



## Senaatti-kiinteistöt: Tietomallivaatimukset 2007 Osa 9: Mallien käyttö talotekniikan analyyseissa

Raportin nimi Senaatti-kiinteistöt: Tietomallivaatimukset 2007. Osa 9: Mallien käyttö talotekniikan analyyseissä	
Asiakkaan nimi, yhteyshenkilö ja yhteystiedot Senaatti-kiinteistöt, vastuuhenkilö: Johtaja Jukka Riikonen (Investoinnit-palveluyksikkö)  Senaatti-kiinteistöjen ohjausryhmä: Johtaja Jukka Riikonen Kehityspäällikkö Kari Alatalo Kiinteistölakimies Pekka Henriksson Kustannusasiantuntija Ulla Kauranen Asiakaspäällikkö Auli Karjalainen Johtaja Juha Lemström Johtava asiantuntija (LVI) Juha Muttilainen Projektipäällikkö Kari Ristolainen Asiantuntija (sähkö) Aimo Timonen	Asiakkaan viite
Projektin nimi Tietomallivaatimukset	Projektin numero 16435
Raportin työryhmä VTT: Arto Kiviniemi, Mirikka Rekola, Kaisa Belloni, Jun Kojima, Tiina Koppinen ja Tarja Mäkeläinen Solibri Oy: Heikki Kulusjärvi Tocosoft Oy: Jiri Hietanen	Sivujen lukumäärä 13
Avainsanat Rakennuksen tietomalli, rakentaminen, kiinteistö-ala	Raportin numero
Tiivistelmä Tämä raportti kuvaa detaljitasolla miten Senaatti-kiinteistöjen projekteissa voidaan hyödyntää rakennuksen tietomalleja talotekniikan analyyseissä.	
Luottamuksellisuus	<b>Julkinen</b>
Espoo 14.9.2007 Allekirjoitukset  Arto Kiviniemi Tutkimusprofessori	
VTT:n yhteystiedot VTT, PL1000, 02044 VTT	
Jakelu (asiakkaat ja VTT)	
VTT:n nimen käyttäminen mainonnassa on sallittu vain VTT:ltä saadun kirjallisen luvan perusteella.	

## Sisällysluettelo

Sisällysluettelo	2
1 Senaatin tietomallivaatimusten päätavoitteet	3
2 Johdanto	4
3 Talotekniikan analyysit	4
3.1 Energiasimulointi	4
3.2 Olosuhdesimulointi	5
3.3 Virtaussimulointi	5
3.4 Talotekniikan elinkaarikustannusten analyysi	5
3.5 Ympäristövaikutusanalyysi	5
3.6 Talotekniikka osana arkkitehtuuria	6
3.7 Valaistusvisualisointi ja -simulointi	6
3.8 Valaistuskalkulaatio	6
3.9 Analyysien suorittaminen ja tulosten esittäminen	7
4 Analyysit eritasoisista malleista	7
4.1 Inventointimalli	7
4.1.1 Olosuhdesimulointi	7
4.1.2 Energiasimulointi	8
4.2 Vaatimusmalli	8
4.3 Tilaryhmämalli	8
4.3.1 Energiasimulointi	8
4.4 Tilamalli	9
4.4.1 Olosuhdesimulointi	9
4.4.2 Energiasimulointi	9
4.4.3 Talotekniikan elinkaarikustannusten analyysi	9
4.5 Alustava rakennusosamalli	9
4.5.1 Olosuhdesimulointi	9
4.5.2 Virtaussimulointi	10
4.5.3 Energiasimulointi	10
4.5.4 Talotekniikan elinkaarikustannusten analyysi	10
4.5.5 Ympäristövaikutustarkastelu	10
4.5.6 Talotekniikan sopeutuminen arkkitehtuurin osaksi	10
4.6 Rakennusosamalli	10
4.6.1 Energiasimulointi	10
4.6.2 Talotekniikan elinkaarikustannusten analyysi	11
4.6.3 Ympäristövaikutustarkastelu	11
4.6.4 Talotekniikan sopeutuminen arkkitehtuurin osaksi	11
4.6.5 Valaistusvisualisointi ja -simulointi	11
4.6.6 Valaistuskalkulaatio	11
5 Muut noudatettavat ohjeet & lähteet	11
Liite 1: Yhteenvetotaulukko talotekniikan analyyseistä	12

# 1 Senaatin tietomallivaatimusten päätavoitteet

Rakennusprojektien mallinnus ei ole itseisarvo, vaan sen tavoitteena on suunnitelmien kolmiulotteisen tarkastelun avulla tapahtuva laadun ja osapuolten välisen tiedonsiirron parantaminen ja suunnitteluvirheiden vähentäminen sekä suunnitteluprosessin tehostaminen ja tavoitteiden mukaisen lopputuloksen varmistaminen. Mallinnusvaatimus koskee sekä uudisrakentamis- että korjausrakentamiskohteita. Mallien käyttö ja tietosisältö tulevat olemaan suunnittelusopimuksissa sitovia vaatimuksia.

Pakollinen osuus on rajattu lähtötilanteen ja arkkitehtisuunnittelun mallintamiseen ja havainnollistamiseen sekä arkkitehdin mallien pohjalta tehtävään laajuusseurantaan ja investointilaskentaan. Arkkitehtisuunnittelussa mallinnusta käytetään läpi koko prosessin alkaen tilamallipohjaisesta vaihtoehtojen esittämisestä päättyen urakkavaiheen tarjousasiakirjoihin.

Mallinnuksen painopiste on suunnittelun tehostamisessa ja investointipäätöksen tukemisessa vertailemalla erityisesti vaihtoehtojen toimivuutta ja laajuutta sekä mahdollisuuksien mukaan kustannuksia ja elinkaariominaisuuksia.

Kohteiden energiatalous pyritään varmistamaan simuloimalla rakennuksen energiankulutusta ennen oleellisia päätöksiä ja hyödyntämällä näitä tuloksia rakennuksen käytönaikaisen energiankulutuksen seurannassa. Myös rakenne- ja taloteknisten järjestelmien mallintamiseen pyritään mahdollisimman aikaisessa vaiheessa, mutta näiden mallien vaatimisesta päätetään tapauskohtaisesti.

Mallien käyttöön liittyy oleellisena osana laadunvarmistus, jonka keskeisenä tavoitteena on suunnitelmien laadun sekä osapuolien välisen tiedonsiirron parantaminen ja sitä kautta suunnitteluprosessin tehostaminen. Tämä vaatii suunnittelijoiden, projektin johdon ja tilaajan yhteistyötä. Vastuuta laadusta ei kuitenkaan voida siirtää laadunvarmistuksen tehtäväksi, vaan jokaisella osapuolella on vastuu omasta työstään.

”Senaatti-kiinteistöjen tietomallivaatimukset 2007” koostuu kokonaisuudessaan seuraavista dokumenteista:

1. Yleinen osuus
2. Lähtötilanteen mallinnus
3. Arkkitehtisuunnittelu
4. Talotekninen suunnittelu
5. Rakennesuunnittelu
6. Laadunvarmistus ja tietomallien yhdistäminen
7. Määrälaskenta
8. Mallien käyttö havainnollistamisessa
9. Mallien käyttö talotekniikan analyyseissä

Jokaisen osapuolen on tutustuttava oman alansa vaatimusten lisäksi ainakin yleiseen osuuteen sekä laadunvarmistuksen periaatteisiin. Projektia tai projektin tiedonhallintaa johtavan henkilön on hallittava tietomallivaatimusten periaatteet kokonaisuudessaan.

## 2 Johdanto

Tämä dokumentti käsittelee talotekniikkasuunnittelijan tyypillisesti tekemät analyysit eri suunnitteluvaiheissa tarjolla olevien rakennuksen tietomallien kautta. Dokumentissa kuvataan arkkitehdin tuottaman mallin tietosisältö eri suunnitteluvaiheissa näiden analyysien näkökulmasta. Analyyseihin käytettäviin työkaluihin ei oteta kantaa. Tätä dokumenttia sovelletaan siltä osin, kuin talotekniikan analyysijä on tarjouspyynnössä ja suunnittelusopimuksissa sovittu tehtäväksi rakennuksen tietomalleihin perustuen.

Analyysit kohdistuvat joko koko rakennukseen, yksittäisiin tyyppi- tai mallitiloihin tai talotekniseen järjestelmään tai sen osaan. Kattava kuvaus erilaisista talotekniikan analyyseistä ja simuloinneista löytyy myös ProIT-sarjassa ilmestyvässä kirjassa ”Tuotemallintaminen talotekniikkasuunnittelussa”[2, luku 3.4].

## 3 Talotekniikan analyysit

Monet muiden suunnittelijoiden tekemät ratkaisut, esimerkiksi arkkitehdin valitsema rakennuksen muoto tai rakennesuunnittelijan rakennevalinnat, konkretisoituvat elinkaarivaikutuksiksi taloteknisen järjestelmän kautta, esimerkiksi lisääntyneenä energiankulutuksena. Mahdollisia virheitä tai epätaloudellisia ratkaisuja ei kuitenkaan voida korjata pelkän taloteknisen järjestelmän avulla siinä vaiheessa, kun tila- ja rakenneratkaisut on lyöty lukkoon. Päinvastoin, usein tällöin myös taloteknisiltä järjestelmiltä vaaditaan erikoisratkaisuja, jotka entisestään lisäävät kustannuksia. Siksi talotekniikkasuunnittelijan tulee olla hankkeen suunnittelussa mukana alusta lähtien.

Talotekniikan analyysien avulla saadaan tietoa mm. suunnitteluratkaisun energiatehokkuudesta ja elinkaarikustannuksista. Rakennuksen tietomallit tehostavat talotekniikan analyysien tekemistä. Analyysijä voidaan tehdä hyvin yksinkertaisten ja alustavienkin rakennuksen tietomallien avulla. Tästä syntyy huomattavaa lisäarvoa suunnittelua ohjaavaa päätöksentekoa ajatellen. Suunnittelun alkuvaiheessa analyysien painopiste on vaihtoehtojen vertailussa ja myöhemmissä vaiheissa suunnitteluratkaisun tavoitteenmukaisuuden arvioinnissa.

### 3.1 Energiasimulointi

Energiasimuloinnilla lasketaan rakennuksen energian kulutusta. Simulointien avulla verrataan eri suunnitelmaratkaisujen energiatehokkuutta ja ohjataan suunnitelman kehittämistä energiatavoitteen näkökulmasta. Jotta varsinkaan tiukimpiin energiatehokkuusvaatimuksiin (direktiivin korkeimmat energialuokat) päästäisiin, täytyy suunnitelman analysoiminen aloittaa jo hyvin varhaisessa vaiheessa. Suunnittelun loppuvaiheessa energiasimulointia voidaan käyttää myös ylläpitovaiheen kulutusseurannan tavoitteen määrittämiseen.

Energiasimulointi voidaan tehdä eri laajuisena (esim. lämmitysenergiankulutus, jäädytysenergiankulutus, järjestelmien oman toiminnan sähkönkulutus, sähköjärjestelmien sähkönkulutus, vedenkulutus ja veden lämmitys) [2]. Projektissa on sovittava, mitä energiasimulointi milloinkin käsittää ja missä vaiheissa erilaisia simulointeja tehdään sekä LVI-suunnittelijan ja sähkösuunnittelijan vastuista eri osa-alueiden energiasimuloinnissa. Jos simulointi tehdään useassa osassa ja useamman suunnittelijan toimesta, on sovittava, että kaikki käyttävät samoja lähtötietoja, jotta osat muodostavat järkevän ja vertailukelpoisen kokonaisuuden.

### 3.2 Olosuhdesimulointi

Olosuhdesimulointi tuottaa sisätilan lämpötilat annetuissa mitoitusolosuhteissa tunneittain vuorokauden ajalta. Lisäksi sillä voidaan tarkastella mm. tilan lämpöviihtyvyyttä, hiilidioksidipitoisuutta ja ilman kosteutta. Olosuhdesimuloinnilla voidaan tutkia eri rakenne- tai suunnitelmaratkaisujen vaikutusta tilojen olosuhteisiin. Simulointi voidaan tehdä paitsi koko rakennukseen rajatusti tiettyyn tilaan tai tiettyihin tiloihin. Tällaiset tarkastelut ovat sitä tärkeämpiä, mitä enemmän esim. pyritään passiivisiin lämmitys- ja jäähdytysratkaisuihin.

Jos olosuhdesimulaatiota käytetään niin, että lähtötiedoiksi asetetaan haluttavat olosuhteet, voidaan tuloksia käyttää taloteknisten järjestelmien suunnittelun ja mitoituksen lähtökohtana. Tällöin voidaan puhua myös mitoitussimuloinnista.

### 3.3 Virtaussimulointi

Virtaussimulointi (*CFD, computational fluid dynamics*) analysoi ilman virtausta ja lämpötilan jakautumista yksittäisen tilan sisällä. Sillä saadaan yksityiskohtaista tietoa lämpötila- ja ilmapirtausolosuhteista. Sitä käytetään lähinnä erikoiskohteissa, kuten korkeat tilat ja suuret yleisötilat.

### 3.4 Talotekniikan elinkaarikustannusten analyysi

Talotekniikan osuus rakennuksen kokonaiskustannuksista on viime ajat kasvanut. Siksi niitä pyritään aikaisempaa useammin arvioimaan kokonaisuutena koko rakennuksen elinkaaren ajalta sisältäen [2]:

- investointikustannukset
- hoito- ja huoltokustannukset
- kunnossapitokustannukset
- energiakustannukset (kulutus)

Laskentaa voidaan tehdä eri tasoilla [2]:

- Tila-/tilaryhmäpohjainen laskenta (arkkitehtimallin pohjalta)
- Yksikkökustannuslaskenta (Edelliseen lisätietona TATE-järjestelmien vyöhykejaot ja osittaista TATE-järjestelmämallien määrätietoa.)
- Tuotepakettipohjainen kustannuslaskenta (Edelliseen lisätietona TATE-järjestelmien kaikki määrätiedot sekä järjestelmämalleista puuttuvien osuuksien tiedot)

Usein tarkastellaan rajattua järjestelmän osaa eri vaihtoehtojen vertailemiseksi tai tietyn rakenneratkaisun (esim. ulkoseinä, ikkunat) vaikutusta rakennuksen koko elinkaaren aikajänteellä.

### 3.5 Ympäristövaikutusanalyysi

Ympäristövaikutuksia analysoidaan arkkitehdin rakennusosamallin ja talotekniikan järjestelmämallin pohjalta. Ympäristövaikutusanalyysillä voidaan arvioida energiankulutusta, raaka-aineiden kulutusta, rakennuksen päästöjä ja rakennusosien käyttöikä. Tulokset havainnollistavat suunnitteluratkaisun näitä ominaisuuksia. Analyysissä voidaan hyödyntää TATE-mallien ja rakennusosamallien määrätietoja.

Rakennuksen energiankulutuksen osuus on karkeasti arvioituna 80% rakennuksen koko ympäristövaikutuksista [2], joten usein ympäristövaikutuksiin päästään käsiksi myös pelkän energiasimuloinnin avulla.

### 3.6 Talotekniikka osana arkkitehtuuria

Yhdistämällä talotekniikan mallit arkkitehdin rakennusosamalliin, voidaan arvioida talotekniikan päätelaitteiden (patterit, ilmastointisuuttimet, valaisimet, jne.) sopeutumista rakennuksen arkkitehtuuriin kohteissa, joissa tämä on kriittistä. Tarkastelu saattaa olla mahdollista arkkitehdin mallinnusohjelmistossa tai siihen voidaan käyttää erillistä mallien yhteistarkasteluun tarkoitettua ohjelmistoa.

Havainnollistamisen tehtäväjaosta arkkitehdin ja TATE-suunnittelijan kesken sekä siihen tarvittavien lähtötietojen tarkkuudesta on sovittava suunnittelu-sopimuksissa.

### 3.7 Valaistusvisualisointi ja -simulointi

Valaistusvisualisoinnilla havainnollistetaan valittujen valaisinten vaikutusta tilojen olemukseen: valaisinten ulkonäkö ja huoneen valaistus. Lisäksi voidaan tarkastella päivänvalon vaikutuksia ja häikäisyä.

Valaistussimuloinnissa käytettävän ohjelmiston on pystyttävä laskemaan todennukainen valaistus useista valonlähteistä (Photo Accurate Rendering). Simuloinnissa tarvitaan tiedot pintojen väreistä ja heijastusominaisuuksista sekä tilojen kalusteet. Tuloksena saadaan varsin hyvin lopullista vastaavia, valokuvamaisia kuvia sekä oleellisena erona visualisointiin myös valaistustasot eri pinnoilla. Joillain ohjelmilla voidaan tutkia myös häiritsevien kiiltojen ja häikäisyn aiheuttamia ergonomisia ongelmia. Valaistusvisualisointi ja -simulointi tehdään yleensä vain sovituille mallitiloille, ei koko rakennukselle.

Valaistusvisualisointiin ja -simulointiin käytetään arkkitehdin rakennusosamallia ja sähkösuunnittelijan järjestelmämallia. Haluttaessa tarkastella lopullista vaikutelmaa tai valaistusolosuhteita esimerkiksi työpisteessä, tulee arkkitehdin mallissa olla myös tilan kalusteet. Jotta valaistussimulointi olisi luotettava, joudutaan tilan tai rakennuksen 3D-mallia usein muokkaamaan tai mallintamaan uudelleen vastaamaan simulointiohjelmien vaatimuksia.

Visualisoinnin tai simuloinnin tasosta, tarvittavien lähtötietojen tarkkuudesta sekä tehtäväjaosta arkkitehdin ja TATE-suunnittelijan kesken on sovittava suunnittelu-sopimuksissa.

### 3.8 Valaistuslaskenta

Valaistuslaskennassa lasketaan ja esitetään numeerisessa muodossa huoneen valaisinten antama valaistusvoimakkuus ja häikäisyindeksi tilassa ja tilan eri pinnoilla. Valaistuslaskentaan käytetään arkkitehdin rakennusosamallia ja sähkösuunnittelijan järjestelmämallia. Koska yleensä halutaan tarkastella valaistusolosuhteita erityisesti esim. työpöydän pinnalla, tulee arkkitehdin mallissa olla laskentaa varten myös tilan kalusteet. Laskenta voidaan tehdä mallitilaan tai kaikkiin tarpeellisiin tiloihin. Valaistuslaskenta on oleellisesti pienitöisempi kuin valaistus-simulointi, mutta vähemmän havainnollinen.

### 3.9 Analyysien suorittaminen ja tulosten esittäminen

On tärkeää, että kaikki analyysit perustuvat lähdeaineiston julkaisuprosessin mukaiseen ”tiedostopakettiin” yleisohjeessa määritellyllä tavalla. Kaikkien lähtötietojen tulee olla samasta suunnitelmaversiosta ja niiden ristiriidattomuus pitää olla tarkastettu. Tarvittavien lähtötietojen olemassaolo varmistetaan ennen simulointiin ryhtymistä, ja käytetyt lähtötiedot tai oletusarvot dokumentoidaan, jotta ne ovat saatavilla tuloksia tarkasteltaessa. Kaikki analyysitulokset on edelleen liitettävä käytettyyn tiedostopakettiin, koska yksinään tai jonkin muun aineiston yhteydessä ne eivät enää tarjoa oikeaa tietoa suunnitelmasta.

Tulokset tulee muokata havainnolliseen muotoon, joka on mahdollista ymmärtää myös henkilölle, joka ei ole talotekniikan tai edes rakentamisen asiantuntija. Datan määrä tulee rajata olennaiseen ja tulosten esittämisessä tulee pyrkiä hyödyntämään taulukoita ja kaavioita, jos analyysiohjelma ei tuota suoraan havainnollistuksia.

Myös analyysin lähtökohtana olevia malleja voidaan hyödyntää tulosten havainnollistamisessa. Tilamallin avulla on mahdollista havainnollistaa olosuhdesimuloinnin tuloksia; esimerkiksi punaisella tilat, jotka eivät yllä tavoitteeseen. Samoin väreillä voidaan korostaa rakennusosia, jotka ovat analyysin tulosten mukaan kriittisiä.

Analyysitulosten havainnollistamisella on merkitystä, koska ne auttavat kaikkia projektin osapuolia ymmärtämään nopeammin analyysien tuloksen.

## 4 Analyysit eritasoisista malleista

Kokonaiskuva rakennuksen tietomallien sisällöstä ja käyttötarkoituksesta eri suunnittelualoilla ja eri suunnitteluprosessin vaiheissa on Tietomallivaatimusten yleisosassa. Arkkitehdin mallien tietosisältö on kuvattu arkkitehtisuunnitteluosassa. Arkkitehdin malli on saatavissa analyyseihin sekä IFC-muodossa että arkkitehdin käyttämän ohjelmiston alkuperäismuodossa.

### 4.1 Inventointimalli

Inventointimalli on korjaus- tai laajennushankkeen olemassa olevan rakennuksen (tai rakennusten) lähtötilanmalli. Siitä voidaan arvioida vanhojen rakenteiden soveltuvuutta uusiin vaatimuksiin nähden. Tämä on tärkeää erityisesti, jos pyritään vanhaa säilyttävään uudistamiseen.

Projektin lähtötietona olevan inventointimallin sisältö vaihtelee hankkeen tarpeiden mukaan. Tarkka sisältö sovitaan tapauskohtaisesti, mutta yleiset ohjeet inventointimallin sisällöstä löytyvät Tietomallivaatimusten osasta ”Lähtötilanne”. Yleensä inventointimalli on alustavan rakennusosamallin tasoinen. Mallista saadaan analyyseihin tilat ja osa rakennusosista.

#### 4.1.1 Olosuhdesimulointi

Inventointimallista voidaan selvittää olemassa olevan tilan olosuhteita nykyisellään ja arvioida joko soveltuvuutta tulevaan käyttötarkoitukseen tai saada vaatimuksia uuden ratkaisun talotekniikalle ja rakenteille.

#### 4.1.2 Energiasimulointi

Inventointimallista voidaan analysoida säilytettäväksi aiotun rakennuksen energiankulutusta; täyttääkö rakennus nykyvaatimukset tai tietoa siitä, miten paljon korjauksilla tulee parantaa energiatehokkuutta.

#### 4.2 Vaatimusmalli

Tilaaajan tulee vaatimusmallissa määrittellä selkeä tavoite suunnitteluratkaisun energiataloudellisuudelle ja tilojen olosuhteille. Myöhemmin analyysituloksia tarkastellaan annettuja vaatimuksia vastaan.

Hankesuunnitteluvaiheessa talotekniikan suunnittelija voi olla tilaaajan asiantuntijana määrittelemässä talotekniikan vaatimuksia. Varsinaisessa suunnitteluvaiheessa suunnittelija saa vaatimusmallin tilaajalta annettuna. Senaatin tietomallivaatimuksissa vaatimusmallilla tarkoitetaan tilaaajan hankkeelle asettamia vaatimuksia. Vaatimusmalli ei ole suunnittelumallien kaltainen rakennuksen tietomalli.

#### 4.3 Tilaryhmämalli

Tilaryhmämallien avulla tutkitaan rakennuksen massoittelua ja haetaan rakennuksen karkeaa hahmoa ja tilaryhmittelyä. Tilaryhmämalli sisältää tilaryhmiä esittäviä tilaobjekteja täydennettynä rakennuksen ulkovaipalla.

Kaikissa projekteissa ei tilaryhmämallia välttämättä tehdä, vaan ehdotuksia tutkitaan tilamallitasolla. Tästä sovitaan projektin suunnittelusopimuksissa.

Tilaryhmämallin ja tilamallin tietosisältö on kuvattu arkkitehtisuunnitteluosassa luvuissa 6.1-6.4.

##### 4.3.1 Energiasimulointi

Tilaryhmämallista voidaan tehdä alustava energiasimulointi. Tavoitteena on selvittää, onko ehdotetulla suunnitteluratkaisulla ylipäättään mahdollista päästä tavoitteeksi asetettuun energian kulutukseen. Jos perusratkaisu on huono, ei pelkällä taloteknisten järjestelmien optimoinnilla myöhemmin saada enää tilannetta hallintaan. Alustava simulointi kertoo energian kulutuksen suuruusluokan ja sen avulla on mahdollista vertailla suunnitelmavaihtoehtojen paremmuutta.

Arkkitehdin mallista saadaan ulkoseinät, mutta analyysin tekijän on lisättävä seinärakenteiden lämpötekniset tiedot analysointimalliin. Koska seinärakenteista ei vielä tässä vaiheessa yleensä ole päätetty mitään, käytetään seinien lämmöneristävyytenä RakMk:n määrittelemiä vähimmäisvaatimuksia tai tilaaajan asettamia tavoitearvoja.

Arkkitehdin mallissa voi olla alustavia hahmotelmia ikkunoista. Arkkitehdin kanssa tulee sopia ja dokumentoida arkkitehdin tietomalliselostukseen, miltä osin ikkunapinta-ala voidaan laskea mallissa olevien ikkunoiden mukaan. Ikkunoiden lämmöneristävyyden suhteen toimitaan samalla tavalla kuin seinien osalla.

Tuloksia tarkasteltaessa on myös kiinnitettävä huomiota siihen, kuinka suurelta osin ne perustuvat olettamuksiin ja kuinka paljon jo sovittuihin ratkaisuihin.

## 4.4 Tilamalli

Tilamallilla suunnitellaan rakennuksen tilojen sijoittelua. Tilamallin perusteella voidaan aloittaa mitoituslaskelmat LVI-järjestelmämallin mitoitusta varten.

Arkkitehdin tilamallista saadaan tilaobjektit, joissa on tilojen numerotunniste ja tilaluokka sekä tilojen pinta-alat. Lisäksi tilamallissa on rakennuksen ulkovaippa, mutta sen rakenteesta ei ole vielä yleensä päätetty mitään. Tarkempi tilaryhmämallin ja tilamallin tietosisältö on kuvattu arkkitehtisuunnitteluosassa asianomaisissa luvuissa. Arkkitehdin on kirjattava tiedot suunnitelmassaan jo päätetyistä ja avoimista asioista mallin mukana toimitettavaan tietomalliselostukseen.

### 4.4.1 Olosuhdesimulointi

Olosuhdesimulointien avulla arvioidaan suunnitteluratkaisuja sisätilojen viihtyvyyden kannalta, ohjataan suunnittelua ja vertaillaan vaihtoehtoja.

Arkkitehdin mallista saadaan ulkoseinät, mutta analyysin tekijän on lisättävä seinärakenteiden lämpötekniset tiedot analysointimalliin. Koska seinärakenteista ei vielä tässä vaiheessa yleensä ole päätetty mitään, käytetään seinien tyyppitietoina oletuksia, ohjeiden tyyppirakenteita tai tilaajan asettamia tavoitearvoja, ks. 4.3.1.

Simuloinnin tulokset on esitettävä havainnollisessa ja jäsenneyssä muodossa, joka on tilaajan ja projektin muiden osapuolien helposti ymmärrettävissä.

### 4.4.2 Energiasimulointi

Energiasimuloinnista pätee, mitä on sanottu tilaryhmämallin kohdalla (4.3.1). Energiasimulointi tehdään yleensä vain joko tilaryhmä- tai tilamallinnusvaiheessa, ei molemmissa. Tästä on sovittava suunnittelusopimuksissa.

### 4.4.3 Talotekniikan elinkaarikustannusten analyysi

Ensimmäiset elinkaarikustannusarviot voidaan tehdä tilapohjaisella laskentatavalla. Arkkitehdin mallista saadaan tilaobjektit ja niiden tiedot. Laskentaan tulee lisätä tilojen TATE-vaatimustiedot (laatutaso, varustetaso).

## 4.5 Alustava rakennusosamalli

Arkkitehdin alustava rakennusosamalli sisältää tilamallikohdassa kuvatut tilaobjektit. Lisäksi malli sisältää seinät, välipohjat, ikkunat ym. rakenteet, mutta ei vielä niiden yksityiskohtaisia tyyppitietoja. Alustavan rakennusosamallin sisältövaatimukset on kuvattu tietomallivaatimusten osassa 3 ”Arkkitehtisuunnittelu”.

Mallin lisäksi käytössä tulee olla kyseistä tietomallin versiota vastaava rakennusselostus ja tietomalliselostus. Arkkitehdin on kirjattava tiedot suunnitelmassaan jo päätetyistä ja vielä avoimista asioista tietomalliselostukseen.

### 4.5.1 Olosuhdesimulointi

Alustavassa rakennusosavaiheessa mallissa on enemmän rakenteita, ja rakennusosista (mm. ulkoseinät, väliseinät) on tarjolla enemmän tietoa kuin tilamallivaiheessa. Olosuhdesimuloinnilla voidaan tutkia tietyn rakenneratkaisun, ikkunarakkaisun tai esim. aurinkosuojauksen vaikutus tutkittavan tilan olosuhteisiin.

Simuloinnin tulokset on esitettävä havainnollisessa ja jäsenneyssä muodossa, joka on tilaajan ja projektin muiden osapuolien helposti ymmärrettävissä.

#### 4.5.2 Virtaussimulointi

Olosuhteita voidaan analysoida virtaussimuloinnin avulla niissä tiloissa, joissa se nähdään tarpeelliseksi. Tästä on sovittava suunnittelusopimuksissa. Simuloinnin tulosten avulla ohjataan suunnitteluratkaisuja.

#### 4.5.3 Energiasimulointi

Energiasimulointi tehdään periaatteessa vastaavilla tavoilla kuin aiemmissa vaiheissa, mutta tulosten tarkkuus ja luotettavuus on parempi, koska mallista saadaan tilojen lisäksi rakennusosia ja niiden rakennetyypit on ainakin pääosin määritelty.

#### 4.5.4 Talotekniikan elinkaarikustannusten analyysi

Talotekniikan elinkaarikustannuksia voidaan analysoida kuten tilamallivaiheessa. Yleensä analyysi tehdään vain jommassakummassa vaiheessa, ei molemmissa. Tästä on sovittava suunnittelusopimuksissa.

#### 4.5.5 Ympäristövaikutustarkastelu

Ympäristövaikutuksia voidaan tässä vaiheessa analysoida arkkitehdin rakennusosamallin ja talotekniikan järjestelmämallin pohjalta. Ympäristövaikutusanalyysillä voidaan arvioida energiankulutusta, raaka-aineiden kulutusta, rakennuksen päästöjä ja rakennusosien käyttöikä. Käytettävästä laajuudesta sovitaan suunnittelusopimuksissa.

#### 4.5.6 Talotekniikan sopeutuminen arkkitehtuurin osaksi

Jo luonnossuunnitteluvaiheessa voidaan tarkastella ja havainnollistaa talotekniikan malleja osana arkkitehdin mallia (ks. luku 3.6). Näiden tarkastelujen tarkkuusasteesta ja laajuudesta sovitaan suunnittelusopimuksissa.

### 4.6 Rakennusosamalli

Arkkitehdin rakennusosamalli sisältää tilaobjektit tilamallikohdassa kuvatulla tavalla. Lisäksi malli sisältää kaikki rakennusosat ja niiden tyyppitiedot. Tarkka kuvaus arkkitehdin rakennusosamallin tietosisällöstä on arkkitehtisuunnitteluosassa luvuissa 8.1 ja 8.3.

Mallin lisäksi käytössä tulee olla kyseistä tietomallin versiota vastaava rakennusselostus ja tietomalliselostus. Arkkitehdin on kirjattava tiedot analyysin tekoheikellä suunnitelmassaan jo päätetyistä ja vielä avoimista asioista tietomalliselostukseen.

#### 4.6.1 Energiasimulointi

Energiasimuloinnilla voidaan verifioida energiatavoitteiden täyttymistä. Lisäksi sen avulla voidaan määrittää ylläpitovaiheen kulutusseurannan tavoitearvo. Tässä vaiheessa voidaan jo myös saada tarkempaa tietoa energiankulutuksen jakautumisesta kulutuskohteittain.

#### 4.6.2 Talotekniikan elinkaarikustannusten analyysi

Talotekniikan elinkaarikustannuksia voidaan analysoida tuotepakettipohjaisella kustannuslaskennalla. Rakennusosavaiheessa on käytössä TATE-järjestelmämalleista tuotetut määrätiedot sekä järjestelmämalleista puuttuvien osuuksien tiedot.

#### 4.6.3 Ympäristövaikutustarkastelu

Ympäristövaikutuksia voidaan tässä vaiheessa analysoida arkkitehdin rakennusosamallin ja talotekniikan järjestelmämallin pohjalta. Ympäristövaikutusanalyysillä voidaan arvioida energiankulutusta, raaka-aineiden kulutusta, rakennuksen päästöjä ja rakennusosien käyttöikä. Käytettävästä laajuudesta sovitaan suunnittelusopimuksissa.

#### 4.6.4 Talotekniikan sopeutuminen arkkitehtuurin osaksi

Detaljisuunnitteluvaiheessa voidaan tarkastella ja havainnollistaa talotekniikan malleja osana arkkitehdin mallia, ks. luku 3.6. Näiden tarkastelujen tarkkuusasteesta ja laajuudesta sovitaan suunnittelusopimuksissa.

#### 4.6.5 Valaistusvisualisointi ja -simulointi

Detaljisuunnitteluvaiheessa voidaan tutkia ja havainnollistaa valaistusta, ks. luku 3.7. Arkkitehdin malliin on sitä varten lisättävä kalustus tarvittavassa laajuudessa. Mallin lisäksi tarvitaan kyseistä tietomallin versiota vastaava rakennusselostus. Arkkitehdin tietomallissa mahdollisesti jo olevat tiedot pintarakenteista ja niiden väreistä eivät yleensä siirry ohjelmistosta toiseen, vaan analyysin tekijän tulee lisätä ne käyttämäänsä ohjelmaan.

#### 4.6.6 Valaistuskalkulaatio

Vaihtoehtona valaistussimuloinnille voidaan detaljisuunnitteluvaiheessa tutkia ja havainnollistaa valaistusta yksinkertaisemmalla valaistuskalkulla, ks. luku 3.8. Arkkitehdin malliin on valaistusparametrien laskentaa varten lisättävä kalustus tarvittavassa laajuudessa. Mallin lisäksi tarvitaan kyseistä tietomallin versiota vastaava rakennusselostus ja tietomalliselostus. Arkkitehdin tietomallissa mahdollisesti jo olevat tiedot pintarakenteista ja niiden väreistä eivät yleensä siirry ohjelmistosta toiseen, vaan analyysin tekijän tulee lisätä ne käyttämäänsä ohjelmaan.

Valaistusvisualisoinnin, -simuloinnin tai -laskennan käytöstä, tarkkuudesta ja laajuudesta sovitaan suunnittelusopimuksissa.

## 5 Muut noudatettavat ohjeet & lähteet

1. Alatalo, K. Digitaalisten loppudokumenttien muotovaatimukset – Versio 2.0 (tai uudempi). Senaatti 2004.
2. Laine, T. Tuotemallintaminen talotekniikkasuunnittelussa. ProIT-sarja, Rakennusteollisuus RT ry, Helsinki, 2007.
3. RT 10-10579. Talotekniikan suunnittelun tehtäväluettelo. 1995 (tai uudempi).

## Liite 1: Yhteenvetotaulukko talotekniikan analyyseistä

	Vaatusmalli (Tarveselvitys)	Inventointimalli	Tilaryhmämalli	Tilamalli	Alustava rakennusosamalli	Rakennusosamalli	Toteumamalli
<b>Energia-analyysi</b>		Säilytettäväksi aiotun rakennuksen energiankulutus: täyttääkö nykyvaatimukset  Vaatimuksia uudistamiseen	Energiatavoitteen toteutumisen arviointi  Vaihtoehtojen vertailu energiatehokkuuden näkökulmasta		Energiatavoitteen toteutumisen arviointi  Yksittäisten ratkaisujen vaikutus rakennuksen kokonaisenergia-taloudellisuuteen	Energiatavoitteen toteutumisen arviointi	Suunniteltujen korjausten vaikutus rakennuksen kokonaisenergia-taloudellisuuteen
<b>Olosuhdeanalyysi</b>		Olemassa olevan tilan olosuhteiden arviointi nykyisellään  Vaatimuksia uudelle ratkaisulle		Rakennuksen analysointi TATE-järjestelmien mitoituksen perustaksi	Yksittäisten ratkaisujen vaikutus tietyn tilan olosuhteisiin	Rakennuksen analysointi TATE-järjestelmien mitoituksen perustaksi  Yksittäisten ratkaisujen vaikutus tietyn tilan olosuhteisiin	Rakennuksen analysointi huolto- ja korjaussuunnitelmien perustaksi
<b>Virtaussimuloinnit (CFD)</b>		Erikoistiloissa, jos tilan nykyinen taso on syytä selvittää korjausten suunnittelemiseksi. Kyseisen tilan on oltava mallinnettu rakennusosamallitasoisesti				Erikoiskohteet. Lämmön jakautuminen tilan sisällä, tilan ilmavirtaukset	Erikoiskohteet
<b>Ympäristövaikutusanalyysi (LCA)</b>						Rakenteiden, järjestelmien, energiankulutuksen ympäristövaikutukset	Huolto- ja korjaussuunnitelmien vertailemiseksi
<b>TATE-elinkaari-kustannukset (LCC)</b>				Vaihtoehtojen vertailu	Suunnitelman kehittäminen	Kustannusennuste käytön ajalle	Huolto- ja korjaussuunnitelmien arviointi/vertailu
<b>Valaistusvisuaalisointi ja -laskenta</b>						Valaistusratkaisujen havainnollistaminen ja arviointi	Huolto- ja korjaussuunnitelmien arviointi/vertailu