäminen ja
- Käyttäjälähtymien kehittäminen.

Kyselyssä keskityttiin myös testaamaan sitä, missä osissa tai toiminnoissa eniten tarvitaan yhteensopivuutta. Ensimmäisellä kyselykierroksella asiantuntijoille annettiin lista alueista ja toisella kierroksella priorisointia oli mahdollista vielä muuttaa ja antaa pe-

rusteltuja kommentteja. Taulukossa 1 on esitetty lista alueista, joiden voi todeta olevan asiantuntijoiden vastausten perusteella kriittisimmin yhteensopivuuden tarpeessa.

Taulukko 1. Toiminnot, joissa kriittisimmin tarvitaan yhteensopivuutta.

Toiminto/prosessin osa-alue	Kpl. 1. Prioriteetteja	Kpl. 2. Prioriteetteja	Kpl. 3. Prioriteetteja	Kpl. 4. Prioriteetteja	Kpl. 5. Prioriteetteja
Määrä- ja kustannuslaskenta	9	3	2	0	1
Oliopohjaisten kirjastojen käyttö	4	9	1	1	2
Arkkitehtisuunnittelu	2	5	3	0	1
Muut suunnittelutoiminnot	1	2	3	5	0
Kiinteistönhoito	1	2	4	2	4
Elinkaarikustannusten laskenta	1	0	2	2	2
Rakennesuunnittelu	1	1	1	2	0
Rak.määräysten mukaisuuden tarkistaminen	0	0	2	3	2
Visualisointi	0	1	1	2	2

Tarpeiden ja priorisoinnin lisäksi asiantuntijat kommentoivat myös ajoitusta. Monet painottivat sitä, että useat suunnittelualat ovat jo lähteneet soveltamaan uusia työkaluja. Teknologia näyttäisi olevan saatavilla määrä- ja kustannuslaskentaa varten, mutta sitä ei tunnuta hyödynnettävän. Myös useissa vastauksissa painotettiin tarvetta integroida eri työkaluja vähän samaan tapaan kuin on tehty 4D CAD:n osalta. Oliopohjaisista kirjastoista todettiin myös, että teknologinen ratkaisu on jo olemassa, mutta este soveltamiselle näyttää olevan sopiminen yhteisestä, avoimesta tavasta käyttää kirjaston objekteja.

Asiantuntijat myös perustelivat sitä, miksi he kokevat edelliset osa-alueet tärkeinä. Esi-merkiksi määrä- ja kustannuslaskennan saaminen yhteensopivammaksi saa aikaan välittömän resurssitarpeen vähenemisen, parannuksen laskentatarkkuudessa ja luo perusteet eri vaihtoehtojen testaamiselle, pitkällä tähtäimellä jopa kustannusanalyysin olemiseen ”koko ajan päällä” eri vaihtoehtoja suunniteltaessa. Arkkitehtisuunnittelu nähtiin prioriteettina, koska arkkitehtisuunnittelussa syntyvä tieto periytyy muihin vaiheisiin ja on koko muun prosessin tiedonhallinnan kannalta alkulähde.

Oliopohjaisten kirjastojen käyttöä priorisoitiin korkealle, koska se mahdollistaa rakennustuotteiden erilaisten ominaisuuksien, erityisesti elinkaaritalouden näkökulman, tarkastelun entistä paremmin. Se mahdollistaa myös erityyppisen kilpailun tuotteiden ja valmistajien kesken. Tuotteeseen liittyvällä informaationvälillä saattaa olla huomattava merkitys prosessin sujuvuuden tai jopa käyttäjän kokeman arvon näkökulmasta.

Kiinteistönomistamisen toiminnot nähtiin erityisenä kiinnostuksen alueena, vaikka vastaajista suurin osa edusti jotain muuta osa-aluetta tai kokemustaustaa. Osa kommentteista painotti tarvetta käyttää mallia tilahallinnassa, turvapalveluiden pohjana, erilaisten palveluiden ostamisessa ja määrittelyssä jne. Elinkaaritalouden menetelmillä koettiin olevan erittäin kriittinen merkitys koko alan kehittymisen kannalta.

Rankkauksen ja annettujen kommenttien perusteella voidaan sanoa seuraavien toimintojen kuuluvan ensimmäiseen prioriteettiiluokkaan:

- Määrä- ja kustannuslaskenta
- Arkkitehti- ja muun suunnittelun integroiminen
- Kiinteistöhallinnan sovellukset
- Avointen, olio-orientoituneiden kirjastojen kehittäminen
- Elinkaaritalouden laskenta- ja analyysimenetelmien kehittäminen.

Ajoituksen suhteen asiantuntijat ennustivat, että kahden vuoden tähtämellä yhteensopivuus laajenee selvästi kattamaan uusia sovellusalueita ja useammat ohjelmistot tulevat olemaan yhteensopivia. Tänä aikana ei vastaajien mielestä ole näköpiirissä radikaaleja muutoksia prosesseihin tai toimintatapoihin.

3–5 vuoden aikana on näköpiirissä selvästi enemmän muutoksia. Yhteensopivuus tulee kattamaan suuren osan rakennusprojektien tietotarpeesta. Mallien tai malleja käyttävien järjestelmien älykkyys lisääntyy ja mahdollistaa esimerkiksi eri tyyppisen toiminnan hankintoja tehtäessä. Hankintaa voi tehdä Internetin välityksellä niin, että tuoteosia kuvaavaa tietoa voidaan vertailla keskenään entistä tehokkaammin. Mallien käyttö- ja ylläpitovaiheessa lisääntyy tänä aikana. Suurin vaikutus vastaajien mielestä tänä aikana on suunnitteluprosessiin. Erityisesti arkkitehtisuunnittelulle tarjoutuu mahdollisuus aivan toisen tyyppiseen liiketoimintaan, mikäli suunnittelu perustuu mallintamiseen eikä piirtämiseen. Tällöin arkkitehdin luoma tieto on käytettävissä muissa rakennushankkeen ja kiinteistön elinkaarien vaiheissa.

Asiantuntijoiden arvioidessa teknologian ja prosessien kehitystä yli viiden vuoden päähän syntyi jo varsin mielikuvituksellisia visioita mm. nanoteknologian soveltamisesta. Tähän aikajänteeseen arvioitiin kuitenkin esimerkiksi tuotemallitiedon ja taloautomaatiojärjestelmien integraatio. Myös viiden vuoden aikajänteeseen osuus uuden tyyppisten, tuotemalli-informaatiota hyödyntävien kiinteistönpidon palvelujen syntyminen. Näitä voivat olla kiinteistön käytön simulointi, kiinteistön kunnon seuranta mallipohjaista huoltokirjaa hyödyntämällä jne.

5. Neljä skenaariota

5.1 Tärkeimmät epävarmuustekijät

Edellisten lukujen tulosten ja tehdyn esiselvityksen perusteella kartoitettiin myös eri tekijöitä, jotka vaikuttavat tuotemallitekniologian kehittämiseen ja hyödyntämiseen. Tekijöistä arvioitiin mm. alan valmiutta soveltaa tietotekniikkaa, kiinteistönomistajien toiminnan muuttumisen vaikutuksia, alan ohjelmistokehitystä ja e-busineksen vaikutusta alaan.

Tutkimuksen tekijän arvion mukaan tärkeimmiksi tekijöiksi tuotemallintamista ja yhteensopivuutta koskevien skenaarioiden laatimisen kannalta erotettiin kaksi tekijää:

1. Tietojärjestelmien kehittämisen avoimuus

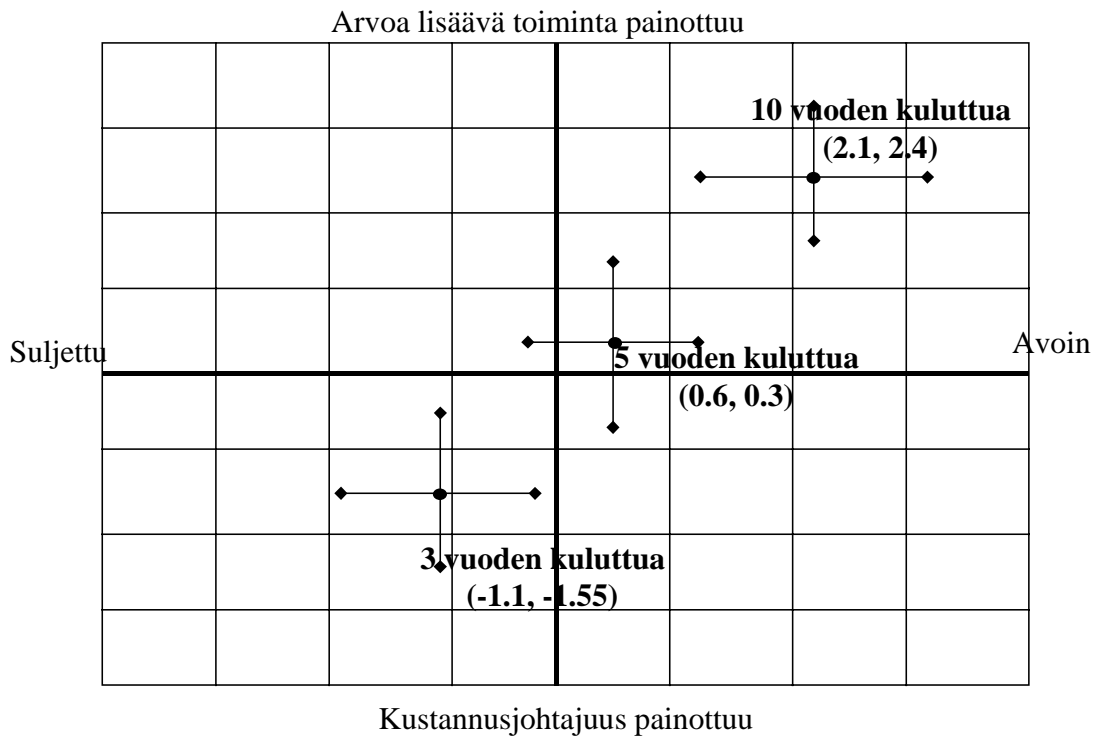
Ohjelmistokehityksen näkökulmasta avoin kehittäminen on eräs tapa taata yhteensopivuus. Siksi tiedonsiirtoon kehitetään tiedostomuotoja ja -määrittelyjä, jotka voidaan standardoida ja ottaa yhtenäisinä käyttöön kaikkien sovelluskehittäjien toimesta. Myös sovelluksia voidaan kehittää avoimiksi. Ääriesimerkkinä tästä voi toimia ns. ”open source” -menettely, jossa tuotettavan ohjelman lähdekoodi on julkinen ja kenen tahansa saatavilla. Sovellusta kehittävät tahot veloitetaan antamaan vastaavasti tekemänsä parannukset muiden käyttöön. Ohjelmistojen kehittäjät näkevät yhteensopivuuden itselleen sekä uhkana että mahdollisuutena. Ne, jotka uskovat suljetun tiedonsiirtomuodon muodostavan itselleen kilpailuedun, tukeutuvat suljettuun lähestymistapaan ja päinvastoin. Analogiaa voi hakea esimerkiksi teleoperaattoreiden toiminnasta ja tavasta, jolla GSM muotoutui alan avoimeksi ja yhteiseksi standardiksi Euroopassa, mutta USA:ssa vastaava kehitys ei ole onnistunut.

2. Kiinteistö- ja rakennusalan muutosvauhti kohti arvon lisäämiseen tähtäävää liiketoimintaa kustannustehokkuuden ja kustannusten minimoinnin sijaan

Kiinteistö- ja rakennusalan väitetään olevan hitaasti muuttumassa. Muutoksen tärkeimpänä liikkeellepanevana voimana ovat olleet alan asiakkaat. Oletuksena on, että asiakkaiden toiminta on muuttumassa vaativammaksi sekä ydintoiminnan että arvon tuoton ja säilymisen näkökulmasta, ympäristö- ja elinkaaritietoisemmaksi ja myös vaativammaksi itse rakentamisprosessin nopeuden, sujuvuuden ja palvelutason suhteen. Mitä selkeämmin muutos johtaa tähän suuntaan, sitä nopeammin on mahdollista syntyä kysyntää uuden tyyppisille palveluille ja tuotteille. Vastaavasti jos kehitys ei johda tähän suuntaan, korostuu rakentamisessa kustannusten pitäminen kurissa ja kilpailuedun etsiminen kustannusjohtajuudesta.

5.2 Halutuin trendi

Edellisen kahden trendin suhteen asiantuntijoilta pyydettiin arviota siitä, mihin suuntaan kehitys on menossa. Tehtävänä oli arvioida sitä, missä ala on seuraavien kolmen, viiden ja kymmenen vuoden sisään kirjaamalla kuvan 4 kaavioon vastaavat numerot. Kuvassa näkyy kaikkien 29 vastanneen osalta yhteenveto keskiarvoista ja hajonnasta. Selkeästi vastausten perusteella trendi näyttää olevan kohti avointa ja arvon lisäystä kuvaavaan alueeseen.



Kuva 4. Yhteenveto asiantuntijoiden arvioista oleellisimpien trendien suhteen.

Suurin osa asiantuntijoista sijoitti alan vasempaan alanurkkaan kolmen vuoden ajalle harvoja poikkeuksia lukuun ottamatta. Selkeästi arvioitiin alan siirtyvän hitaasti kohti oikeaa yläkulmaa ja optimistisimpien mielestä kiinteistö- ja rakennusala toimisi avoimia tietojärjestelmiä hyödyntäen ja arvonlisäämisen periaatteiden mukaan kymmenen vuoden kuluttua.

Arvon lisäys – avoimuus oli asiantuntijoiden mielestä selvästi halutuin suunta, vaikka poikkeaviakin arvioita annettiin. Useissa kommentteissa painotettiin kuitenkin, että siirtyminen kohti ”oikeaa ylänurkkaa” ei ole mitenkään yksiselitteistä tai yksinkertaista. Joidenkin asiantuntijoiden mielestä vaihe, jossa järjestelmät ovat selkeästi suljettuja ja tiettyjen ohjelmavalmistajien yksinomaisuutta, on tarpeen 3–5 vuoden tähtämellä, koska yleisiä standardeja ei ole vielä saatavilla. Toisaalta elektronisen liiketoiminnan yleistyessä leviävät yleiset standardit käyttöön myös rakennusosalalla ja nopeuttavat ke-

hitystä kohti avointa tiedonsiirtoa. Ohjelmistokehityksen osalta nousi esiin kysymys siitä, kuinka pitkään voi olettaa, että suljettu, yksittäisen toimittajan standardi varmistaa kyseisen toimittajan kilpailuedun muihin toimittajiin nähden. Tämä riippuu hyvin pitkälti alan suhdanteista ja markkinoiden kyvystä ottaa teknologiaa käyttöön. Mitä parempi suhdannetilanne, sen vähemmän on aikaa perehtyä eri valmistajien järjestelmiin. Mitä parempi kyky ottaa teknologiaa käyttöön, sitä matalampi kynnys vaihtaa järjestelmää.

5.3 Skenaariot

5.3.1 Neljä perusvaihtoehtoa

Edellisen perusteella tutkimuksessa luonnosteltiin neljä perusvaihtoehtoa skenaarioiksi. Kutakin tarkasteltiin yksityiskohtaisemmin eri näkökulmista, esimerkiksi hahmottamalla sitä, millainen markkina saattaisi olla tietyssä skenaariossa, millaisia ohjelmistotuotteita saattaisi olla tarjolla, miten alan yritykset ja ohjelmistotuottajat suhtautuvat riskinottoon, millainen politiikka leimaisi tutkimus- ja kehitystoimintaa, millainen rooli standardeilla saattaisi olla jne. Kustakin näkökulmasta spekulointiin sitä, millainen tilanne saattaisi olla, jos kehitys noudattaisi yhtä neljästä perusvaihtoehdosta. Kunkin perusvaihtoehdon osalta haettiin tarkoituksella ja ylikorostaen niitä tekijöitä, jotka erottavat skenaariot toisistaan. Kuvassa 5 on nimetty neljä eri perusskenaariota sen mukaan, mihin kehitys johtaa edellä esitettyjen kahden pääasiallisen epävarmuustekijän suhteen.



Kuva 5. Neljä perusskenaariota.

Kutakin neljästä perusskenaariosta tarkasteltiin erikseen useasta näkökulmasta. Skenaariovaihtoehtoista keskusteltiin tutkimuksen osana järjestetyssä asiantuntijaseminaarissa. Seminaarissa järjestettiin kolmelle eri ryhmälle kaksivaiheinen ryhmätö. Ensimmäisessä vaiheessa skenaarioiden luonteesta keskusteltiin ja perusteltiin valinta halutuimmasta vaihtoehdosta ja kuvattiin haluttua tilaa. Toisessa vaiheessa hahmoteltiin mahdollista reittiä kohti halutumpaa tilaa. Ryhmätöön tulokset on esitetty liitteessä A. Tässä luvussa tarkastellaan lisäksi kahta toisistaan eniten poikkeavaa skenaariota, joita kutsutaan nimillä ”avoimet arvoverkot konfiguroituvat projektien tarpeisiin” ja ”kustannustehokkaat jakavat kakun”. Nämä kaksi skenaariota valittiin tarkemman tarkastelun kohteeksi, koska ne tarjosivat eniten selkeitä vastakkainasetteluja. Näin voidaan saada selkeämmin esiin, miten nyt tehtävät päätökset saattavat vaikuttaa tulevaisuuteen, ei niinkään paremmin kohdalleen osuvia arvauksia siitä, millaiselta tulevaisuus näyttää esimerkiksi viiden vuoden kuluttua.

Avoimet arvoverkot konfiguroituvat projektien tarpeisiin

Skenaario edustaa asiantuntijoiden näkökulmasta halutuinta vaihtoehtoa sekä kyselytutkimuksen että järjestetyn seminaarin perusteella. Mikäli kehitys johtaa voimakkaasti tähän suuntaan, voidaan olettaa, että:

- Alan toimitusketjut ja projektimuodot vaihtelevat suuresti ja variaatioita eri sopimusmuodoiksi löytyy nykyistä huomattavasti enemmän. Uudet toimitusketjut ja projektimuodot ovat huomattavasti nykyistä integroituneempia tai ne kykenevät muotoutumaan (konfiguroitumaan) projektista riippuen nykyistä integroituneemmaksi joustavasti ja nopeasti hyödyntämällä kehittyneitä tietoteknisiä työvälineitä.
- Informaationsisällöltään huomattavasti rikkaampia avoimia tuotemalleja on tarjolla ja käytössä. Mallit tai mallien yhdistelmät kattavat informaation koko elinkaaren tarpeiden näkökulmasta, esimerkiksi sisältö kattaa toiminnallisuuden, elinkaaritaloudellisuutta koskevaa tietoa, yllä- ja kunnossapitoa koskevaa informaatiota.
- Mallitietoa tai mallia voidaan käsitellä erilaisilla, eri valmistajien sovelluksilla. Mallin versionhallintaan liittyvät ongelmat on ratkaistu.
- Mallitieto on saatavilla erilaisilla, eri valmistajien päätelaitteilla eri tarkoituksiin ja eri sovelluksilla. Osaa tiedosta voi hallita työmaalta eri työpisteistä käsin mobiileilla päätelaitteilla.
- Yritykset voivat muodostaa löyhiä yhteistyöverkostoja, jotka voivat yhteisesti arvioida rakennusprosessin sujuvuutta tai rakennettavuutta virtuaalisesti, ts. rakentaa kuvaruudulla ennen kuin lapio on isketty maahan. Yhteistyöverkosto voi vielä määritellä tässä vaiheessa rooleja, toimenkuvia, vastuurajoja, sopimusmuotoja ja poistaa tai lisätä jäseniä projektikokoonpanoon.

- Päätöksenteko perustuu myös rakennuksen elinkaartiloudellisuuteen. Kustannusten ja arvon muodostuminen ja eri ratkaisuvaihtoehtojen tarkastelu voidaan tehdä samanaikaisesti ja variaatioita voidaan testata niiden taloudellisuuden näkökulmasta huomattavasti nykyistä laajemmin.

Skenaariossa ohjelmistojen kehittäminen perustuu omistajien ja teollisuuden asettamiin tarpeisiin ja vaatimuksiin. Ala itse toimii kehitystyön suuntaajana ja aktiivisena yhteistyökumppanina ohjelmistotuottajille. Erityisesti kiinteistönomistajat ovat aktiivisesti mukana kehitystyössä sekä vaatimassa uuden tyyppisiä palveluita, esimerkiksi olemassa olevien rakennusten mallintamista kuntoarvioinnin tai -tutkimusten yhteydessä. Taulukossa 2 on tarkasteltu joitain oleellisia ”avointen arvoverkostojen” skenaarion ominaisuuksia.

Taulukko 2. ”Avoimet arvoverkot” -skenaarion piirteitä.

Aihe	Piirteet
Kiinteistö- ja rakennusalan markkinat	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Syntyy uusia, nousevia markkinoita eri tyyppisille asiantuntijapalveluille, jotka perustuvat tiedon arvoon resurssien myynnin sijaan. Erityisesti suunnittelun kilpailukyky paranee ratkaisevasti. ▪ Kilpailuetu saavutetaan osoittamalla etukäteen (jopa virtuaalisesti) paras palvelu, elinkaari-taloudellisin vaihtoehto, asiakasta eniten miellyttävä vaihtoehto tai muu lisäarvo maksavalle asiakkaalle. ▪ Markkinoille tulon suurin kynnys on osaaminen, pääomien saatavuus on toisella sijalla. ▪ Osa yrityksistä hallitsee riskiton ja mekanismit synnyttää uusi markkina tai luoda kysyntää. ▪ Kilpailu on globaalia – myös osin keskusurten yritysten välillä, vaikka projektit muodostuvat paikallisesti tai pääosin paikallisin resurssein. ▪ Omistajien ja kiinteistönhallintayritysten rooli on korostunut loppuasiakkaan palvelijana tai toisaalta rooli on saattanut osin sulautua lähemmäksi perinteistä urakointia. ▪ Tuoteosien ja materiaalien valmistamisessa informaation osuus tuotteesta ja kilpailukyvyistä muodostuu oleelliseksi tekijäksi. Informaation välittäminen integroituu osaksi kauppatappaa ja jakelukanavaa.
Ohjelmisto- ja tietotekniikkapalveluiden markkinat	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Järjestelmien ja tietorakenteiden avoimuus on saanut aikaan saman efektin kuin GSM-standardin osalta teleoperaattoriliiketoiminnassa. Palveluita on paljon tarjolla, kilpailijoita on runsaasti mutta markkinakin on selvästi volyymiltaan suurempi kuin ilman avoimia, standardoituja rakenteita. ▪ Markkinoille tulo on uusille yritykselle helppoa, joskin yritysten keskimääräinen elinkaari on myös lyhyt. Markkinoille tulon suurin kynnys on löytää lisäarvo tuotteen käyttäjälle ja osaaminen. ▪ Kilpailuetu saavutetaan pääosin ohjelmiston sisällöllisillä tai muilla toiminnallisilla ominaisuuksilla kuin tiedonsiirto tai tiedonsiirtoon liittyvät määrittelyt ja rakenteet.
Teknologia- ja tutkimuspoliittiset linjaukset	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Teknologia nähdään alustana prosesseihin liittyvien ongelmien ratkaisuun tai uusien mahdollisuuksien kehittämisen alustana. ▪ Tutkimusrahoitus suunnataan tiedonsiirroltaan avointen järjestelmien ja integraatiota tukevien ratkaisujen kehittämiseen. ▪ Kansainvälisesti hyväksytyjen, koordinoitujen ratkaisujen löytämistä tuetaan. ▪ Tapoja jakaa riskiä ja potentiaalista kehittämisen hyötyä yritysten yhteistyöhankkeissa on kehitetty niin, että alalla kyetään entistä tehokkaammin kehittämään prosesseja ja järjestelmiä yritysten yhteistyönä. ▪ Tulosten ja teknologian implementoinnille on suunnattu riittävät resurssit ja organisatoristen, juridisten sekä valmennukseen ja koulutukseen liittyvien ongelmien ratkaisemiseen on kiinnitetty riittävästi huomiota.
Alueet prosessien uudelleen suunnittelulle	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tavat, joilla loppukäyttäjän kanssa kommunikoidaan, ovat muuttuneet radikaalisti. Käyttäjät kykenevät näkemään lähes todellisina sen, millaiseksi heidän tilansa tai ratkaisunsa on muodostumassa ja pääsevät aidommin vaikuttamaan lopputulokseen ja samalla näkemään kustannusvaikutuksen. ▪ Suunnitteluprosessit ovat muuttumassa pääosin kolmiulotteiseksi mallintamiseksi. ▪ Ylläpitovaiheessa käytetään mallitietoa useissa uudentyyppisissä prosesseissa ja palveluissa (esimerkiksi mallin avulla tapahtuva vikapaikannus, malliin perustuvan analyysin pohjalta uudelleen konfiguroituvu ilmastointi, kiinteistön käytön opastus, hätätilanteiden simulointi). ▪ Tilahallinta, muutostöiden spesifointi, palvelujen hankinta yms. Ylläpidon aikaiset jo olemassa olevat prosessit hyödyntävät mallia ja turhia vaiheita voidaan prosesseista vähentää. ▪ Projektien johtaminen muuttuu ”virtuaaliseksi”, projektin eri vaiheita voidaan tarkastella etukäteen tietokoneella. Sekä projektin johtamiskäytännöt että suunnittelukäytännöt muuttuvat tältä osin. ▪ Hankintatoimen osalta (sekä omistajan kilpailuttaminen ja urakoitsijan hankintatoimi) prosessit ovat muuttuneet radikaalisti. ▪ Projektien laadunvarmistuskäytännöt muuttuvat radikaalisti toisenlaisiksi ja painottavat aidosti ennaltaehkäisyä ja erilaisten vaihtoehtojen läpikäyntiä riskinottamisen näkökulmasta. ▪ Tuoteosien ja materiaalien toimittamisessa informaation tuotto ja välitys liittyy oleellisenä, integroituna ja älykkäänä osana sekä suunnitteluprosessiin että hankintaan.

Skenaarion elävöittämisiksi voi spekuloida millaiset ohjelmistosovellukset ja tuotteet saattaisivat menestyä markkinoilla. Tiedonsiirron standardien avoimuus ja alan orientoituminen arvontuottoon mahdollistavat esimerkiksi:

- Erilaisten malliin kohdistuvien analyysipalvelujen (mallien tarkastaminen, mallien ominaisuuksien laskeminen ja simulointi) välittämisen Internetin kautta ilman, että analyysin tekijän tarvitsee fyysisesti tavata asiakastaan. Erilaisia ”mitä-jos” -analyysijä kyetään tuottamaan erilaisilla välineillä ja erilaisten asiantuntijoiden näkökulmista loppuasiakkaan vaatimusten mukaisesti. Erityisesti elinkaaritaloutta ja elinkaaren aikaista käyttöä koskevia analyysipalveluita on runsaasti tarjolla.
- Visualisointiin käytettävien työkalujen ja vaihtoehtojen määrä ja tarjonta on suuri verrattuna skenaarioihin, joissa tiedonsiirto perustuu suljettuun, toimittajakohtaiseen muotoon. Esimerkiksi stereoskooppisilla neljäulotteisilla (3D + aikataulutus) ”sil-mälaseilla” voidaan tarkastella mitä mallia tahansa.
- Projekteissa kumuloitunutta tietoa voidaan hyödyntää uudelleen hyvin laajasti, koska tietoon kohdistuvat haut ja operaatiot on helppo organisoida.
- Markkinoilla on projektipankkipalveluita, jossa koko projektin tieto on organisoitu yhdelle palvelimelle tai loogiseen sijaintipaikkaan tuotemalliksi ja sitä kyetään käsittelemään erilaisilla sovelluksilla.
- On tarjolla kirjo mobiileja tiedonhallintasovelluksia, joilla mallitietoa kyetään (esimerkiksi viime mainittu palvelu) välittämään suuremmalle joukolle tarvitsijoita. Tieto on saatavilla koko toimitusketjusta.
- Tuotekirjastot noudattavat samaa mallirakennetta ja tuotetietoon kyetään kytkemään älykkyyttä. Esimerkiksi tietyn toimittajan tuotteen malli voidaan istuttaa arkkitehdin koko rakennuksen malliin, jossa se säättää itsensä esimerkiksi sopiviin mittoihin tai ilmoittaa käyttäjälle, mikäli jokin arkkitehdin määrittelemistä käyttöolosuhteista on väärä suhteessa valittuun tuotteeseen.
- Olemassa olevien kiinteistöjen mittaamiseen ja mittaustulosten perusteella mallin tuottamiseen on olemassa pitkälle automatisoitu palvelu.
- Projektiryhmien työskentelyä varten on tarjolla ryhmätyöympäristöjä, joissa kolmi- ja nelikulotteisia malleja voidaan tarkastella yhdessä ja eri näkökulmista.

”Kustannustehokkaat jakavat kakun”

Toiseksi tarkasteltavaksi skenaarioksi on valittu toinen ääripää suhteessa valittuihin epävarmuustekijöihin. Siinä oletetaan, että ohjelmistokehityksessä painotutaan tiedonsiirrotaan suljettuihin, yksittäisten ohjelmistotoimittajien omiin ratkaisuihin. Vaihtoehdossa oletetaan myös, että muutosta kohti arvonnäkökulmaan perustuvaa liiketoimintaa ei ole näköpiirissä, vaan kilpailukyky perustuu edelleen kustannusjohtajuuteen. Oletuksena on, että alalla tapahtuu voimakasta polarisoitumista siten, että suuret yritykset hakevat mittakaavaetuja ja sitä kautta kustannusjohtajan asemaa, ja toisaalta pienet yritykset

keskittyvät tiettyihin erikoissegmentteihin tai toimivat paikallisesti matalalla organisaatiolla ja pienin yleiskuluin. Tällöin voidaan olettaa, että skenaariolle on ominaista mm.

- Alan toimitusketjuja ja projektimuotoja pyritään standardisoimaan ja vakiomaan. Toimijoiden roolijako ei radikaalisti muutu lukuun ottamatta suuria yrityksiä, joille on mahdollista integroida prosessia oman yrityksen sisällä.
- Tuotemallintaminen on käytössä niillä osapuolilla, joilla on varaa investoida mallintamiseen vaadittavaan teknologiaan ja jotka kykenevät saavuttamaan mallintamisen avulla niin selkeitä kustannussäästöjä, että investoinnit ovat perusteltuja. Mallit kattavat sen informaation, jonka tietty ketjun osa kulloinkin tarvitsee ja siirto osapuolelta toiselle perustuu saman ohjelmiston hyödyntämiseen. Tarjolla on mallitiedon ”käännöspalveluita”, joiden avulla eri osapuolten välisiä yhteensopivuusongelmia voi ratkaista.
- Malleja voidaan käsitellä ja hyödyntää sellaisilla sovelluksilla, jotka ovat yhteensopivia tietyn valmistajan tuoteperheen kanssa.
- Projektitietopankeissa malleja hyödynnetään projektiosapuolten yhteisesti sopiman ohjelmistoperheen – joka samalla toimittaa todennäköisimmin myös suunnitteluohjelmistot – tarjoaman palvelun pelisääntöjen ja reunaehtojen mukaisesti.
- Mallitiedon välittäminen tai manipulointi mobiileilla laitteilla onnistuu, jos tiedonsiirtoformaatti sallii operoinnin. Yhteisten standardien olemassaolo on epätodennäköisempää kuin edellisessä skenaariossa, mutta palveluiden tarjoajilla saattaa olla vaihtoehtoisena ratkaisuna esittää erilaisiin välittäjäohjelmiin perustuvia sovelluksia.

Taulukossa 3 on käsitelty skenaarioon liittyviä piirteitä samaan tapaan kuin edellisessä luvussa.

Taulukko 3. ”Kustannustehokkaat jakavat kakun” -skenaarion piirteitä.

Aihe	Piirteet
Kiinteistö- ja rakennusalan markkinat	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Markkinaa kuvaa tiukka kilpailu, jossa kustannusjohtajuudella synnytetään etumatkaa muihin. Kiinteistömarkkina on hyvin syklinen. ▪ Loppukäyttäjät ja omistajat eivät toimi aktiivisina toimijoina prosessissa eivätkä juurikaan osallistu kehitystoimintaan. ▪ Omistajat ovat keskittyneitä ja seuraavat hyvin tiukasti investointiensa tuottavuutta lyhyemmällä aikajänteellä kuin edellisessä skenaariossa. Omistaja-rakentajaroolijako on selkeä ja toiminnot erillisiä.
Ohjelmisto- ja tietotekniikka-palveluiden markkinat	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 2–3 hyvin dominoivaa ohjelmistotaloa hallitsee kutakin markkinan osaa, esimerkiksi suunnitteluohjelmistoja ja sen ympärille kehitettyjä oheissovelluksia. ▪ Ohjelmistotoimittajat lisäävät ohjelmiinsa ominaisuuksia ja lisäyksiä sitä mukaa kun markkinoilla on näköpiirissä kysyntää. Riskejä markkinan luomiseen ei haluta ottaa. ▪ Ohjelmistokokonaisuudet eroavat alueellisesti hyvin runsaasti toisistaan. USA:ssa, Euroopassa ja Japanissa noudatetaan eri standardeihin pohjautuvia ohjelmistoja. ▪ Pienet ohjelmistokehittäjät pohjaavat tuotteensa suurien, dominoivien yritysten standardeihin.
Teknologia- ja tutkimus-poliittiset linjaukset	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Varsinaista, yhtenäistä politiikkaa tai koordinoituja kokonaisuohjelmia ei ole, teknologian kehittäjät nojaavat kysyntään eivätkä pyri ohjaamaan kehitystä mihinkään tiettyyn suuntaan. ▪ Teknologian soveltaminen on hyvin yritysکوhtaista. Yritysten tekemän tuotekehityksen ja perustutkimuksen välimaastossa ei ole paljonkaan tilaa yritysryhmien väliselle tai muulle, julkiselle tutkimukselle.
Alueet prosessien uudelleen suunnittelulle	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Toimitusketju ei kokonaisuutena muutu. ▪ Tarjoustoiminta ja hankinta muuttuu oleellisesti tehokkaammaksi ja nopeammaksi. Tarjous-ten käsittely muistuttaa enemmän osakekauppaa pörssissä. ▪ Suuri osa suunnittelufirmoista on siirtynyt mallipohjaisiin prosesseihin. Osa on päässyt ”ho-visuunnittelijan” asemaan yrityksiin, jotka käyttävät samoja mallintamistyökaluja. ▪ Kiinteistönomistajat eivät hyödynnä tuotemallitietoa omassa toiminnassaan. Erilaiset muut toiminnanohjausjärjestelmät tyydyttävät kiinteistösalkkujen hallintaan kohdistuvat tarpeet tehokkaammin. ▪ Kehittyneimmät osapuolet ovat luoneet itselleen prosesseja mallitiedon hyödyntämiseksi uusissa projekteista ja kykenevät siten nopeuttamaan oleellisesti toimintaansa.

Uusina, nousevina teknologioina kehitetään erilaisia nykyisen kaltaisten prosessien luotettavuutta ja tehokkuutta lisääviä ratkaisuja. Mm. aliurakoitsijoiden ja toimittajien luotettavuuden arviointiin on kehitetty sovelluksia, joilla varmistetaan nopeasti ja tehokkaasti toimittajien taustat ja referenssit. Elektroninen laskutus osapuolten välillä on yleistynyt.

Tuotemallintamisen kiinnostavinta uutta edustavat erilaiset mallien kääntöohjelmistot, jotka kykenevät muuntamaan mallin tietorakennetta eri tarkoituksia vastaavaksi tai eri ohjelmistojen tiedonsiirtoformaateista toiseen. Tuotemallien ”älykkyyttä” on myös kyetty suurten ohjelmistotalojen johdolla lisäämään. Esimerkkinä tällaisesta kehityksestä voi olla vaikkapa CAD-ohjelmiston ominaisuus, jonka avulla mallin sisältö voidaan tarkistaa automaattisesti vaikkapa suhteessa rakennusmääräyksiin tai omistajan asettamiin vaatimuksiin tilan tehokkuuden suhteen.

Suuret ohjelmistotoimittajat ovat kehittäneet entistä kokonaisvaltaisempia paketteja, joita voi täydentää erilaisilla, ohjelmistotoimittajan kumppaneiden kehittämällä applikaatioilla, esimerkiksi tiedonsiirtoon mobiilien päätelaitteiden välillä. Suurilla toimittajilla on myös tarjota nykyistä huomattavasti kehittyneempiä projektin tiedonhallinnan palvelukokonaisuuksia. Ominaisuudet ulottuvat huomattavasti pidemmälle kuin pelkkä tiedon organisoitu säilöminen. Suurimpien ohjelmistotalojen projektipankkipalvelut kykenevät tarjoamaan alustoja jopa virtuaaliselle rakentamiselle, pienemmät tarjoavat spesifisempiin tarpeisiin esimerkiksi tuotemallin ja taloautomaatiojärjestelmien yhdistelmällä perustuvan kiinteistöjen valvontaan ja kunnon ylläpitoon.

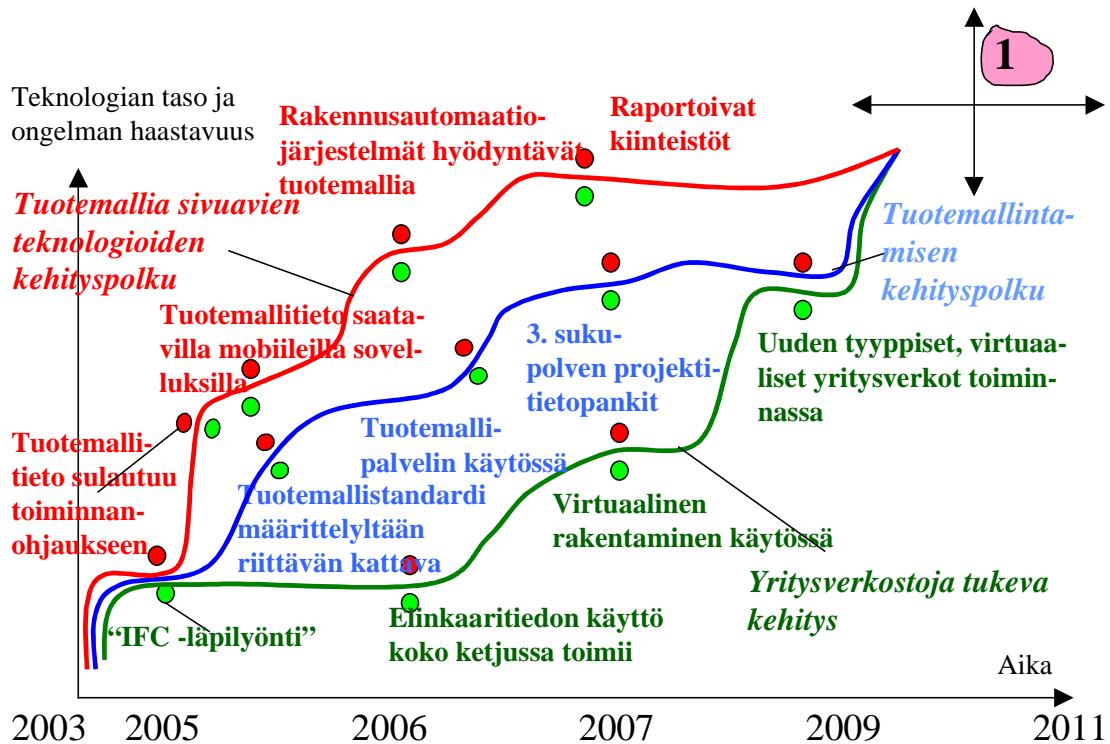
6. Vaihtoehtoisia teknologiapolkuja

Erilaisiin skenaarioihin voi päätyä eri reittejä pitkin, eikä etukäteen ole oikeastaan edes mahdollista sanoa, mikä voi olla se reitti, jota pitää tai kannattaa noudattaa. Edessä näkyvien polkujen hahmottaminen auttaa tekemään valintoja ja varsinkin helpottaa reagoimista, mikäli olosuhteissa on näkyvissä muutoksia ja suunnan vaihtamista joudutaan harkitsemaan. Tutkimuksessa pyrittiin hahmottamaan erilaisia polkuja kohti neljää eri skenaariota ja erityisesti tunnistamaan oleellisia, kehittämisen varrelle osuvia teknologian läpilyöntejä. Tässä luvussa esitetään erilaisia teknologiapolkuja, jotka johtavat kohti edellä esitettyjä vastakkaisia skenaarioita.

Teknologiapolkujen taustana toimii mm. Charles Hanin luentomateriaali tuotemallintamisen erilaisista lähestymistavoista, [Han, 2002], IAI:n tekemä työ yhteensopivuuden edistämiseksi sekä erilaiset muut standardointia koskevat, toisistaan poikkeavat lähestymistavat. Osa taustaa on myös tämän tutkimuksen delphi-kysely ja siinä tehdyt arviot teknologian kehityksestä ja sen ajoituksesta.

6.1 Kaikenkattava tuotemalli

Ensimmäinen polku, kuvassa 6 esitetty kuva kohti ”avoimet arverkot” -skenaariota, pohjautuu teoriaan, että on synnytettävissä koko kiinteistön elinkaarta koskeva tieto joka voidaan esittää standardoidussa muodossa yhteensopivuuden kaikkein haastavimmilla tasolla (ks. luku 1).



Kuva 6. ”Kaikenkattavan” mallintamisen teorian mukainen teknologiapolku.

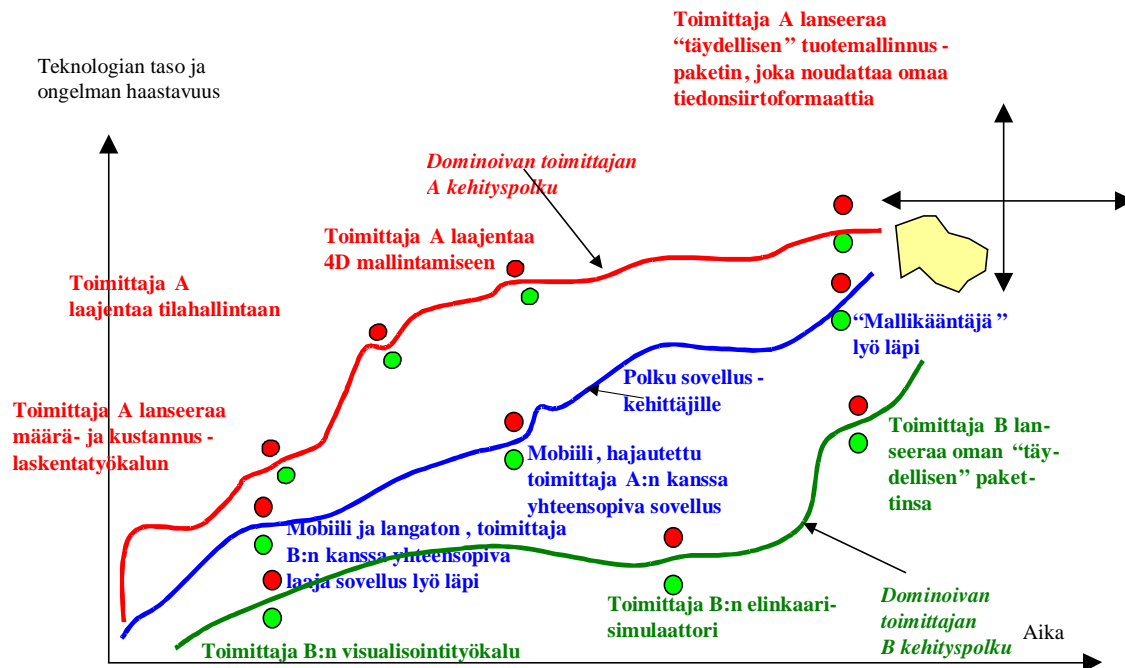
Kuvassa 6 esitetään kolme erillistä, toisiaan täydentävää polkua kohti todennäköistä tulevaisuuden tilaa. Vastaavasti reitin varrella on esitetty ”reimareita”, jotka edustavat kehityksen kannalta oleellisia tai mahdollisia läpilyöntejä. Yksi poluista edustaa kehitystä erilaisten uusien liiketoimintaverkostojen kehityksessä, toinen pyrkii hahmottamaan teknologian kehitystä tuotemallintamisen alueella ja kolmas kehitystä muiden, yhteensopivuuden kannalta merkittävien tietoteknisten ratkaisujen kehittämisessä. Kuva 6 perustuu siihen oletukseen, että tuotemallistandardit ovat jo yleistyneet tai lyöneet itsensä lävitse markkinoilla, esimerkiksi IFC-standardista on tässä vaiheessa saattanut tulla ohjelmakehityksen merkittävin pohja. Liitteessä B on esitetty lyhyen tähtäimen polku nykytilasta tilaan, jossa yleinen standardi on lyönyt itsensä läpi.

Tämän polun periaate on, että mitä rikkaampi malli sitä paremmin se toimii. Voidaan olettaa myös, että teknologian kehitys on kyennyt ratkaisemaan mallintamiseen liittyvän versionhallinnan ja mallia voidaan joustavasti käyttää arkkitehdin pöydältä lähtien kiinteistönhallinnan sovelluksiin asti esimerkiksi tuotemallipalvelimen periaatetta noudattamalla. Tietosisällöltään monipuolinen ja rikas malli palvelee joustavasti useita erilaisia sovelluksia, ja läpilyöntejä esimerkiksi taloautomaation tiedonsiirtostandardien ja tuotemallintamisen yhdistämisestä on saatu aikaiseksi. Teorian kaikenkattavan mallin aikaansaaminen voi kenties olla mahdollista, mutta yleinen kritiikki tätä lähestymistapaa vastaan on, että standardoidun esitystavan aikaansaaminen tällaisesta mallista on käytännössä liian hidasta yleiseen tietotekniikan kehitykseen nähden. Lähestymistapaa voi

pitää tämän takia teoreettisena. Käytännössä mallintamiseen liittyvä standardointityö ei noudata tätä lähestymistapaa, mutta oleellista on ymmärtää lähestymistapa yhtenä ääri-vaihtoehtona.

6.2 ”Kahden välinen” tiedonsiirto lähestymistapana

Voidaan spekuloida, että mikäli kustannustehokkuus otetaan lähtökohdaksi, on todennäköisempää, että eri sovellusten kehittäjien välillä syntyy sopimuksia tai menettelyjä siitä, miten sovellusten tai ohjelmistoperheiden välinen tiedonsiirto organisoidaan. Vaihtoehtoina voi olla myös erilaisten käännohjelmien käyttö tai rajatun käyttökohteen tietorakenteesta sopiminen. Kuvassa 7 on esitetty kohti ”kustannustehokkaat jakavat kakun” -skenaariota kulkevia vaihtoehtoisia polkuja. Etenemistavan hyötynä on se, että saadaan nopeasti aikaan toimivia tuloksia ja sovelluksia ja ne voidaan tehdä sovel-luskohteen tai tarpeen mukaisiksi. Haittapuolena on se, että lähestymistapa ei tue jo ennestään hajallaan olevan alan prosessien integroitumista jollei luoteta siihen, että pienistä osakokonaisuuksista muodostuu markkinan kehityksen mukana ilman ohjausta kokonaisuutta palvelevia ratkaisuja.



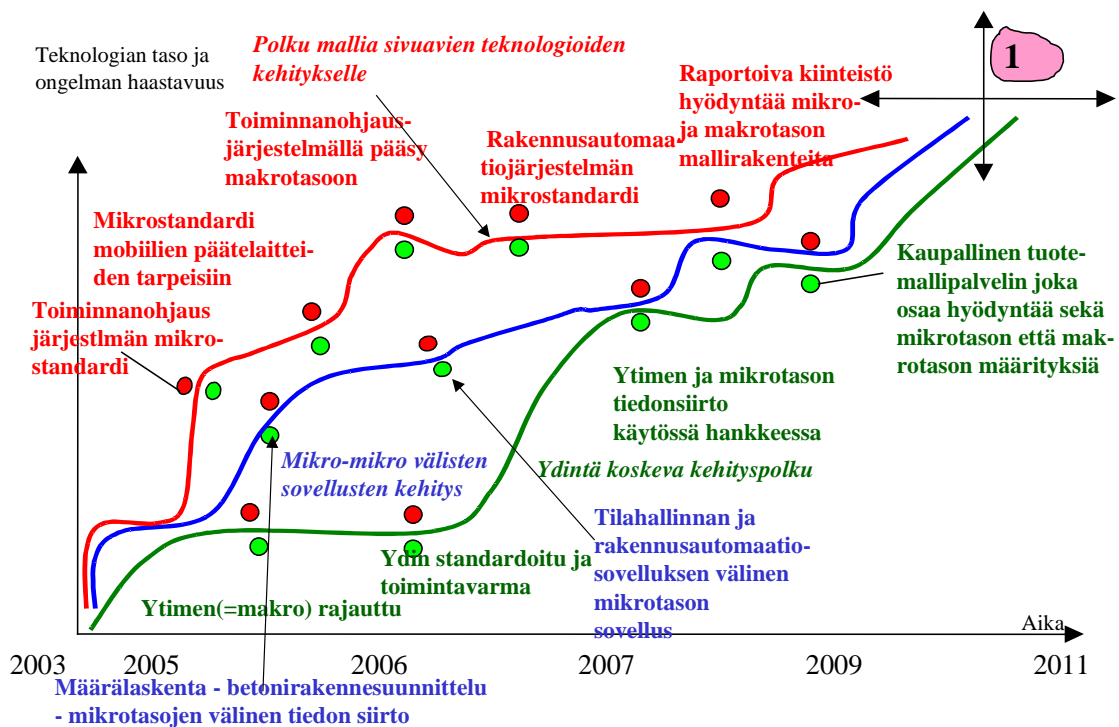
Kuva 7. Kahdenväliseen sopimiseen perustuvia vaihtoehtoisia polkuja ohjelmistotoimittajan mukaan jaoteltuna.

Kuvassa 7 on esitetty hypoteettiset polut kahden dominoivan ohjelmistovalmistajan ja heidän kumppaneidensa näkökulmasta. Suuret valmistajat pyrkivät viemään kehitystä askel askeleelta kohti hyvin kattavaa ohjelmistoperhettä. Ohjelmistojen kehittäminen

perustuu täysin valmistajien omiin tiedonsiirtoformaatteihin, joita jaetaan vain osittain esimerkiksi täydentävää sovelluskehitystä tekevien kumppaneiden kanssa.

6.3 "Mikro- ja makrotason" mallintaminen lähestymistapana

Vaihtoehdoksi edellisille, tavallaan molempien välimaastoon, sopii lähestymistapa, jota voidaan kutsua "mikro- ja makrotason" mallintamisen sujuvaksi hyödyntämiseksi yhdessä. Kuvassa 8 on hahmotettu yhtä vaihtoehtoa teknologiapoluksi tätä lähestymistapaa noudatettaessa. Polku johtaa ensin kohti avoimia järjestelmiä ja on vaihtoehto, mikäli halutaan kulkea kohti "avoimet arvoverkot" -skenaariota.



Kuva 8. Teknologiapolkuja mikro-makrotason tiedonsiirron koordinoituun hyödyntämiseen perustuvaan lähestymistapaan.

Tälle lähestymistavalle ja sitä koskeville teknologiapoluille on oleellista tuotemallitiedon ytimen määrittely. Ydin voi puhtaimmillaan olla rakennuksen geometriaa koskevien tietojen rakenteen määrittely. Loppu tiedonsiirtoa varten koskevista määrittelyistä kehitetään eri osa-alueiden tarpeen mukaan itsenäisesti. Näitä "mikrotason" määrittelyjä voi syntyä ytimestä riippumatta tai ytimen määrittelyiden kanssa yhtenevästi mikrotasoa kehittävien tahojen tarpeiden mukaan.

7. Mahdollisia vaikutuksia kiinteistö- ja rakennusalalle

7.1 Toimintatavat muuttuvat

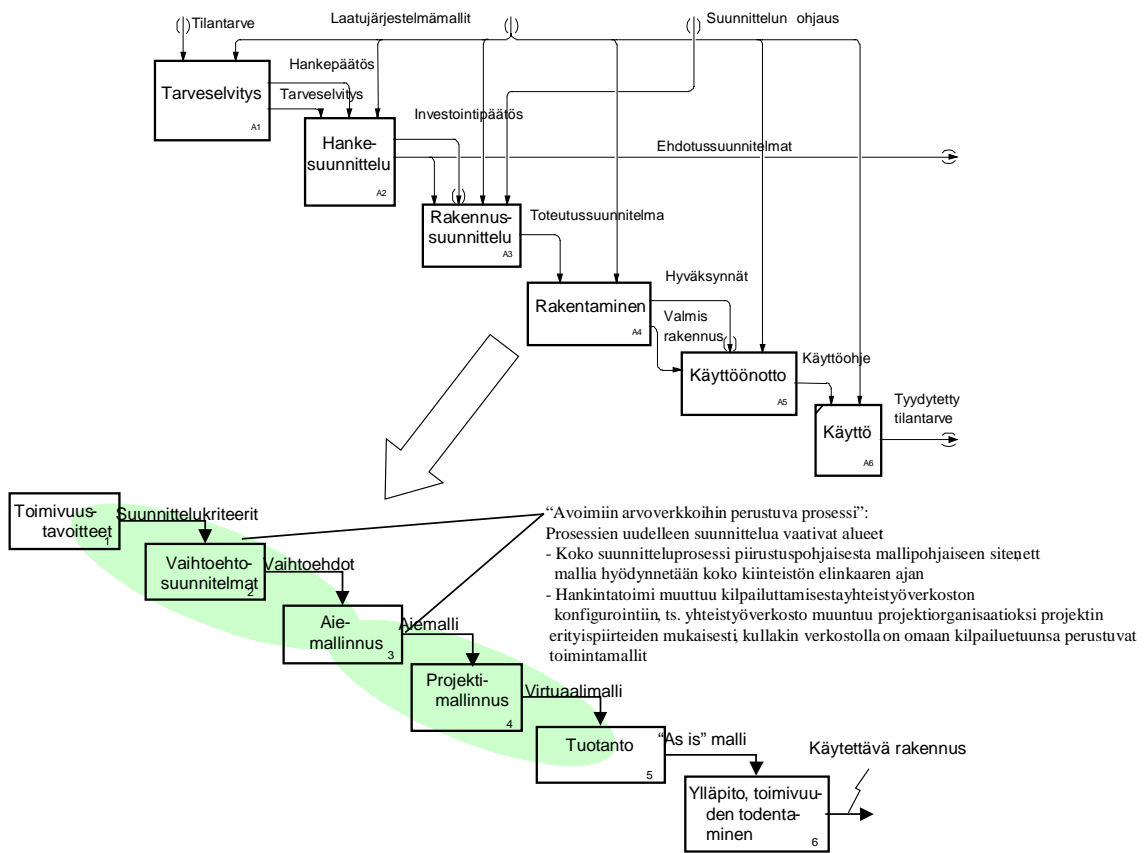
Tutkimuksessa kartoitettiin sekä haastatteluissa että kyselytutkimuksessa niitä alueita, joissa prosesseja joudutaan tai niitä on mahdollista muuttaa, jotta teknologiasta saataisiin paras mahdollinen hyöty irti. Teknologian vaikutukset toimintaprosesseihin vaihtelevat hieman riippuen siitä, mitä skenaariota halutaan tarkastella. Luonnollisesti radikaaleimmin muutoksia tapahtuu, mikäli kiinteistö- ja rakennusalalla trendi suuntautuu kohti arvon tuottoa ja siksi luvussa 4 esitetyn nelikentän yläpuoliset vaihtoehdot ovat mielenkiintoisimpia tarkasteltavia. Mikäli tietojärjestelmien kehitys on avointa, oletetaan myös prosessien kehittämisen tapahtuvan avoimemmin ja tietotekniikalla voidaan tällöin tukea eri osapuolten liittymistä uuden tyyppisiin prosesseihin ja yritysverkostoihin joustavammin ja nopeammin. Avoin lähestymistapa tarjoaa matalamman kynnyksen niin soveltamiselle kuin käyttöönotolle ja siksi prosessien kehittäminenkin voi tapahtua alan kannalta kattavammin. Tällöin myös ohjelmistotoimittajien rooli on enemmän tukeva kuin ohjaava. Suljettu kehitys antaa prosessien kehittämisessä etumatkaa niille, joilla on varaa investoida tehokkaammin suljettuihin ratkaisuihin. Tällöin kynnys sovellusten kehittämiselle ja käyttöönotolle on suurempi ja ohjelmistotoimittajien rooli voi olla ohjaavampi.

Koko kiinteistön elinkaaren aikaisten prosessien uudelleen suunnittelua tapahtuu eri tasoilla, ja mitä yksityiskohtaisempaan tarkasteluun mennään, sitä enemmän vaihtoehtoja löytyy. Kattavaa listaa siitä, mitkä kaikki prosessit tulevat muuttumaan ja missä järjestyksessä, on hyvin vaikea laatia. Sen sijaan esimerkkien antaminen voi antaa uusia ideoita, helpottaa hahmottamaan vaihtoehtoja ja voi toimia pohjana erilaisessa kehitystyössä. Liitteessä C on kuvattu esimerkkejä hankintatoimen prosessimuutoksista ja teräsrakenteiden suunnittelu- ja toimitusprosessin muutoksesta.

Kuvassa 9 on esitetty yksi vaihtoehto siitä, millaiseksi tyypillinen rakennushanke⁶ voi muuttua. Tuotemallintamisen kannalta hankkeessa tulee kriittiseksi se, miten mallia käsitellään prosessin eri vaiheissa ja millä pelisäännöillä varmistetaan tiedon säilyminen halutussa muodossa ja sen jakelu hallitusti. Mielenkiintoiseksi tarkastelu tulee, kun otetaan huomioon, että mallitietoa tulee kyetä käyttämään hallitusti tarjousprosessissa ja hankintatoimessa sekä muissa kaupankäyntitilanteissa. Tällöin vastaan tulevat nopeasti nykyisten, vakiintuneiden hankemuotojen rajoittuneisuus parhaan mahdollisen tuote-

⁶ ”Vanha toimintatapa”, ks. esim. [Karhu & Lahdenperä, 1999]

mallintamisen soveltamisen näkökulmasta. Voidaan sanoa, että uusi teknologia vähintäänkin haastaa vanhat tavat toimia muuttumaan erittäin radikaalisti.



Kuva 9. Alueita joissa rakentamisprosessissa on näköpiirissä muutostarpeita.

Radikaalein koko prosessia koskeva muutos on, että hyvin merkittävä osa itse rakentamistapahtumasta ja myös rakennuksen toiminnasta sen käytön aikana voidaan mallintaa virtuaalisesti, ts. tehdä rakennus tietokoneella ennen kuin varsinainen fyysinen rakentaminen on edes alkanut. Tärkeimmät alueet, joissa muutoksia voi selvästi olla havaittavissa ja joissa tuotemallin käytöllä voi olla merkittävä rooli, ovat:

- Prosessit, jotka koskevat kommunikointia ja yhteistyötä loppukäyttäjien ja asiakkaiden kanssa. Loppukäyttäjät ja muut asiakasta edustavat tahot voivat päästä tehokkaammin mukaan määrittelemään tavoitteita ja käsittelemään vaihtoehtoja ja niiden vaikutusta koko elinkaaren aikana. Eri vaihtoehtotarkastelujen perusteella prosessi voidaan tuottaa ”aiemalliseksi”, jota on käsitelty arkkitehdin, omistajan ja käyttäjien kesken ja jossa on riittävä tietosisältö tarkempaa rakennettavuustarkastelua varten ja jossa on kyetty tarkastelemaan kiinteistön toimivuutta ja suorituskykyä karkealla tasolla. Perusta investoinnille on voitu luoda tässä vaiheessa sekä loppukäytön tarpeiden että elinkaaritalouden ja investointilaskelmien perusteella.

- Suunnittelu muuttuu erittäin radikaalisti piirustusten tuottamisesta mallintamiseksi. Muutos koskee kaikkia suunnittelualoja. Muutos pakottaa eri suunnittelualat toimimaan tiiviimmin yhteistyössä, tarkastelemaan erilaisia vaihtoehtoja samanaikaisesti kunkin alan näkökulmasta ja käsittelemään mallia omista lähtökohdistaan omilla työkaluillaan. Aiemalli muuttuu suunnitteluprosessin aikana rikkaammaksi ja siihen voidaan kohdistaa analyysejä useista näkökulmista. Prosessissa voidaan tässä vaiheessa myös mennä taaksepäin ja tarvittaessa määritellä tavoitteita ja aiemallia uudelleen – kuten suunnittelulle on usein ominaista. Myös raja rakentamisen valmistelun suuntaan tulee huomattavasti epäselvemmäksi, koska suunnittelun edetessä voidaan käyttää urakoitsijan asiantuntemusta rakennettavuuden analysointiin. Aiemalli on muuntunut pikkuhiljaa rakennettavuusmalliksi.
- Rakentamisen valmistelu ja aikataulujen laatiminen muuttuu selvästi enemmän mallin avulla tapahtuvaksi virtuaaliseksi rakentamiseksi. Rakennettavuutta, eri rakennusosien ja tilojen suunnittelua voidaan tehdä samanaikaisesti kuin itse rakentamistapahtuman suunnitelmaa. Vaihtoehtoisia rakennusjärjestyksiä voidaan tarkastella samaan aikaan kuin suunnitelmaa muutetaan. Esimerkiksi teräsosien pystyttämistä voidaan vertailla betonielementtivaihtoehtoon ja valinta kyetään tekemään optimoimalla sekä rakennusjärjestys että lopullisen vaihtoehdon elinkaaritaidellisuus.
- Itse rakentamisen aikana tuotemallitietoa hyödynnetään eri tavalla kuin perinteisiä piirustuksia kyetään nyt käyttämään työmaalla. Tieto on saatavilla entistä paremmin ja joustavammin. Tieto myös voidaan päivittää suoraan samoilla ratkaisuilla, jotka mahdollistavat saatavuudenkin. Rakentamisen luovutusvaiheessa tuotemalli on kehittynyt ”as-is”-malliksi, ts. malliksi, joka kuvaa rakennusta tarkalleen sellaisena kuin miksi se on rakennettu.
- Rakentamisen tukiprosesseista eniten mullistuksen kouriin joutuu laadunvarmistus. Laadunvarmistuksessa painottuu aidosti riskeihin varautuminen ja ennaltaehkäisy. Myös rakennushankkeen suorituskyvyn mittaaminen (esimerkiksi laadukustannusten seuranta) mahdollistuu. Erilaiset varmistus- ja tarkastustoimenpiteet voidaan suunnitella samalla kun rakennettavuutta ja eri vaihtoehtoja tarkastellaan. Tarkastusten tekemiseen voidaan kehittää radikaalisti tehokkaampia toimenpiteitä, esimerkiksi tuotemalliin voidaan lisätä digitaalisia valo- tai videokuvia peittoonjäävistä rakennusosista.

Rakennuksen käytön aikaiset prosessit ovat edellisen rakennushankkeen toimintojen lisäksi alue, jossa teknologia tarjoaa runsaasti mahdollisuuksia prosessien uudelleen suunnitteluun. Rakennettua kiinteistöä kuvaava ”as-is”-malli tarjoaa perustan erilaisille uusille toimintatavoille. Erityisen mielenkiintoiseksi tarkastelu tulee, jos oletetaan, että kiinteistöomistajan on mahdollista käyttää useista kiinteistöistä muodostuvan salkun näkökulmasta useita käytön aikaisia tuotemalleja eri tarkoituksiin. Esimerkkejä uusista prosesseista voivat olla mm.

- Mallitietoa hyödyntävä tilahallinta (mitkä tilat ovat missäkin käytössä, millaiset vuokrasopimukset liittyvät mihinkin tiloihin jne.). Tilan käyttöä ja hallintaa koskevia tietoja voidaan linkittää tuotemalliin, jolloin esimerkiksi tehtäessä uusia vuokra- tai ylläpitosopimuksia kiinteistöä koskeva tieto on käytettävissä entistä joustavammin. Sovelluksia tähän tarkoitukseen on jo saatavilla, mutta ne eivät ole kovin laajalle levinneitä eivätkä ne vielä laajasti hyödynnä yhteensopivuuden tarjoamia mahdollisuuksia.
- Kiinteistön käytön simulointia voidaan tehdä sekä hankkeen että käytön aikana. Samaa teknologiaa kuin virtuaaliseen rakentamiseenkin voidaan käytön aikana hyödyntää esimerkiksi katastrofitilanteiden simulointiin, palo- ja pelastustoimen tarpeisiin jne.
- Mallitieto tarjoaa mahdollisuuden verrata suunniteltua ja toteutunutta kiinteistön suorituskykyä. Vertailutietoa voidaan hyödyntää parannettaessa kyseistä kiinteistöä tai suunniteltaessa vastaavia, uusia. Myös tiedonhaut olemassa olevista kiinteistöjen malleista sekä tietokannoista, joihin on säilötty kokemukset ja tietämys erilaisista rakennushankkeista, helpottuvat merkittäväällä tavalla. Tietoa ei haeta paperiarkistoista, vaan sitä varten on erillisiä menetelmiä ja tarkoitusta varten kehitettyjä käyttöliittymiä ja hakutoimintoja.
- Kiinteistöjen huoltotieto voidaan laatia tuotemallien mukaisten tietorakenteiden mukaisiksi ja huoltotietoa voidaan hyödyntää esimerkiksi tilahallinnan sovelluksissa.
- Kiinteistöjen kuntoarvioiden tai -tutkimuksen ohessa voidaan mallintaa vanhoja kiinteistöjä, joiden toteutuksen aikana teknologia ei ollut saatavilla. Olemassa olevan kiinteistön mittaamiseksi kehitetään erikoistuneita mittalaitteita, jotka kykenevät käsittelemään mittaustiedon mallintamiseen soveltuvaan muotoon.
- Tuotemallitiedon ja taloautomaatiojärjestelmien integroiminen saattaa mahdollistaa erilaisten toimintatapojen manuaalisen työn oleellisen vähenemisen. Esimerkiksi kunnan seuranta voidaan automatisoida ja dataa voidaan käsitellä ja tallentaa tuotemalleihin, jolloin sitä voidaan jälleen hyödyntää esimerkiksi tilahallinnan sovelluksissa. Ylläpidossa todennäköisesti on prosesseja ja alueita, joihin tuotemallintaminen ei tuo merkittävästi lisäarvoa, kuten työnohjaus ja seuranta.

7.2 Muutosten seurauksia ja uusia mahdollisuuksia

7.2.1 Kiinteistönomistus

Teknologioiden ja prosessien muutosten tarkastelun ohella voi kysyä, mitä merkitystä näillä on osapuolten toimintaan ja mitä muutosten seurauksena osapuolilta voisi odottaa. Seurauksia voi tarkastella eri skenaariovaihtoehtojen avulla. Odotuksia voi tarkastella hahmottamalla sitä, millaiselta osapuolen toiminta tai käytössä olevat työkalut näyttävät, mikäli yrityksen voi katsoa edustavan innovaattoria tai aikaista soveltajaa, aikaista

enemmistöä tai myöhäistä enemmistöä. Tässä luvussa on esitelty kunkin toimijan osalta taulukko, jossa vertaillaan kahta perusskenaariota ja toimintaa edellisen jaottelun mukaisissa yrityksissä. Lisäksi käsitellään erikseen kunkin toimijan osalta erilaisia uusia liiketoimintamahdollisuuksia.

Kiinteistöomistamisen rooli koko elinkaaren aikaisen tuotemallitiedon soveltamisessa on kaikkein keskeisin. Mikäli omistaja aktiivisesti osallistuu koko muun arvoketjun kehittämiseen loppuasiakkaan näkökulmasta ja mieltää roolinsa arvon tuoton ja elinkaaritalouden näkökulmasta, mahdollistuvat luvun neljä nelikentän ylimmät skenaariot. Mahdollisia vaikutuksia ja odotettavissa olevaa teknologian ja toiminnan tasoa omistamisen osalta on hahmotettu taulukkoon 4. Aikajänteeksi on edellisten lukujen perusteella valittu 5–8 vuotta.

Taulukko 4. Vaikutuksia seurauksia omistajan toimintaan 5–8 vuoden aikajänteellä.

	”Avoimet arvoverkot” -skenaario	”Kustannustehokkaat jakavat kakun” -skenaario
Innovaattorit	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Otetaan riskejä uusien elinkaariajatteluun perustuvien kiinteistöpalveluiden lanseeraamiseksi. ▪ Käytön simulointityökaluja sovelletaan laajasti. Asiakas kykenee tekemään valintoja ”virtuaalisen käytön” pohjalta. ▪ Projekti kyetään konfiguroimaan tapauskohtaisesti joustavasti ja nopeasti. ▪ Tilahallintaan käytetään mallipohjaisia sovelluksia. ▪ Raportoiva kiinteistö -konsepti käytössä. ▪ Vanha kiinteistökanta on mallinnettu ja menettelyt tiedon hallinnalle on käytössä. ▪ Tuotemallipalvelimia käytetään projektipankkien sijasta. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Hallitaan markkinan syklisyyttä edistyksellisillä kiinteistösalkun hallintatyökaluilla. ▪ Elinkaarikustannukset kyetään hallitsemaan. ▪ Uudet lanseeraukset perustuvat kiinteistöjen houkuttelevuuteen sijaintinsa ja hintansa takia. Markkinoinnissa käytössä kehittyneitä simulointi- ja visualisointityökaluja. ▪ Käytössä tiettyjen ohjelmistotoimittajien perheeseen kuuluvia työkaluja salkun hallintaan, tilahallintaan, inventointiin, huoltokirjoja tms.
Aikaiset soveltajat	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Investointeja kyetään tarkastelemaan kattavasti elinkaaritalouden näkökulmasta. Elinkaaritaloudellisuus voidaan osoittaa loppukäyttäjälle tai asiakkaalle. ▪ Projektien sopimuskäytännöt on muutettu vastaamaan uudentyyppistä toimintaa. ▪ Taloautomaatiota hyödyntäviä, yhteensopivia palveluita kehitetään ja tarjotaan. ▪ Valmiudet tuotemallipalvelimen käyttöön. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sopeudutaan markkinaan ja sen syklisyyteen. ▪ Uusia palveluita tuotetaan kysyntätilanteen mukaisesti. Suurimmille asiakasyrityksille tarjotaan taloautomaattoratkaisuja. ▪ On valmiudet simuloida asiakkaalle kiinteistön ominaisuuksia. ▪ Toimitusketjussa partnereita, jotka käyttävät samoja ohjelmistoja ja kykenevät tuotemallitiedon siirtämiseen.
Aikainen enemmistö	<ul style="list-style-type: none"> ▪ On otettu käyttöön elinkaaritalouden analysointityökaluja ja on valmius osoittaa asiakkaalle lisäarvo tarvittaessa. ▪ Virtuaalisen rakentamisen työkaluja käytössä. Malleja siirretään aktiivisesti myös tilahallinnan käyttöön. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Muulta toimitusketjulta vaaditaan yleisesti mallintamistyökalujen käyttöä. ▪ Tilahallinnassa käytössä tuotemallipohjaisia ratkaisuja satunnaisesti. ▪ Markkinointi hyödyntää visualisointityökaluja.
Myöhäinen enemmistö	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kyetään reagoimaan asiakaskunnan vaatimuksiin mm. elinkaaritaloudellisuuden osoittamiseksi. Asiantuntemuksen saamiseksi nojaututaan kuitenkin ulkoistettuihin palveluihin. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tuotemallintamista ja saatetaan tapauskohtaisesti vaatia muilta osapuolilta, mikäli loppukäyttäjä on valmis maksamaan siitä. ▪ Työkaluina käytetään sähköpostin ja Internetin lisäksi tapauskohtaisesti erilaisia projektipankkeja.

Omistajille avautuu uusia liiketoimintamahdollisuuksia erityisesti ”avoimet arvoverkot”-skenaariossa. Mielenkiintoisimmat mahdollisuudet tarjoaa taloautomaation ja mallintamisen integraatio sekä virtuaalisen rakentamisen konseptit. Loppukäyttäjälle voidaan tarjota erilaisia uusia tapoja tehdä valintoja.

7.2.2 Suunnittelu

Suunnittelu on ratkaisevassa roolissa toisella tavalla kuin omistaminen. Erityisen mielenkiintoiseksi muodostuu sen toimijan rooli, joka luo sen suunnittelutiedon, jota muut prosessissa käyttävät pohjatietonaan. Kaikissa skenaarioissa lähdetään siitä oletuksesta, että suunnittelu joka tapauksessa muuttuu mallipohjaiseksi toiminnaksi. Eri skenaarioiden välillä on eroja sen suhteen, missä mittakaavassa mallintamista tehdään suhteessa käsiteltävään tietoon, mitä työvälineitä on käytössä ja miten uutta teknologiaa on kyetty hyödyntämään.

Taulukko 5. Vaikutuksia ja seurauksia suunnittelijan toimintaan 5–8 vuoden aikajänteellä.

	”Avoimet arvoverkot” -skenaario	”Kustannustehokkaat jakavat kakun” -skenaario
Innovaattorit	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tarjotaan palveluita erilaisiin analyysiin elinkaaritaloudellisuuden parantamiseksi. ▪ Rajattuja analyysejä myydään Internetin välityksellä (esim. ”code checking”) ▪ Simulointityökaluja ja virtuaalisen rakentamisen tekniikoita sovelletaan laajasti kehittyneissä yhteistyöympäristöissä⁷. ▪ Tuotemallipalvelimia käytetään projektipankkien sijasta. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Käytössä tiettyjen ohjelmistotoimittajan perheeseen kuuluvia työkaluja. ▪ Suunnittelu hinnoitellaan käytettyjen tuntien mukaan. ▪ 3-ulotteinen mallintaminen käytössä laajasti, mallit kyetään siirtämään ketjussa eteenpäin analysoitavaksi esim. 4D-mallintamistyökaluilla. ▪ Kehittyneillä firmoilla kyky isännöidä suunnittelutiimin kokouksia kehittyneissä yhteistyöympäristöissä. ▪ Yritykset pystyvät tarjoamaan kehittyneitä visualisointi- ja simulointipalveluita, mikäli asiakas niitä vaatii.
Aikaiset soveltajat	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Valmiudet tuotemallipalvelimen käyttöön. ▪ Käytössä kehittyneitä suunnittelutiimin työtä tukevia ympäristöjä. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 3D mallintamistyökalujen käyttö normaalia toimintaa, yhteensopivuuden osalta luotetaan siihen, että osapuolet noudattavat sovitun valmistajan määrittelyjä.
Aikainen enemmistö	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Virtuaalisen rakentamisen työkaluja käytössä. ▪ Valmiudet hyödyntää kehittyneitä ryhmätyöympäristöjä 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Edistyksellisissä hankkeissa kyetään siirtämään tuotemallitiedostot suunnittelijoiden kesken.
Myöhäinen enemmistö	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Siirrytty 3-ulotteiseen mallintamiseen ja valmiudet siirtää yhteensopivaa tietoa olemassa. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Valmiudet 3-ulotteiseen, mallipohjaiseen suunnitteluun olemassa ja käytössä hankkeesta riippuen. ▪ Työkaluina käytetään sähköpostin ja Internetin lisäksi erilaisia projektipankkeja.

Suunnittelijoille avautuu mahdollisuus uuden tyyppiseen liiketoimintaan siirryttäessä piirtämisestä mallintamiseen ja laskelmien teosta vaihtoehtojen tuottamiseen. Yhteensopivan tiedon arvo ymmärretään ja arvotuottomahdollisuutta osataan käyttää hyväksi. Työ voidaan tällöin hinnoitella eri perustein. Pienten suunnittelutoimistojen osalta tilanne saattaa muodostua hankalaksi, jos ohjelmistojen käyttöönottamiseen liittyviin investointeihin ei ole varaa.

⁷ Esimerkkinä tällaisesta on Stanfordissa kehitetty iRoom-konsepti, jossa erilaisia ohjelmia kyetään käyttämään integroidusti ja samanaikaisesti tietokoneavusteisia työkaluja käyttävässä ryhmätyötilassa.

7.2.3 Rakentajat

Rakentajien, urakoitsijoiden ja aliurakoitsijoiden rooleissa teknologian hyödyntäminen saattaa tuoda mukanaan radikaalejakin muutoksia. Erityisesti virtuaalisen rakentamisen hyödyntämisen seurauksena urakoitsija kykenee nostamaan hankkeidensa hallittavuutta radikaalisti eri tasolla. Rakennettavuuteen liittyviä riskejä voidaan vähentää merkittävästi tarkastelemalla koko prosessia ennen kuin sitovia päätöksiä tehdään, ja simuloimalla eri työvaiheita. Radikaalisti muuttuu myös hankintatoimi olipa suuntana avoimuus tai toimittajariippuvaisuus tietojärjestelmien osalta tai arvon lisääminen tai kustannustehokkuuden painottaminen liiketoiminnan osalta. Valvonta, laadunvarmistus ja todentaminen muuntuvat virtuaalisuuden myötä.

Skenaariosta riippuen muutos saattaa tarjota mahdollisuuden roolin laajentamiseen entistä vahvemmin ylläpitoon ja vastuuseen elinkaaresta. Mikäli kustannustehokkuus painottuu, teknologiaa hyödynnetään prosessien nopeuttamiseen ja turhien työvaiheiden poistamiseen.

Taulukko 6. Vaikutuksia ja seurauksia rakentajan toimintaan 5–8 vuoden aikajänteellä.

	”Avoimet arvoverkot” –skenaario	”Kustannustehokkaat jakavat kakun” –skenaario
Innovaattorit	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Hyödynnetään mallitietoa ylläpidon aikaisissa palveluissa. ▪ Hankkeita kyetään tarjoamaan muodostamalla organisaatio ”puolipysyvästä” partneriverkostosta, hankinnat ja alurakat lyödään lukkoon aiemmassa vaiheessa, koska verkoston toimintaperiaatteet on lyöty lukkoon aiemmin. Transaktiokustannuksissa saavutettu merkittäviä säästöjä. ▪ Kyetään hyödyntämään ja jopa isännöimään tuotemallipalvelinta ja kehittyneitä ryhmätyöympäristöjä; työmaakoukukset voidaan pitää ”virtuaalisina”, kokouksessa tehdyt päätökset voidaan siirtää suoraan työntekijöille mobiileihin päätelaitteisiin. ▪ Elinkaaritaloudellisuuden analysointi ”aina päällä”. ▪ Hyödynnetään työmailla älykkäitä mittalaitteita, jotka toimivat saumattomasti tuotemallitiedon kanssa yhteen. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Virtuaalisen teknologian työkalut käytössä, rakennettavuutta analysoidaan yhteistyössä muiden toimijoiden kanssa kustannusten pitämiseksi kurissa. ▪ Lisä- ja muutostöiden osuus on pudonnut ratkaisevasti virtuaalisen teknologian hyödyntämisen ansiosta. ▪ Kustannusanalyysitoiminto on ”koko ajan päällä”, ts. rakenne- tai työjärjestysratkaisuja tehdessä saadaan selville samalla kustannusvaikutus. ▪ Hankintoja tehdään verkon välityksellä ja osin oliopohjaista tuotetietoa siirretään tuotemalliin. ▪ Laskutus toimii täysin sähköisesti.
Aikaiset soveltajat	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tuotemallipalvelimeen perustuvia ratkaisuja osataan hyödyntää ja käyttää. ▪ Referenssikohteista kyetään osoittamaan toteutuneiden ominaisuuksien ero suunniteltuun. ▪ Mobiilit päätelaitteet käytössä työmail-la, tuotemallitietoon päästään käsiksi kaikkialta. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tuotemalleja käytetään useisiin asioihin: esimerkiksi simulointiin, rakennettavuuden analysointiin. ▪ Hankintatoimi virtaviivaistettu ja nopeutettu. ▪ Erilaisten tuoteosien hakuun ja vertailuun käytössä tarkoitusta varten käytettäviä ”agenttiohjelmiä”. ▪ On valmiudet simuloida rakennuksen ominaisuuksia. ▪ Määrä- ja kustannuslaskentatoiminnot automatisoitu.
Aikainen enemmistö	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kehittyneet ryhmätyöympäristöt osin käytössä. ▪ 4D-työkaluja käytössä ja virtuaalisen rakentamisen teknologia laajassa käytössä. ▪ Valmiudet tuotetietomallin manipuloitiin mobiileilla laitteilla. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tuotemallitietoa voidaan ottaa vastaan ja toimitusketjun kanssa kyetään hyödyntämään mallia yhteisesti sovitulla ohjelmistoilla. ▪ Käytetään erilaisia sähköisiä kauppapaikkoja tarjousten tekemiseen ja hankintoihin.
Myöhäinen enemmistö	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Käytetään erilaisia ulkoistettuja palveluita virtuaalisen rakentamisen hyödyntämiseen. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tuotemallintamista ja saatetaan tapauskohtaisesti käyttää, mikäli asiakas maksaa. ▪ Työkaluina käytetään sähköpostin ja Internetin lisäksi tapauskohtaisesti erilaisia projektipankkeja.

Uusia liiketoimintamahdollisuuksia voi tarjota tuotemallitiedon hyödyntäminen ylläpidon ja käytön aikana. Toisaalta urakoitsija voi tulla hankkeissa mukaan aikaisemmassa vaiheessa. Urakoitsijan rooli voi kasvaa molempiin suuntiin sen mukaan, miten paljon vastuuta ja toimintoja halutaan ottaa mallintamisesta. Tässä suhteessa rooliajat eivät toistaiseksi ole millään tavalla vakiintuneita saati sitten sopimuskäytännöt.

7.2.4 Tuoteosa- ja materiaaliteollisuus

Tuoteosatoimittajien uudet mahdollisuudet mallintamisen ja yhteensopivuuden näkökulmasta perustuvat kyvykkyyteen lisätä informaation sisältöä toimitukseen. Mikäli kehitys noudattaa avointa ja arvoa lisäävää suuntaa, on mahdollista, että ostajat kykenevät vertailemaan tuotteiden ominaisuuksia esimerkiksi lataamalla tuotteenmallitiedot omille koneilleen ja tekemällä vertailuja.

Taulukko 7. Vaikutuksia tuoteosatoimittajan toimintaan 5–8 vuoden aikajänteellä.

	”Avoimet arvoverkot” -skenaario	”Kustannustehokkaat jakavat kakun” -skenaario
Innovaattorit	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Oliopohjaiset, parametrisoidut älykkäät tuoteosakirjastot laajasti käytössä tuotekehityksestä toimittamiseen asti. ▪ Myydyt tuoteosat sisällyttävät laajasti informaatiota ja mahdollistavat esimerkiksi tuoteosien toimituksen seurannan, elinkaariominaisuuksien tarkastelun. ▪ Tuotekehitys hyödyntää mallintamisohjelmia ja tuotteiden elinkaaren aikaisesta suorituskyvystä saatua tietoa. ▪ Oliot voidaan siirtää suoraan tuotemallipalvelimelle. ▪ Toimittajat ovat ottaneet selkeästi vastuuta kokonaisvaltaisten ratkaisujen suunnittelusta ja valmistuksesta. Hankkeissa osallistutaan ratkaisujen sovittamiseen muuhun suunnitelmaan osana verkostoa. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tuotekirjastot laajassa käytössä ja toimittajasta ja ratkaisusta riippuen joko oliopohjaisia tai dokumenttipohjaisia. Tiedonsiirtoon yleinen ratkaisutapa, esimerkiksi käännohjelma, ”konvertteri”. ▪ Yritykset hyödyntävät tuotteidensa markkinoinnissa ja myynnissä tehokkaita visualisointityökaluja. ▪ Tietyt toimittajat ovat voineet päästä ”hovitoytoimittajan” asemaan tietosisällön ja tiedonsiirtotapansa ansiosta. Näissä erikoistapauksissa tuoteosatoimittajalle on mahdollista ottaa vastuuta myös suunnittelusta.
Aikaiset soveltajat	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tuoteosakirjastoja käytössä, tuotteet on mallinnettu ja parametrisoitu. ▪ Toteutuneista toimituksista kyetään näyttämään ero suorituskyvyssä elinkaaren ajalta verrattuna kirjastossa esitettävään dataan. ▪ Toimittaja osallistuu tarvittaessa kokonaisuuden suunnitteluun. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tuoteosakirjastoja laajasti käytössä. Tiedonsiirtoon useita erilaisia tapoja. ▪ Hankkeissa kyetään osallistumaan toimitusten suunnittelun tarjoamalla tietoa mallimuotoisena.
Aikainen enemmistö	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tuotetietoa toimitetaan internetin välityksellä ”drag&drop” -periaatteella. ▪ Oliopohjaisia tuotekirjastoja käytössä tai toiminto on ulkoistettu niin, että asiakkaan saatavilla on tuoteosatieo vastaavasti kuten yllä on esitetty. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tuotteiden myynnissä hyödynnetään malleja esimerkiksi niin, että internetin välityksellä voi katsella ja vertailla tuotetta kehittyneillä visualisointityökaluilla. Vertailu kilpailijaan on tehty tarkoituksella vaikeaksi.
Myöhäinen enemmistö	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tuotekirjastojen tuottaminen on ulkoistettu. Palvelun toimittaja toteuttaa palvelun oliopohjaisesti. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tuotetiedon tuottaminen ja hallinta on ulkoistettu. Tieto on saatavilla yleisistä tietokannoista ja saattaa sisältää esimerkiksi parametrisointeja, mikäli resurssit siihen riittävät.

Materiaalitoimittajien näkökulmasta eri mallintamisen standardoinnin lähestymistavoilla on varsin merkittävä vaikutus. Mikäli kehitys noudattaa esimerkiksi ”mikromakro” -lähestymistapaa, nopeutuu kehitys yhteensopivuuden suhteen varsin merkittävästi. Esimerkiksi tällöin syntyisi laajasti käytettävissä oleva ”alstandardi” tiedon siirtoon vaikkapa betonirakennevalmistajan tuotetiedon ja suunnittelun välillä, joka voisi jatkossa mahdollistaa myös määrä- ja kustannuslaskennan tietotarpeen. Vastaava tietysti syntyisi myös ”kahdenvälistä”-lähestymistavalla, mutta jatkon laajentamisen osalta ei

olisi takeita. ”Kaikenkattava”-lähestymistapa tuottaisi varmasti laajan yhteensopivuuden useisiin tarpeisiin, mutta kehitys saattaa olla hidasta.

Oleellista strategisen valinnan kannalta on myös se, uskotaanko tiedon avoimen saatavuuden myös luovan suuremman ja tehokkaamman markkinan. Tämä vaatisi, että suunnittelijat ja urakoitsijat myös valveutuisivat käyttämään järjestelmiä, joilla tuotteita voi vertailla.

8. Johtopäätöksiä ja suosituksia

Tutkimuksen johtopäätöksiä on lähes vaarallista antaa ohjeita tai suosituksia siitä, miten alan eri osapuolten tulisi kehittää omaa toimintaansa tai ohjelmistojaan tuotemallintamisen ja yhteensopivuuden osalta. Tärkein johtopäätös tulisi olla se, että osapuolten tulisi käsitellä eri vaihtoehtoja ja suuntia luodessaan omia strategioitaan ja verrata niitä esimerkiksi siihen, mitä tässä tutkimuksessa kyselytutkimukseen osallistuneet ovat vastanneet ja millaisia vaihtoehtoisia lähestymistapoja voi olla tarjolla. Strategioitaan laativat voivat myös tutkimuksen perusteella tarkastella omaa toimintaansa ja miettiä omaa rooliansa ja asemaansa esimerkiksi teknologian soveltamisen näkökulmasta.

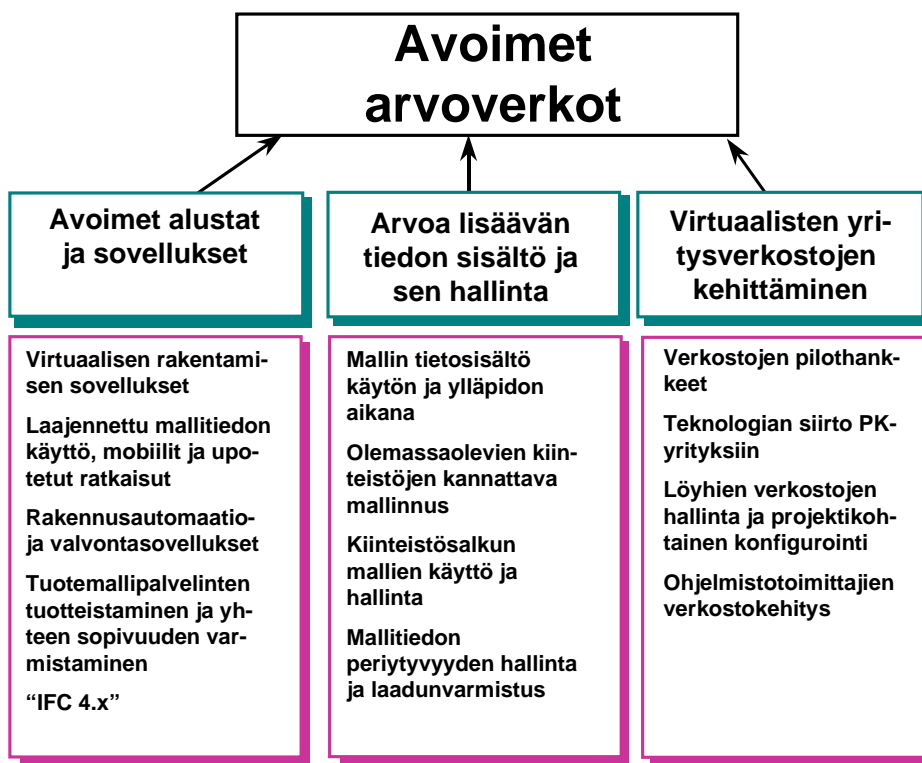
Kyselytutkimuksen ja tutkimuksessa pidetyn seminaarin pohjalta kirjattiin osallistujien mielipiteistä yhteenvedona luettelo erilaisista suosituksista, joita voi myös harkita omaa strategiaa laadittaessa. Suosituksina kirjattiin mm.:

1. Omistajien ja rakennuttajien tulisi suunnata investointipolitiikkaansa kohti elinkaaritaloudellisempaa ajattelua. Investointien lähtökohtana oleva arvo toiminnalle tulisi kyetä välittämään muille toimijoille. Helppoja kehitysaskaleita tähän suuntaan ei ole tarjolla, mutta siitä huolimatta tähän suuntaan olisi pyrittävä esimerkiksi hyödyntämällä hyviä esimerkkejä ja tekemällä toimintaa läpinäkyvämmäksi. Keskustelua ja vuorovaikutusta liiketoiminnasta vastaavien tahojen ja kehittäjien välille kaivattiin lisää.
2. Ohjelmistotoimittajien tulisi harkita sellaisten uusien tuotteiden kehittämistä, jotka mahdollistavat uudentyyppisiä liiketoimintaprosesseja.
3. Ohjelmistotoimittajien tulisi harkita luopumista suljetuista tiedonsiirtoformaateista, ja mahdollistaa vastaava markkinan laajentuminen kuin GSM-standardin läpilyönnin suhteen tapahtui eli avoimuus mahdollisti markkinan kasvun.
4. Alan yritysten tulisi harkita yhteenliittymiä, jotka mahdollistaisivat teknologian soveltamisen ja käyttöönoton useissa pilottihankkeissa. Tutkimus- ja kehitystoimintaa ohjaavien tahojen tulisi kannustaa yrityksiä tähän suuntaan ja kannustaa riskinottamisen jakamiseen ja erityisesti kansainväliseen yhteistyöhön.
5. Suunnittelijoiden tulisi pohtia muutosprosessia ja sen johtamista siirryttäessä piirtämisestä mallintamiseen. Tämä koskee sekä organisaatioiden sisäisiä toimintatapoja että niiden uudelleen asemoimista markkinoilla.
6. Sopimuskäytäntöjä on muutettava paremmin mallintamiseen sopiviksi.
7. Standardointijärjestöjen tulisi harkita strategioitaan teknologian soveltamisen ja käyttöönoton edistämiseksi ja laatia viestintäsuunnitelma.
8. Viranomaistahojen tulisi harkita toimintatapoja tuotemallitiedon hyödyntämiseksi rakennustarkastamisessa ja laajamittaisten ”kaupunkimallien” käyttämisestä.
9. Koulutus- ja valmennusohjelmia tuotemallin käytöstä ja hyödyntämisestä olisi kehitettävä lisää. Pienten yritysten tarpeisiin olisi suunniteltava erityisiä ohjelmia.

Kirjoittaessa on selvästi tunnistettavissa johtopäätöksiä, joihin ei välttämättä voi päätyä pelkkien kyselyjen tai seminaarien kommenttien perusteella. Tällaisista johtopäätöksistä selkein on ero Yhdysvaltojen ja Euroopan välillä teknologian soveltamisessa ja etenkin suhtautumisessa standardeihin. Karkeasti yksinkertaistaen voidaan sanoa, että Euroopassa ollaan siirtymässä kohti tässäkin julkaisussa esitettyä haluttua suuntaa, kohti avoimia arvoverkkoja. Yhdysvalloissa ala on selvästi eriytyneempää ja hajanaisempaa. Usko standardeihin USA:ssa on huomattavasti heikompi ja erityisesti ohjelmistotalojen aito kiinnostus jakaa tiedonsiirtostandardejaan on vähäinen. Tämä antaa pienille valtioille tai talousalueille, jossa toimintatavat ovat homogeenisemmat, huomattavan etulyöntiaseman. Suomen teknologinen etumatka USA:han juuri yhteensopivuuden ja mallintamisen alueella on selkeästi havaittavissa ja osin tämän ilmiön ja tehtyjen panostusten ansiota. Toisaalta suomalaiset toimijat eivät ole toistaiseksi harvoja poikkeuksia lukuun ottamatta kyenneet hyödyntämään tätä etumatkaa globaalien kaupallisten menestysten aikaansaamisessa. Vaikka kuvassa 1 esitetty kuilu voitaisiinkin Suomessa ylittää kohtalaisen helposti, on kansainvälistymistä ja globaalia liiketoimintaa ajatellessa asia pohdittava aivan toisella tarkkuudella. Näyttö suomalaisista käytäntöön viedyistä sovelluksista on erinomainen alku, mutta globaalien markkinoiden näkökulmasta olisi suomalaisten kyettävä yhdistämään resurssejaan, jotta jatkokehitykseen saataisiin riittävä paino.

Rakennusalan organisaatioiden kannalta tietotekniikka ja yhteensopivat tuotemallit ovat teknologiaa, joka on häiritsevää ja epäjatkuvuutta aiheuttavaa totutun toiminnan kannalta. Jotta teknologiasta voitaisiin saada paras mahdollinen hyöty aikaiseksi, olisi organisaatioiden mietittävä radikaalisti uusia toimintatapoja ja uusia liiketoimintamalleja. Vaikka ala on tunnettu konservatiivisuudestaan, tarjoaa teknologia uudelle ja selkeästi kilpailukykyisemmälle toimintamallille mahdollisuuden, joka tuottaa kaikille osapuolille lisäarvoa. Alan organisaatioiden tulisikin pohtia, miten tällainen toimintamalli voidaan luoda ilman, että ajaudutaan yhden yksittäisen osapuolen kannalta hallitsemattoman riskin ottamiseen.

Tulosten perusteella on tutkimuksessa hahmoteltu seuraavaa mahdollista tutkimusohjelmaa kohti ”avoimia arvoverkkoja”. Kuvassa 10 on esitetty mahdollisen ohjelman tavoitteita ja teemoja.



Kuva 10. Ehdotus seuraavan tutkimusohjelman rungoksi.

Lähdeluettelo

Braun, E. 1998. *Technology in Context – Technology Management for Managers*. Routledge. London. 165 p.

Day & Schoemaker, 2000. *Wharton on Managing Emerging Technologies*. John Wiley and Sons, Inc. New York. 460 p.

University of British Columbia (UBC). 2001. Department of Civil Engineering, Theoretical Foundations of Engineering Frameworks Workshop - *Beyond Product Modeling*, Vancouver, Canada. July 19–20, 2001. <http://construction.civil.ubc.ca/events/2001/frameworksworkshop/>.

Han, Charles. 2002. Lecture on product modeling at the Virtual Design and Construction at CIFE and in practice. <http://www.stanford.edu/class/cee320/>.

Hannus, M. et al. 1998. Elsewise - European Large Scale Engineering Wide Integration Support Effort. <http://cic.vtt.fi/projects/elsewise/roadmap.html>

Hannus, M. 1999. The islands of automation. Presentation.

Karhu, V. & Lahdenperä, P. 1999. A Formalized Process Model of Current Finnish Design and Construction Practice. *International Journal of Construction Information Technology*, Vol. 7 No 1, pp. 51–71.

Moore, 1999. *Crossing the Chasm – marketing and selling high-tech products to mainstream customers*.

Stanford university, e-aec group. 2002. On-going research projects. http://www.stanford.edu/group/e-aec/projects/product_modeling.htm

Tekes, 2001. *Vision 2010 – The Finnish Real Estate and Construction Cluster’s Vision for 2010 - Foundations for good life*. http://www.visio2010.org/documents/rakli_english.pdf.

Young, N. 2001. Presentation at the Harvard Center for Design Informatics Executive Meeting, April 27th 2001. http://research.gsd.harvard.edu/new_cdiweb/cdi/community/conference/Exec_meeting01

Liite A: The Future of Product Modeling and Interoperability in the AEC/FM Industry, a WORKSHOP BY GRAPHISOFT, CIFE & VTT The results of the breakout sessions

This paper summarizes the results of the seminar on the Future of Product Modeling and Interoperability in the AEC/FM industry held in Budapest in November 30th, 2001. The seminar was based on an on-going research project by VTT and CIFE. Graphisoft hosted the event.

The participants of the breakout session were invited experts. Part of the audience had already taken part in the Delphi Survey of the project and were already given the summary of the survey and other related material before the seminar. The experts were divided into three teams. Three chairmen were pre-selected to facilitate the discussions during the breakout sessions. The division into groups is shown in Table 1.

Table 1. The groups.

Group 1: Chairman: Spiro Pollalis	Group 2: Chairman: Christer Finne	Group 3: Chairman: Hans Björnsson
Ole-Kristian Kvarsvik	Auli Karjalainen	Ilkka Romo
Jarmo Laitinen	Kees Woestenen	Jeff Stephens
Tamas Gyurko	Jesper Bremme	Olle Thåström
Janos Maros	John Mitchell	Merja Wiio
Stefan Larsson	Miklos Misley	Levente Filetoth
Rolf Persson	Scott Chase	Gyuri Juhasz
	Kristian Agger	Arto Kiviniemi

Task description of the first breakout session:

The purpose of the task was **to produce a picture** of how the industry will operate, what kind of tools will be available, how models might have changed the way we work and what you as team see worth working towards. As a basis for this task, the participants were given the choice whether to use the scenarios presented earlier or not. The main thing was that everyone gets to contribute to the production of this picture and that all ideas got documented.

The following procedure was suggested as a guideline for producing this picture:

1. The chairperson selected by your organisers will **appoint a person who will take care of documenting** and presenting the result and **appoint a person who will keep track of time**. You have 90 minutes.
2. **Discuss the nature of the scenario and decide what you should call it**. You can use the ones given in the handout as a basis but feel free to come up with a different one if you as group feel like it.
3. **Decide on what year the scenario will be your reality**. It should be earlier than 2015 and later than 2006. Do not use more than 15 minutes on this and the previous phase. **DO NOT START BRAINSTORMING (COMING UP WITH IDEAS) BEFORE YOU HAVE DONE THIS PHASE! KEEP THE TIME LIMIT EVEN IF THE CONSENSUS ON THE SCENARIO IS NOT REACHED!**
4. **Brainstorm** things that will describe what will be happening in the given year. You can use the handout as a basis. However, when listing ideas, new ways of working, new tools, exiting ways business is done, etc. be sure to say a comment on the adoption of this new idea (i.e. is adopted by innovators, early adopters, late adopters or by everyone or is already fading away). Use 50 minutes for this activity. **FOCUS ON GENERATING IDEAS. DO NOT DISCUSS THEM OR SHOOT OTHER PEOPLE'S IDEAS DOWN!**
5. **Discuss the ideas**, group them and take away those which do not fit in to the scenario due to the selected year or due to the nature of your scenario. Use the remainder of the time (25 minutes) on this and **write the name of the scenario and the list of ideas on the transparencies given**.

Results of the first breakout session

Two of the teams chose the given framework as a basis for their scenario or scenarios. The third team focused on describing how would a day in project manager's job look in 2008. All of the groups seemed to want to migrate towards a non-proprietary and value-adding combination.

Figure 1 shows the result of the team one. The team spent considerable amount of time on discussing what is really proprietary. It was reminded that although the vendors might be non-proprietary in developing their software, the data produced and used (design, during the life cycle of a building can be proprietary. The owner of this data – and at the same time the capability to control the building process itself – can be, for example, the contractor. In this case, the key competitive advantage of the contractor would be based on this data and he would not open this information to outsiders. The parties can be linked to the databases, but accessing the elements crucial to the contractor is out of the question. The first team also discussed the timing of technologies. Some in the group believed that a smooth process, with readily available technology, can be reality

and demonstrated in a few projects within 1–2 years. The team agreed that the standard process will use these technologies in a small percentage of the industry in 2005.

The team also emphasized that the key element in the adoption of the technologies is the designer’s graphics package. If that is ”IFC compatible”, other applications will follow. The team felt that IFC is a and always will be a subset of the capabilities of each model. Longevity of data depends on open source, non-proprietary standards. Since the group felt that the technology enables new value-add services, someone needs to ”pay” for them. According to the group, big owners (governmental, institutions, etc..) and regulatory authorities (such as in Singapore), should support IFC. Vendors’ intellectual property issues and the conservative nature of the industry were seen as disincentives for IFC.

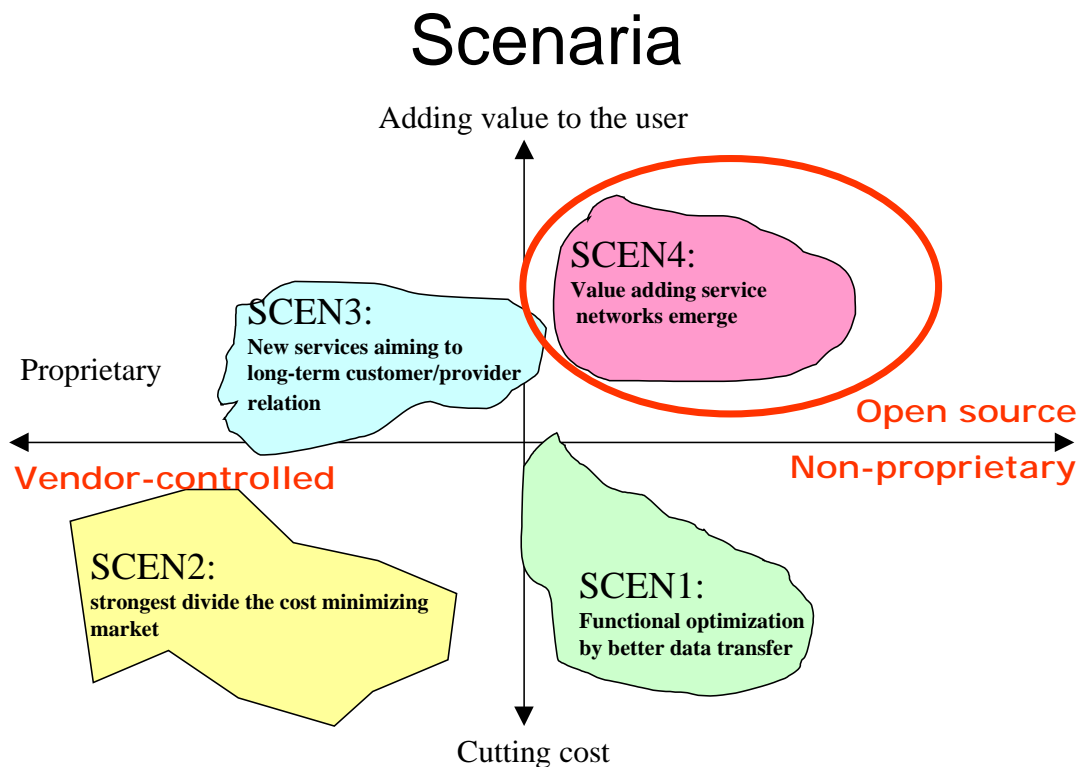


Figure 1. The wanted direction according to team 1 (Open source rather than non-proprietary).

The second team also chose the upper-right hand corner of the matrix shown in Figure 1. The team fixed their scenario to the year 2006. The name given to this scenario was ”Open AEC/FM”. And it is characterised by having

- Open software (standards), such as Linux or IFC, as basis,
- Improved quality of buildings due to better ability of managing projects,

- Global players on the market but still most probably very local projects,
- More integrated model data,
- Improved performance of projects,
- Seamless exchange of information between tools and
- More integrated design and production processes.

The team generated ideas by asking itself "What would be different in 2006" and grouped the ideas into the following outline:

1. Business practice, processes

Standard based product data will be globally available more freely over the internet and in more integrated fashion, information brokers were seen to have key role in making information available. During the whole life cycle, the technologies will have enabled deeper collaboration between project partners and this will result in producing added value to the end users as well. The process will have more automated tasks and less overlaps. Fast track projects with fewer workers as well as partnering and networking (outsourcing) will be more common. The design disciplines will be more integrated and the structural engineering profession has caught up with the development. Smarter or more intelligent dynamic tools will be available, such a cost estimation being "always on". Product (building type) specific modelling tools might also be available.

2. Legal aspects

The team envisaged that versioning, date auditing, validation of parts of the model as well as ownership issues of models should be solved by the year 2006+.

3. Communication, networks, transactions

The team suggested that communication in projects can be server based (as opposed to being based on transfer files). The supply chain will be more integrated (see point 1 above). Also, better decision support tools will be available, as well as mobile access to product model data. The physical network altogether will be more advanced. Environment will be more and more "paperless", although the need to read information from paper instead of computer screen will not go vanish.

4. The software (modeling tools) will be more capable of handling of larger quantities of data, more intelligent, dynamic and even product specific.

5. Use of standards (such as IFC) was seen critical on local (regional & national) level. IFC was seen to be developing towards a ISO standard and adaptable by all applications. The standardization will also cover the validation of the parts of the model. "Parametric IFC" will be introduced and common formal language (taxonomy, ontology) will be available as well. Whether a single or several models are used in projects, archiving, change management and versioning issues will be solved.

The third team focused on describing a typical day of a project manager in a construction project in 2008. According to the team a project manager would probably have better tools available for analyzing well structured product and process data. There would be a single project model (with product and process data) in use up the "as-built" phase. This model would contain most of the information needed by the participants of a project. The model will likely be located on a "model server" that enables version handling and sophisticated control of information flow. The tools would be able to report on problems and prevent errors but not automate decision making. Tools for virtual construction would be in place as well as solutions enabling cost evaluation being "always on". This would cover the whole building life cycle so that if something is altered in the design, the respective economical impact is visible throughout the life cycle. Also "e-procurement" will be enabled due to this toolset. Also, environmental impact calculation will be in a part of this analysis. All things considering, a richer model will make better analysis possible, and generate new demand for tools as well. According to the team, there will be a common language for model exchange in the future.

The third team predicted that business will fundamentally be the same way as now. They foresee that component driven e-procurement will give more responsibility to information vendors. Information will become more essential part of the product. Computer literate people will occupy higher positions in organisations. Moreover, ubiquitous computing will be more common as well as high mobile bandwidths allowing people to be always on-line.

Task description of the second group breakout session:

The purpose of the session was to produce a simple roadmap of what needs to be achieved if the scenario described above is to be made a reality. The teams remained the same as on the previous exercise. The following was given as a guideline for the work:

1. The chairperson selected by your organisers will **appoint a person who will take care of documenting** and **a person who will keep track of time (not the same persons as previously!)**. You have 90 minutes.
2. **Discuss what components your roadmap should have.** It can focus on breakthroughs or it can list tasks, or it can show obstacles, pitfalls, longer routes or shortcuts, etc. The main thing is that it needs to lead you to your scenarios in a fairly logical way. You can use the format given in the handout as a basis but feel free to come up with a different one if you as group feel like it. Note that the time horizon has to remain the same as in the scenario. Use 60 minutes for this phase.
3. Make a graphic presentation(s) or a bullet point list(s) of the components of the roadmap and/or its alternatives. Use 15 minutes for this phase, unless you have already produced the presentations.

4. Discuss of any additional advice you should give to the person who is about to start for a journey towards your scenario with your roadmap in his hand. Use the remainder of the time for this (15 min).

Results of the second breakout session

Team 1 used mindmapping technique to present the components of its roadmap. The roadmap was divided into 11 key areas (see Figure 2) The components included recommendations, steps to be taken by different stakeholders as well as pitfalls to avoid.

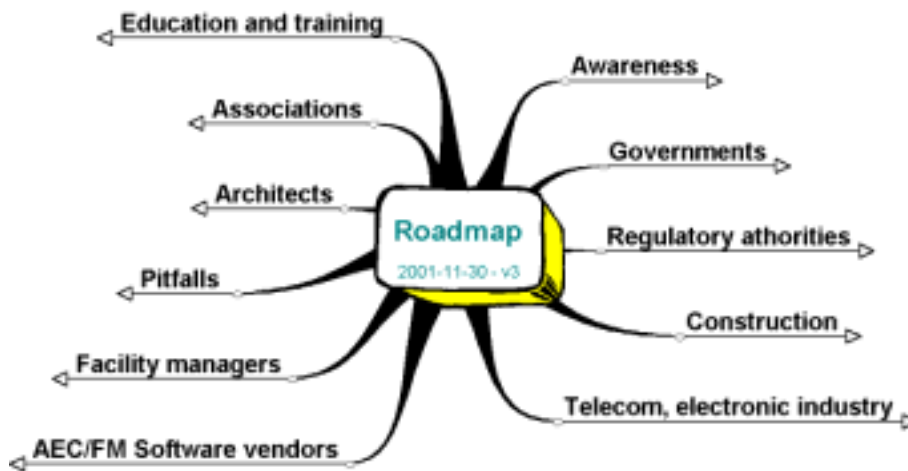


Figure 2. The roadmap components of Team 1.

The contents of the respective areas are:

1. Awareness: Creating success stories (such as work done in Singapore, by YIT by creating proof and measures, by the BLIS project, Skanska and Kajima) and positive PR (marketing team needed).
2. Governments: Demanding the use of product models and IFCs (as an incentive for example in R&D funding).
3. Regulatory authorities: Asking for product models, for example in making building approval decisions and in context of large scale city models. However, there is a pitfall in the connectivity of the product models to GIS, simulation and virtual reality software.
4. Construction (contracting companies): Supporting IFC by showing openness and leadership in developing information technology, identifying and taking advantage of the incentive to cut costs ("The more product models are used, the more money the contractors will make"). Contractors might consider giving guarantees for example, on the energy consumption of the buildings. These components, among others, give contractors an competitive advantage among sophisticated clients.

5. The telecom and electronic industry might play a role as well by creating different solutions and products to accommodate the change. These might include transponders as identifiers of products, new hardware for better 3D interfaces (eyeglasses as communication medium) or new 3G or even 4G wireless broadband solutions.
6. The AEC/FM software vendors should give up their control over the file formats.
7. The facility managers should identify the huge potential in life cycle issues. They also should demand for longer guarantees from contractors. With the help of this technology, making better decisions earlier in the project can be enabled and the FM professionals should take advantage of this.
8. The team emphasized two major pitfalls, firstly the conservative nature of the business (like a contractor has commented: "Business is profitable, why change anything?") and legal issues.
9. The architects should consider product models as a business opportunity and a competitive advantage. Education of modeling is needed.
10. Associations should be more positive and interested in the technology and not just wait for the others to move. They should promote the contractual agreements to give up drawing based payment systems.
11. As far as it comes to education, special emphasis on owners and clients as well as subcontractors should be given.

Team 2 discussed the elements of their possible roadmap and its possible structure. They agreed that it is very difficult to draw very definite and straightforward paths and make a 2D representation of a roadmap or technology path. The team also agreed that it is very difficult to fit new tools to old processes and therefore new processes are needed. The team identified four areas for which paths are needed, see Figure 3.

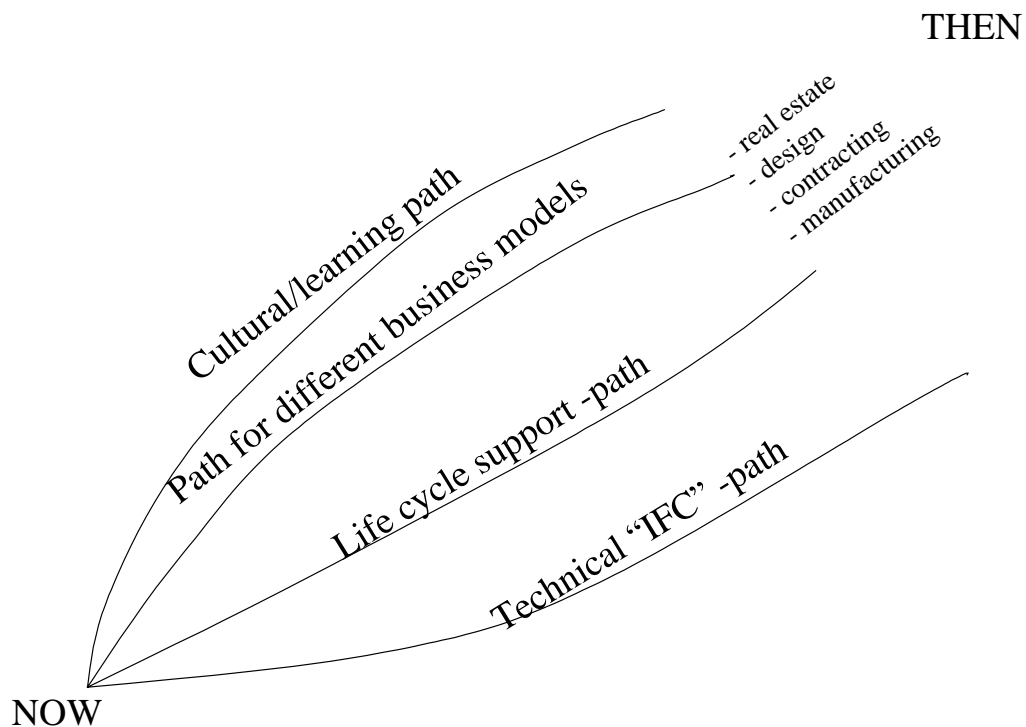


Figure 3. Four different and needed paths identified by team 2.

According to the paths shown above, the team identified different items needed along the four different lines. Respectively, the number at the end of an item represents prioritizing by the team. The items are:

Cultural/educational:

- a healthy e-business environment is needed,
- legal issues need to be solved, new types of agreements (contracts?) are needed,
- Information technology and business education needs revising, ①

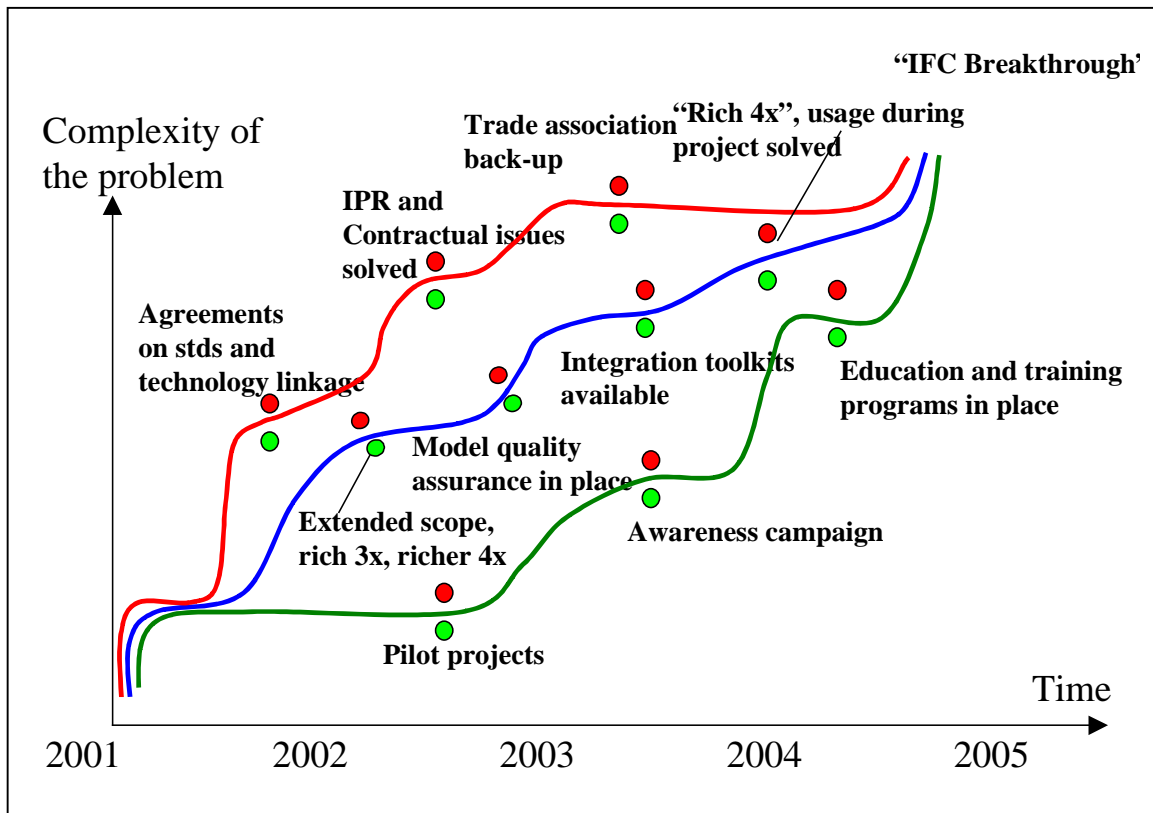
Life cycle:

- Manufacturers need to produce more intelligent product data ④, and make environmental data available as well,

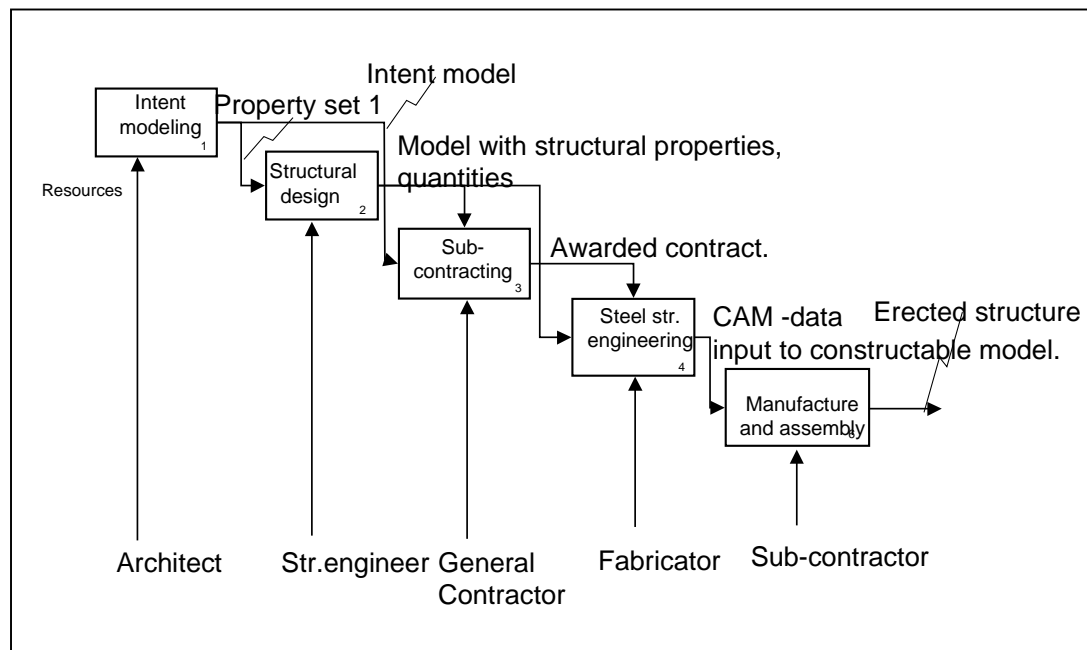
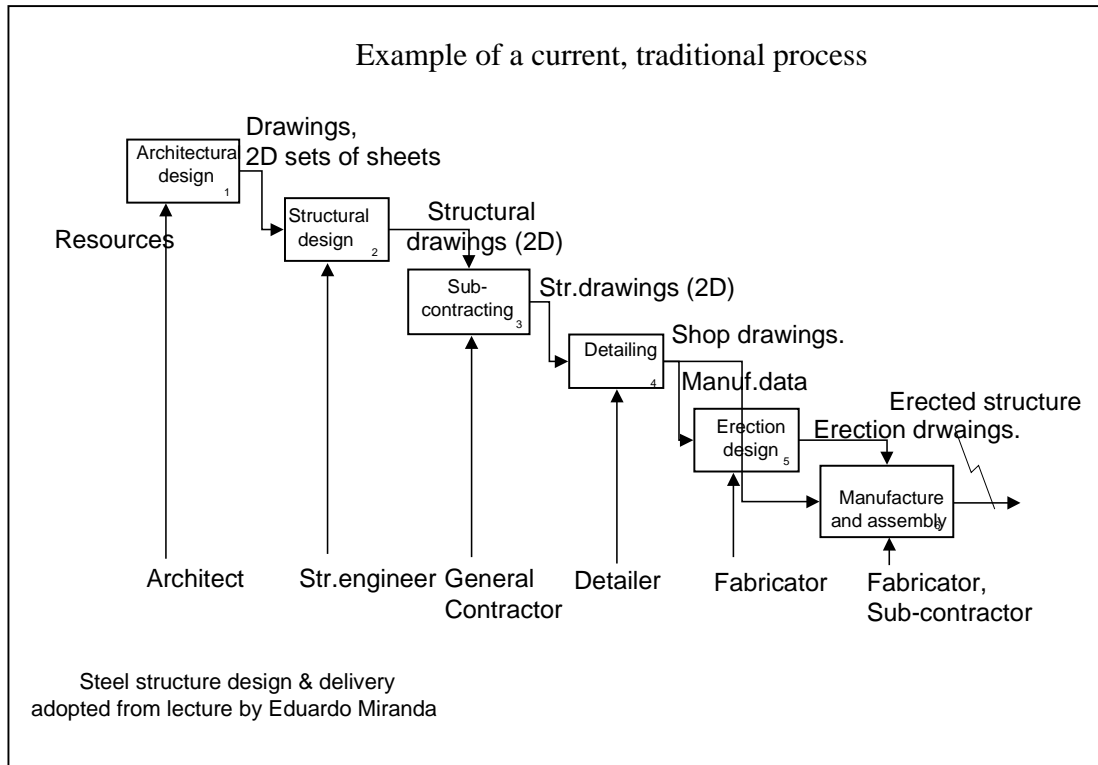
Technology:

- New software products are needed (model servers, new CAD tools, sketching, workflow, visualization and simulation tools),
- Common data structures④, such as IFCs need expanding and integration (needs to take into account parametric and dynamic nature of the model),
- Wireless devices need to be utilized,
- Pilots and success stories are needed, ②

Lite B: Roadmap to "IFC Breakthrough"



Liite C: Examples of process changes





Tekijä(t) Koivu, Tapio			
Nimeke Kiinteistö- ja rakennusalan tuotemallien ja yhteensopivuuden tulevaisuus Vaihtoehtoisia skenaarioita ja teknologiapolkuja			
Tiivistelmä <p>Tässä julkaisussa esitellään vuosien 2000–2002 aikana tehdyn ”Roadmap to Intelligent Product Modeling and Interoperability” -tutkimushankkeen tuloksia.</p> <p>Tutkimuksen tavoite on arvioida tuotemallintamiseen liittyvien teknologioiden ja ohjelmistojen yhteensopivuuden muutoksia ja muutosten vaikutusta rakentamisen prosesseihin ja liiketoimintaan. Tuloksia käytetään muokattaessa strategioita mm. tietotekniikan hyödyntämiseksi, prosessien parantamiseksi ja uusien tutkimus- ja kehitystoimenpiteiden suuntaamiseksi.</p> <p>Tutkimuksessa kerättiin tietoa mm. haastatteluin ja 2-vaiheisella Delphi-kyselytutkimuksella. Kyselyjen löydöksiä ja tuloksia käsiteltiin kansainvälisessä kutsuseminaarissa.</p> <p>Tuloksena esitellään vaihtoehtoisia skenaarioita siitä, mihin kehitys voisi johtaa noin 5–8 vuoden aikana. Kahta skenaariota on tarkasteltu tässä julkaisuissa tarkemmin ja niiden perusteella on myös arvioitu mahdollisia teknologian kehityspolkuja sekä seurauksia eri osapuolten toimintaan.</p> <p>Johtopäätöksiä ja hahmotellaan seuraavan kehitysohjelman rakennetta.</p>			
Avainsanat construction, product models, product modelling, future, scenarios, trends, technology, forecasting			
Toimintayksikkö VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, Kivimiehentie 4, PL 1803, 02044 VTT			
ISBN 951-38-6080-9 (nid.) 951-38-6084-1 (URL: http://www.inf.vtt.fi/pdf/)		Projektinumero	
Julkaisu-aika Syyskuu 2002	Kieli Suomi, englanninkielisiä liitteitä	Sivuja 53 s. + liitt. 11 s.	Hinta B
Toimeksiantaja(t) Teknologian kehittämiskeskus (Tekes), Rakennusteollisuus ry., Senaatti Kiinteistöt, Rautaruukki Oyj, VTT			
Avainnimeke ja ISSN VTT Tiedotteita – Research Notes 1235-0605 (nid.) 1455-0865 (URL: http://www.inf.vtt.fi/pdf/)		Myynti: VTT Tietopalvelu PL 2000, 02044 VTT Puh. (09) 456 4404 Faksi (09) 456 4374	

- 2113 Sipilä, Kari, Kirjavainen, Miikka, Ritola, Jouko & Kivikoski, Harri. Liikenne- ja yleisten alueiden sulanapito-järjestelmät. Energiatalous ja tekninen toteutus. Kesäkeli-projekti. 2001. 75 s. + liitt. 15 s.
- 2116 Ryytänen, Tiia, Kallonen, Raija & Ahonen, Eino. Palosuojatut tekstiilit. Ominaisuudet ja käyttö. 2001. 101 s.
- 2118 Kärki, Otto. Alkolukko rattijuopumuksen ehkäisyssä. Esiselvitys. 2001. 85 s. + liitt. 3 s.
- 2119 Tillander, Kati & Keski-Rahkonen, Olavi. Rakennusten syttymistäajuudet PRONTO-tietokannasta 1996–1999. 2001. 66 s. + liitt. 16 s.
- 2120 Koota, Jaana. Construction site safety. Case United States. 2001. 39 p. + app. 3 p.
- 2121 Tervonen, Juha & Räsänen, Jukka. Environmental assessment of strategic transport actions. SEA in CODE-TEN. 2001. 25 p. + app. 7 p.
- 2123 Hietaniemi, Jukka, Baroudi, Djebbar, Korhonen, Timo, Björkman, Jouni, Kokkala, Matti & Lappi, Esa. Yksikerroksisen teollisuushallin rakenteiden palonkestävyyden vaikutus paloturvallisuuteen. Riskianalyysi ajasta riippuvaa tapahtumapuumallia käyttäen. 2002. 95 s. + liitt. 51 s.
- 2124 Talja, Asko, Toratti, Tomi & Järvinen, Erkki. Lattioiden värähtelyt. Suunnittelu ja kokeellinen arviointi. 2002. 51 s. + liitt. 13 s.
- 2125 Riihimäki, Markku & Siekkinen, Heidi. Asiakastarpeet kiinteistöliiketoiminnassa. Liike- ja toimistokiinteistöt. 2002. 74 s. + liitt. 10 s.
- 2126 Kauppinen, Anna-Kaisa, Pietilä, Paula, Sundbäck, Liisa & Kaleva, Hanna. Kiinteistöjohtamisen tehostaminen – vaihtoehtona ulkoistaminen. Ulkoistamisen edellytykset ja päätöksenteon mallintaminen. 2002. 73 s. + liitt. 4 s.
- 2128 Hietaniemi, Jukka, Hakkarainen, Tuula, Huhta, Jaakko, Korhonen, Timo, Siiskonen, Jaakko & Vaari, Jukka. Ontelotilojen paloturvallisuus. Ontelopalojen tutkimus kokeellisesti ja mallintamalla. 2002. 125 s. + liitt. 63 s.
- 2134 Paiho, Satu, Karjalainen, Sami, Alanne, Kari, Norvasuo, Markku, Eriksson, Lasse, Pöyhönen, Sanna, Kaartinen, Jani & Lehtovaara, Jorma. Rakennusten uudet säätö- ja energianhallintaratkaisut. 2002. 279 s. + liitt. 9 s.
- 2136 Hietaniemi Jukka & Baroudi, Djebbar. Physical Interpretation of Temperature Data Measured in the SBI Fire Test. Nordtest Technical Report 416. Nordtest Project No. 1381-98. 2002. 47 p. + app. 4 p.
- 2144 Saari, Mikko, Pallari, Marja-Liisa, Salonvaara, Mikael, Kääriäinen, Hannu, Viitanen, Hannu, Humala, Iris, Liski-Markkanen, Sari, Malin, Anne & Laitinen, Kirsi. Terveen saunan tekijät. 2002. 60 s. + liitt. 47 s.
- 2147 Ritola, Jouko & Vuopio, Jaakko. Kalliotilojen vesitiiviyyden hallinta. 2002. 124 s.
- 2154 Vainio, Terttu, Jaakkonen, Liisa, Nippala, Eero, Lehtinen, Erkki & Isaksson, Kaj. Korjausrakentaminen 2000–2010. 2002. 60 s. + liitt. 25 s.
- 2158 Shukuya, Masanori & Hammache, Abdelaziz. Introduction to the Concept of Exergy - for a Better Understanding of Low-Temperature-Heating and High-Temperature-Cooling Systems. 2002. 14 p. + app. 17 p.
- 2161 Kiinteistö- ja rakennusalan tuotemallien ja yhteensopivuuden tulevaisuus. Vaihtoehtoisia skenaarioita ja teknologiapolkuja. 2002. 53 s. + liitt. 11 s.

Tätä julkaisua myy	Denna publikation säljs av	This publication is available from
VTT TIETOPALVELU	VTT INFORMATIONSTJÄNST	VTT INFORMATION SERVICE
PL 2000	PB 2000	P.O.Box 2000
02044 VTT	02044 VTT	FIN-02044 VTT, Finland
Puh. (09) 456 4404	Tel. (09) 456 4404	Phone internat. + 358 9 456 4404
Faksi (09) 456 4374	Fax (09) 456 4374	Fax + 358 9 456 4374