

**Sennatti**



Euroopa Liit  
Euroopa  
Regionaalarengu Fond



Eesti  
tuleviku heaks



# INFOMUDELID KINNISVARA KORRASHOIOUS

Esa Halmetoja

Originaal:

Tietomallit ylläpidossa

Esa Halmetoja

SENAATTI-KIINTEISTÖT

Raportti 2016-09-21

SEN/1269/2016/351054

INFOMUDELID KINNISVARA KORRASHOIUS

Aruanne 2016-09-21

Tõlgitud soome keelest Digitaalehituse klatri (EU49307) raames.

[www.digitaalehitus.ee](http://www.digitaalehitus.ee)

ISBN 978-9949-9960-1-8

2017

## EESSÕNA EESTIKEELSELE VÄLJAANDELE

Tõlge tööle (*Tietomallit ylläpidossa*) on valminud Digitaalehituse klatri VDCM töögrupi tegevuste raames ning annab oma panuse ehitise elukaarepõhisele käsitlusele Eestis. VDCM töögrupi laiem eesmärk on leppida ehitise elukaare osapoolte vahel kokku koostööpõhimõtted (nt standardid, protsessid, näidisdokumendid) ja neid edaspidi projektides rakendada, saavutamaks kokkuvõetud ehitisega seotud kuludes ning pakkuda ehitise kasutajatele paremat ja turvalisemat keskkonda.

Mudelprojekteerimine on ka Eestis üha enam kasutust leidmas hoone kavandamise faasis, me näeme selle jõudmist ehitusplatsile lähimas tulevikus. Ehitise elukaare pikim ja ka kulukaim faas on aga selle käitamine. Korrashoidjate napid oskused näidata vara omanikele oma tegevustega loodavat väärtust, on tekitanud olukorra, et nende rolli ei osata teadvustada. Osalt seetõttu on uute tehnoloogiate kasutuselevõtt valdkonnas olnud aeglane. Nii maailmas kui ka Eestis käivad alles intensiivsed arutelud selle ümber, kuidas kasutada ehitise infomudelil tulenevaid eeliseid hoone üleandmisel ja edaspidisel käitamisel. Vastust püütakse leida küsimustele, millist korrashoiu seisukohast vajalikku infot koguda, mida sellest sisestada mudelisse ja mida paigutada kohe korrashoiutarkvarasse. Ka pole selgelt väljakujunenud seisukohta, kuidas mudelis olevat infot edaspidi kasutada ja kes seda seal ajakohasena hoidma peab. Töö autor pakub selles osas välja oma selged ja praktikute arvamustele tuginevad seisukohad. Näiteks soovib ta korrashoiuks vajalikud andmed koguda eraldi rakendusse, sest oma igapäevases töös ei näe hoolduse asjatundjad ehitise infomudelil endal suuri kasutusvõimalusi – seda on kulukas värskena hoida ja sealt on erioskusteta spetsialistil keeruline vajalikku infot leida. Samas toetab ta mudeli kättesaadavaks tegemist kõigile elukaare osalistele, et igaüks neist saaks leida uusi kasutusvõimalusi oma töös.

Eraldi teemaderingi moodustavad erinevates riikides käibelolevad kinnisvara korrashoiu terminoloogia ja põhimõtted. Käesoleva töö autor rõhutab, et vaatleb peaaesjalikult hoone hoolduse valdkonda. Põhjuseid selleks on mitu – esiteks on aruanne valminud koostöös vastava ala praktikutega, mis annab käsitlusele suure lisaväärtuse selle rakendatavuse osas. Teiseks on aga ette näha, et suurimat kasu uutest tehnoloogiatest hakkab kinnisvara korrashoiu valdkonda tooma asjade internet – miljonitest internetti ühendatud seadmetest hakkavad andmed kinnisvara korrashoiu valdkonna otsustajateni jõudma eelkõige hooldusega seotult. Eestis on kinnisvara korrashoiu standardis EVS 807:2016 kokku lepitud lähenemine, et kinnisvara korrashoid kui üldmõiste hõlmab nii kinnisvara haldust kui ka hooldust.

Antud töös lähenetakse kinnisvara hoolduse teemale protsessipõhiselt ja keskendutakse mõnele olulisemale neist. Sarnane käsitlus on kasutusele võetud ka klatri VDCM grupis ja kõrvuti valmivate ehitise elukaare protsessikaartidega annab soomlaste töö väga vajalikku informatsiooni ehitise valmimise ja edasise korrashoiu protsessi osapoolte koostöövõimaluste kaardistamiseks.

Soome on Eestile ehitusvaldkonnas eeskujuks paljudes aspektides ning soov õppida nii seal kui ka mujal riikides saavutatust on üks klatri strateegilistest eesmärkidest. Täname autorit Esa Halmetoijat koostöö eest ja EASI, kes toetas töö eestikeelse versiooni valmimist Euroopa Liidu klatriprogrammi vahenditest.

## Sisukokkuvõte

Käesolevas aruandes keskendutakse hoonete info- ja koondmodelite (BIM, *Building Information Model*) kasutuspotentsiaalile ehitusjärgsel ajal. Uuringu lähenemisviis on protsessipõhine ehk teabevajadust on kontrollitud mõningate võtmeprotsesside vaatenurgast.

Olulisim järeldus on see, et praeguste infomodelite koostamise tava ei toeta hooldusvajadusi, nagu näiteks pole üldjuhul mudelisse salvestatud materjalide eluiga või hooldusintervalle/-välpasid. Samas ei pruugi ehitusinsener või arhitekt olla hoolduse lähteülesande koostajana kõige õigem osapool.

Infomodelite andmete struktuur ei ole hooldusteabe salvestamiseks mitte alati optimaalseim. Eriti just koondmodel on juba iseenesest mahukas fail ja lisateave kasvatab selle veelgi suuremaks. Seepärast oleks otstarbekas hooldusteabe salvestada eraldi andmebaasi ja luua sellele liidesed ehitiseosadega koondmodelis. Selle jaoks on tarvis kokku leppida ühistes identifitseerimispõhimõtetes.

Aruandest selgub, et infomodelite kasutamine hoone kasutaja jooksul eeldab paljude osapoolte koostööd ning infotehnoloogiliste lahenduste arendamist ja rakendamist. Samas, võrreldes 2D-joonistega, annab isegi lihtne infomodel hooldajatele lisateavet. Esimene samm infomodelite paremaks kasutamiseks hoone kasutuse ajal on juba olemasolevate mudelite kättesaadavaks tegemine protsessidele ja osapooltele. Kui erinevad osapooled saavad uurida mudeleid oma tegevuse vaatenurgast, võib esile kerkida uusi kasutusviise, mida varem pole märgatud. Samas võib infomodel toimida ka LEAN-platvormina ning olla osapooltele abiks oma tegevuse arendamisel.

Infomodelite kasutajaliideseid vajatakse ka tehnosüsteemide toimimist mõõtvatele seadmetele (andurid, mõõdikud). Need liidesed tuleks integreerida tingimuste- ja energiaseire koondsüsteemidega.

Aruande järelduste jaotises on kirjeldatud arengusamme infomodelite hoolduses kasutuselevõtu miinimumeelduste saavutamiseks.

Uurimistöös olid abiks ja kommenteerisid selle sisu järgmiste ettevõtete esindajad.

Granlund Oy

Gravicon Oy

ISS Palvelut Oy

Ramboll Finland Oy

VTT Oy

Dokumendi koostamist on toetanud ka kolleegid Senaatti-kiinteistöt (täidab Soomes sarnaseid funktsioone Riigi Kinnisvara AS-le, tõlkija) ehituse juhtimise, pindade (*work space*) ja hooldusosakondadest.

# Sisukord

EESSÕNA EESTIKEELSELE VÄLJAANDELE .....	3
Sisukokkuvõte.....	4
Lühendid .....	6
<b>1 Sissejuhatus.....</b>	<b>7</b>
1.1 Taust.....	7
1.2 Eesmärgid ja määratlus.....	8
<b>2 Senaatti-kiinteistöt infomudelid .....</b>	<b>8</b>
2.1 Taust.....	8
2.2 Modelleerimise eesmärgid .....	8
<b>3 Infomudeli kasutamine .....</b>	<b>9</b>
3.1 Üldist.....	9
3.2 Mudelprojekteerimist puudutavad eeskirjad ja juhendid.....	13
3.3 Infomudeli väljakutseid hoolduse seisukohast.....	13
3.4 Ohud .....	14
3.5 Koondmudel.....	14
<b>4 Hoolduse infovajadus.....</b>	<b>16</b>
<b>5 Korrashoiu mudel.....</b>	<b>16</b>
5.1 Üldist.....	16
5.2 Korrashoiu mudeli teabesisu .....	17
5.3 Haldusmudeli kasutamine.....	18
<b>6 Tingimuste mudel .....</b>	<b>20</b>
6.1 Üldist.....	20
6.2 Tingimuste mudelis sisalduvad andmed .....	20
6.3 Tingimuste mudeli kasutamine .....	21
<b>7 Infomudeli võimalused .....</b>	<b>22</b>
7.1 Kinnisvaraäri.....	23
7.2 Energiatõhususe ja sisekeskkonna haldamine .....	24
7.3 Hooldus.....	25
7.4 Kinnisvarahooldusteenuse pakkumisarvutused.....	27
7.5 Arvutipõhise hooldussüsteemi kasutamine .....	28
7.6 Töökohateenuste pakkumine .....	28
7.7 Ehitise kasutus .....	29
<b>8 Järeldused .....</b>	<b>30</b>
8.1 Kokkuvõte .....	30
8.2 Arengusammud.....	34
KIRJANDUST.....	35

## Lühendid

2D-joonis	Traditsiooniliste võtetega valminud joonis ehitusobjektist. Tööriistadeks cad-süsteem, paber, transparent vms
Algne mudel ( <i>native model</i> )	Rakendustarkvara sisemine failivorming, mida saab usaldusväärsetl avada ainult originaalprogrammiga.
AR ( <i>Augmented Reality</i> )	Liitreaalsus – ühendab digitaalset andmeid kasutaja tegeliku keskkonnaga. Erinevalt virtuaalreaalsusest kihistab liitreaalsus uue info olemasoleva keskkonna peale (nt nutiprillid).
GUID ( <i>Globally Unique Identifier</i> )	objekti individuaaltunnus infomudelil
IFC	IFC-fail on rahvusvahelise ettevõtte <i>International Alliance for Interoperability</i> välja töötatud ISO-standarditud XML-põhine avatud andmevahetusformaad. IFC on olemipõhiste andmete edastamise standard ühest arvutisüsteemist teise. Kõige värskem IFC-standardi versioon 4 (varasema nimega 2x4) avaldati 2013, kuid suur osa modelleerimise programmidest toetavad veel IFC 2x3 versiooni.
IFC-mudel	Kolmemõõtmeline mudel, mis hõlmab projektorganisatsiooniga kokku lepitud geomeetriat ja andmeid, mis sobivad kooskasutamiseks ja projekteerimiseks.
Infomudel	Ehitise omaduste materiaalne ja toimivuslik kirjeldus digitaalkujul, mis võimaldab kokkulepitud viisil teavet jagada.
Komponent	Seade, nt siiber, lõppseade, filter, ventilaator, elektri- või nõrkvoolu pistik jne
Koondmudel	Mudel, milles sisalduvad mitme projekteerimisala 3D-infomudelid samas koordinaatteljestikus
Lõppseade	Nt LVI2010 liigituse kohane tehnosüsteemi osa, valgusti jms
Olem, objekt (indiviid)	Infotehnoloogiline üldmõiste. Olemil võib olla erinevaid instantse, millel on ühesugused omadused, kuid erinevad väärtused. Olem sisaldab mitmesuguseid omadusi (atribuute), mis programmeerimisel salvestatakse muutujaiks, ning meetodeid, mille abil käsitletakse olemis sisalduvat teavet ehk muutujate väärtusi.
Spetsifikatsioon	Loetelu, kus on antud hoone süsteemide üht tüüpi osad selliselt, et nende kogused on kokku liidetud.
Staatust	Komponentidele antud täiendav määrang, märkus vms, mis lisandub ka IFC-mudelile.

Tehnosüsteem	Tervik, mis kirjeldab ühe funktsionaalse või staatilise süsteemi keskset üksust, ülekandeseadmeid ja lõppseadmeid. Näiteks on tehnosüsteem üks ventilatsiooniagregaat koos õhukanalite, komponentide ja lõppseadmetega
Tellijä	Osapool, kelle vastutusel on pakkumismenetluse materjalide tellimine projekteerijalt ja nende lähetamine töövõtjatele töövõtu hinna arvutamiseks
Tsentraalosa (keskne üksus)	Nt LVI2010 liigituse kohane tehnosüsteemi funktsioneerimiseks vajalik süsteemiosa, nagu jaotuskeskus jne.
Ülekandeseade	Nt LVI2010 liigituse kohane tehnosüsteemi osa, kaablijooks jne
YTV 2012	Mudelprojekteerimise üldnõuded 2012

## 1 Sissejuhatus

### 1.1 Taust

Ehitise infomudel (ingl k. *Building Information Model* BIM) on ehitise ja ehitusprotsessi kogu elukaart hõlmavate andmete kogum digitaalsel kujul. Infomudeliga seondub ka hoone geomeetria määramine ning esitamine kolmemõõtmeliselt illustreerimiseks ja mitmesuguste simulatsioonide tarvis. Infomudeli kontseptsioon on pärit töötlevast tööstusest, kus seda tooteinfo nime all kasutatakse toodete disainimise ja valmistamise meetodina.

Infomudeli koostamine suuremate projektide puhul on juba igapäevane. Väiksemaid hankeid, nagu ruumide sanitaarremonti või ümberehitust, tehakse edasi 2D-projekti järgi siis, kui hoonest varasem 3D-mudel puudub. Üldlevinud on ka mudelite kasutamine ehituse käigus näiteks tehnovõrkude paigaldusteede ja ristumise kontrollimisel ja sobitamisel.

Infomudeli kasutamiseks hoone hooldamisel tehakse aga alles esimesi samme. Võimalusi selleks on otsitud peamiselt arendus- ja pilootprojektide kaudu. Soome mudelprojekteerimise üldnõuetes YTV 2012 on antud juhiseid ja sisulisi nõudeid hooldusmudelitele, kuid praktikas pole neid, vähemalt ärilises mõttes, kasutusele võetud.

Hetkel puudub selles valdkonnas ühine seisukoht selle kohta, milline on õige viis infomudelite kasutamiseks hoone hooldamisel. Näiteks võiks mudelist teha kolmemõõtmelisi vaateid hooldustöödeks ja kasutamiseks hoone kasutajatele. Vaatel saab esitada muu hulgas sisekliima olukorda ja töötellimuste staatust. Sellist lahendust nimetatakse **tingimuste(olude)mudeliks**. (*condition model*)

Teiseks võimaluseks on teha mudelist **hooldusmudel**, kus hooldusluugid, ventiilid jm seadmed, hooldust vajavad objektid ja mõõteandmeid tootvad sensorid paiknevad kolmemõõtmelises mudelis. Mudeli sisu ja kasutamisevõimalusi on käsitletud täpsemalt jaotistes 5 ja 6.

Infomudelil põhinevast projekteerimisest rääkides on oluline mõista, et projekteerimise käigus tekib palju rohkem kui lihtsad joonised. Infomudeli arendamise peamine eesmärk on, et ühes asukohas paiknevat digitaalset infot saaks kasutada paljudel muudelgi eesmärkidel kui pelgalt jooniste tootmisel.



## 1.2 Eesmärgid ja määratlus

Käesoleva aruande mõte on olla teerajajaks infomudelite praktilisel rakendamisel kinnisvarahoolduses. Eesmärk on kirjeldada tavasid, mis võimaldavad hoolduse tarbeks teabe salvestamise infomudelisse ning leida uusi võimalusi infomudeli rakendamiseks.

Järgnevalt on kirjeldatud kolme aspekti, mille abil saab kontrollida infomudeli kasutamise võimalusi ja nendega seonduvaid põhiküsimusi.

### 1. Kliendi vaatenurgast

- Kas infomudeli kasutamise ja arendamisega saavutatakse konkurentsieeliseid?
- Kas infomudeli kasutamisega on võimalik eristuda konkurentidest?
- Kas klient ja lõppkasutaja saavad infomudeli kasutamisest konkreetseid eeliseid?

### 2. Majanduslikust vaatenurgast

- Kas osapooled saavutavad infomudeli kasutamisega parema tootlikkuse ja tõhususe?

### 3. Personali vaatenurgast

- Kas infomudeli kasutamine toodab erinevate osapoolte personalile lisaväärtust?

## 2 Senaatti-kiinteistöt infomudelid

### 2.1 Taust

Senaatti-kiinteistöt on Soomes hoonete infomudeli teerajajaks. Mudeleid on koostatud alates 2010. aastast. Eesmärgiks on olnud kinnisvara- ja ehitusala tootlikkuse, tõhususe ning lõpptoote ja tegevuse kvaliteedi parandamine. Senaatti-kiinteistöt on teinud tihedat koostööd Põhjamaade sõsarorganisatsioonidega, samuti projekteerijate ja ehitussektori esindajatega.

2007. aastal avaldas Senaatti-kiinteistöt oma nõuded infomudelile ja hakkas nõudma infomudelit kõigi ehitusprojektide puhul, mille maksumus ületas ühe miljoni euro piiri. Nõue tugines ehitustööstuse soovidele. Paljud selle ala ettevõtjad olid tellijailt palunud aktiivsemalt infomudeleid kasutada, sest nemad – nagu ka suur osa projekteerijaid – olid tõdenud, et infomudeli abil on võimalust muuta oma tegevus efektiivsemaks. Eialgu puudutas infomudeli kasutamise nõue ainult arhitektuurilisi projekte. 2009. aastast laiendati seda kõigile projektidele.

Kui 2010. aastal tuli päevakorda infomudeli nõuete ajakohastamine, ei tahtnud Senaatti-kiinteistöt enam ükski olla projekti liikumapanevaks jõuks. Infomudeli nõuetele algatati arendusprojekt, millega liitus hulgaliselt kinnisvara- ja ehitusala ettevõtjaid. BuildingSMART Finland (bSF) sai ülesandeks koordineerida ühiste BIM-nõuete koostamist. Töö tulemusena avaldati 2012. aastal mudelprojekteerimise ajakohastatud nõuded YTV 2012.

### 2.2 Modelleerimise eesmärgid

Infomodelleerimine tähendab hoone arvutipõhist projekteerimist, kus hoonest luuakse n-möötmeline (nxD) mudel simulatsioonide, projekteerimise, ehituse ja kasutamise jaoks. Sellest on abi projekteerijatele ja ehitajatele ehitusobjekti visualiseerimisel simuleeritud keskkonnas, ning võimalike projekteerimise, ehitamise ja korrashoiuga seotud probleemide leidmisel.



Infomudel võimaldab andmehaldust kogu ehitise eluea jooksul, toetab kestlikku arengut ning elukaarepõhist ja keskkonnasäästlikku mõtteviisi ehituses. Modelleerimine toetab nii kinnisvaraäri kui ka investeerimisprotsesse. Põhimõtteliselt pakub modelleerimine, muuhulgas, täpsemat teavet investeerimisotsuste tegemiseks, paindlikku ja avatud andmevahetust kõigi osapoolte vahel, parema kvaliteedi saavutamist virtuaalsete analüüsitööriistadega, ökonoomsust ja tõhusust hoone kasutamisel ja hooldamisel ning kogu kinnistu eluea kestvat teabehaldust.

Ehitusprojekti kõige kriitilisem hetk on otsus ettevõtmisega alustamisest. Infomodelleerimist võimaldav täpne ja usaldusväärne teave juba hanke kavandamise staadiumis vähendab ebaõnnestumise riski märgatavalt, sest alternatiivvariante on lihtne omavahel võrrelda. Eesmärgi seada ja nende saavutamist on võimalik täpsemalt jälgida, ning see hõlbustab ja parandab projekti juhtimist. Mudelite abil visualiseerimine teeb kliendi ja ka tellija jaoks neile pakutava lahenduse lihtsamini mõistetavaks. Infomudel pakub detailseid andmeid mahtude kohta, mis võimaldab teha täpseid pakkumisi ja eelarveid. Samuti saab üsna varases staadiumis teha elukaare analüüsi.

Integreeritud modelleerimistehnoloogia võimaldab paindlikku ja avatud andmevahetust kõigi osapoolte vahel. Ühtse standardi (näiteks IFC) kasutamine võimaldab projekte ühendada ja võrrelda, mis vähendab vigu projekteerimisel ja lihtsustab selle kaudu tööd ehitusplatsil. Pideva andmevahetuse toel on lihtsam muudatusi teha, samas väheneb asjatu töö hulk.

Analüüsi virtuaaltööriistad tõstavad kvaliteeti, sest paljastavad võimalikud probleemid juba varakult. Parandusi on võimalik teha projekteerimislaual, mitte alles ehitusplatsil. Mudelipõhised analüüsitööriistad (energia-, olude-, valgustus-, voolu-, elukaare- ja keskkonnamõjusimulatsioon) võimaldavad erinevaid variante kiiresti võrrelda.

Üks modelleerimise peamisi eesmärgi on toota käituseks ja hoolduseks ökonoomne ja tõhus hoone. Selleks tuleb hoonele projekteerida terviklik andurisüsteem, mille abil kogutakse täpsed andmed simulatsioonide ning projekti ja teostuse omavaheliseks võrdlemiseks. Mudel parandab kulude juhtimist ja aruandlust ning muudab omanikule ja üürnikule antava teabe läbipaistvaks ja kättesaadavaks.

## 3 Infomudeli kasutamine

### 3.1 Üldist

Tavaliselt mõeldakse BIM-mudeli all hoone kolmemõõtmelist mudelit (3D). Kasutatakse ka 4D-mudelit, mille all mõeldakse ehituse käigu simulatsiooni 3D-mudelis, ning lisaks rahastust sisaldavat 5D-mudelit. Hoone infomudelis sisalduvast teabest saab toota lugematul arvul mitmesuguseid vaateid ilma erilise projekteerimiseta. Praktikas on BIM tarkvarade kogum, mis on võimeline moodustama igal ajahetkel tarviliku kolmemõõtmelise vaate.

Info modelleerimine aitab projekteerijaid seatud eesmärkide saavutamisel. Infomudel ei ole eesmärk omaette, vaid lihtsalt tööriist, mis aitab soovitud projektlahenduseni jõudmisel. Modelleerimisprotsess muudab projekteerimisprotsessi läbipaistvaks. Mudelpõhise projekteerimise algstaadiumis on võimalik ühe silmapilguga kontrollida, mis tehtud ja mis veel tegemata. Täpsemat projekteerimist jätkatakse tavaliselt samas mudelis, see muudab aga tarindite valmidusastme kontrollimise keeruliseks. Olukorda parandaks ühiselt määratletud reeglistik, kuidas üksikobjekti olemit või nendest moodustuva loogilise terviku (nt betoonelement) valmidusastet ja versiooni esitada.

Infomudelit kasutavad programmid on olemipõhised. Olemid on eelnevalt defineeritud infopakettid, mida käsitletakse ühtsete tervikutena. Iga olem sisaldab ehitise ühe osa, nagu posti, ukse, akna või seina, teavet ettenähtud formaadis. Olemile saab määrata ka käitumist. Olemis sisalduv teave koosneb paljudest erinevatest parameetritest nagu visuaalsus, mõõtmed, materjaliomadused, termilised omadused jne. Kui olem lisatakse mudelisse, siis integreerub temas sisalduv tooteinfo mudelifaili.

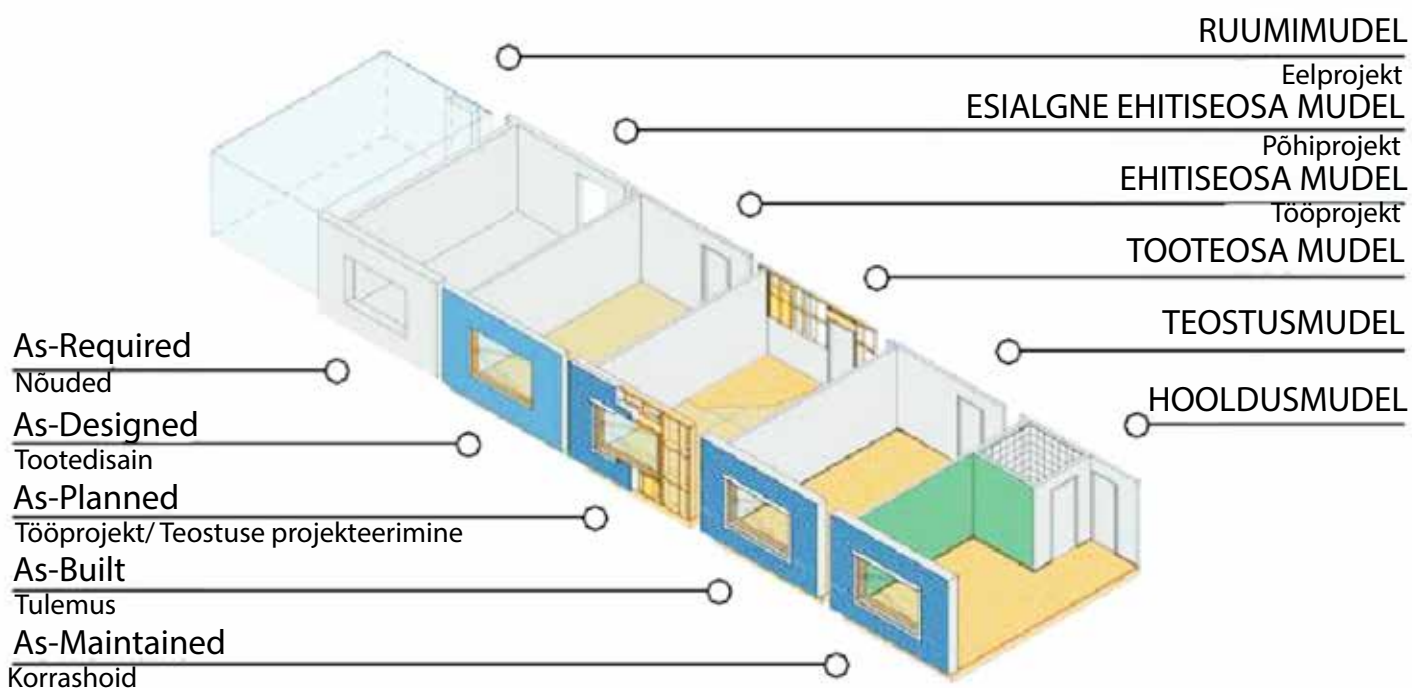
Praktikas pannakse nõuded konkreetsete materjalide omadustele (nt RYL vms) projekteerimisel kirja eraldi aruannetesse ja selgitustesse. Mudelis sisalduv info võib olla selles osas puudulik või ebaselge. Eeskätt sisestatakse mudelisse või kopeeritakse tootekataloogist (*product library*) sellised omadused, mis visualiseerimisel või muul eriotstarbel võivad kasulikuks osutada.

Infomudelis sisalduvat teavet saab kasutada näiteks tugevusarvutustes ja detailide tööstuslikul tootmisel. Analüüsitarkvara leiab infomudelist ehitiseosa mõõtmed, materjali ja muud tarvilikud omadused, mille abil ta arvutab hoone karkassile mõjuvate jõudude suurused. Teisalt saab otse mudelist näiteks edastada teraskarkassi tala projektandmed toodet valmistavale masinale.

Tootjate BIM-objektide raamatukogu kasutamine on pisut probleemne, sest põhimõtteliselt sunnib see töövõtjat kasutama projekteerija poolt valitud tarnijat. Kui valitakse aga teine toode, siis võib osutada keerukaks uue objekti lisamine mudelile. Alternatiiviks on üritada uuendada tooteinfot juba eksisteerivas objektis Mõlemal juhul saadakse vaid projekteerimis- mitte teostusmudel.

Eelkõige tehnosüsteemide projekteerimisel kasutatakse sageli lisaks valmisobjektidele programmide tavapärase joonestusfunktsiooniga looduid. Nendele on tavaliselt keeruline lisada kõrgemat intelligentsust. Lisaks muudab suur andmemaht faili raskesti hallatavaks. Joonestatud objektidega on praktikas võimatu projekteerida suuri infomudeleid.

Arenenumaid joonisobjekte on võimalik luua programmeerimisega. Programmeeritud objektid on mahult väiksemad ja nende haldamine suures mudelis lihtsam. Programmeerimine võimaldab ka märgatavalt keerulisemate ja projekteerimise seisukohast arukamate omaduste lisamise. Programmeerimisega objektide koostamine nõuab siiski erioskusi, mis tehnosüsteemide projekteerijal tavaliselt puuduvad.



Joonis 1. Modelleerimise etapid

Joonisel 1 on esitatud hoone infomodelleerimise traditsioonilised etapid. Etappide sisu lühidalt on järgmine.

**Ruumimudel:** Eelprojekti jaoks loodud mudel, milles on määratud hoone ruumid. Ruumimudeli abil saab näiteks analüüsida hoone elukaarekulusid ja keskkonnamõju.

**Esialgne ehitiseosa mudel:** Põhiprojekti etapi mudel, milles on esialgselt määratud ruume piiravad ehitiseosad üldiselt ilma tooteandmeteta.

**Ehitiseosa mudel:** Tööprojekti etapi mudel, kus on määratud ehitiseosad üldiselt ilma lõpliku tootemääratluseta.

**Tooteosa mudel:** Tööprojekti etapiks täiendatud ehitiseosamudel, kus ehitiseosadele vastavad valitud ehitustooted.

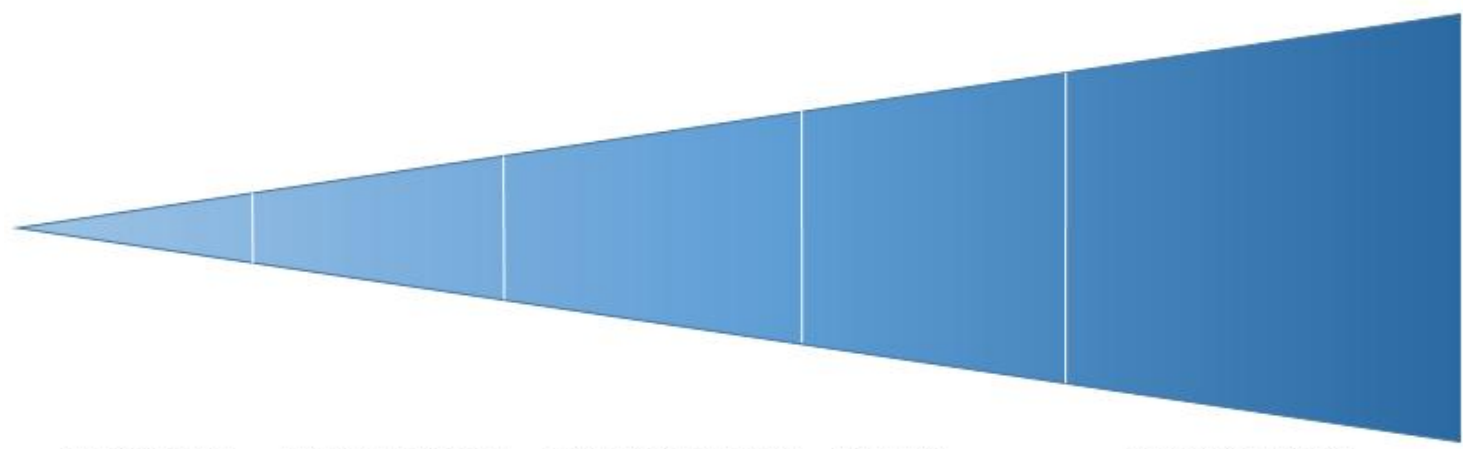
**Teostusmudel:** Hoone lõplik, realselt välja ehitatud geomeetrilist ja mitte-geomeetrilist infot kajastav infomudel, mille eesmärk on anda ajakohastatud teavet hoone korrashoiuks.

**Haldusmudel:** Mudel, milles sisalduvad käituse ja halduse aegsed ülesanded, muudatused, renoveerimisteave jms.

Praktikas on infomodelleerimine üsna tihedas ühenduses projekteerimisel tekkiva teabe ja selle kasutamisega. Infomudeli kasutamiseks ja ajakohastamiseks hoone käituse ajal puudub üldkokkulepitud tegevusmudel. Kuigi üldisi ülesande- ja protsessikirjeldusi on koostatud, on ehitushanke protsessi eri toimingute piirid ja tegevusviisid siiski kinnistumata.

Tööpanus jaotub modelleerimisel teist viisi kui traditsioonilises projekteerimisprotsessis. Pearõhk kandub joo- nestus-, printimis- ja teabeedastusrutiinilt üle projekti olulisematele ülesannetele ja sisule. Kõigepealt modelleeritaksegi tavaliselt ehitise üldisel tasemel ja 2D joonised väljastatakse sellest.

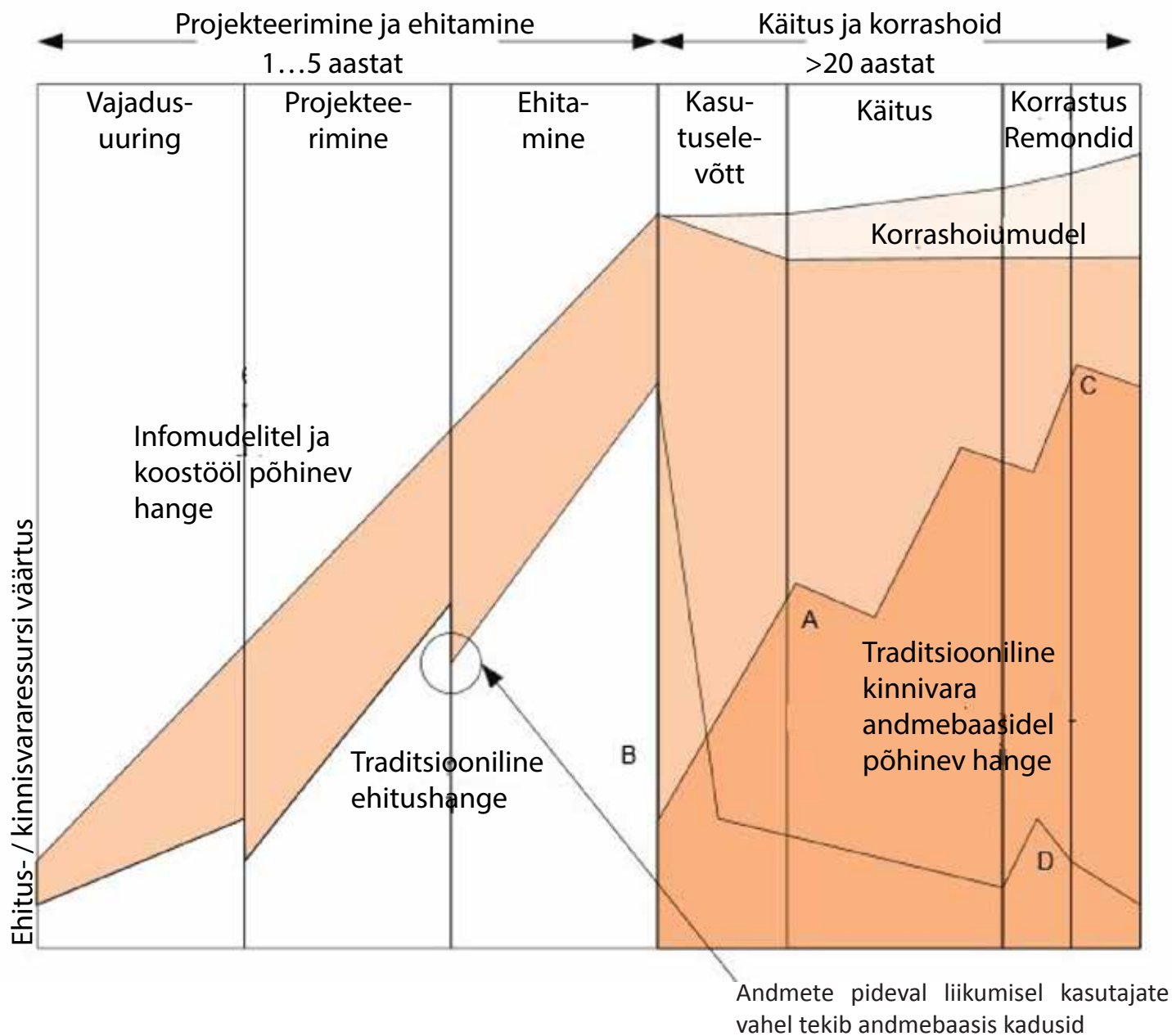
Praktikas tuleb 2D jooniseid aeg-ajalt välja printida hanke ajakava järgi, seega edeneb etappide kaupa ka täpsustav mudelipõhine projekteerimine. Selle õnnestumine eeldab, et olemi ja ehitusobjekti valmidusaste ja versioonihaldus on eelnevalt kokku lepitud ning osapooled teavad, milline versioon mingis etapis on ülene.



VAJADUSSELGITUS	HANKE (PROJEKTI) KAVANDAMINE	EHITUSPROJEKTEERIMINE	TEOSTUS (EHITAMINE)	KORRASHOID – HALDUS JA HOOLDUS
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hindamine</li> <li>• Kliendi vajadused</li> <li>• Muudatusvajadused</li> <li>• Hetkeolukord</li> <li>• Teenindusvajadus</li> <li>• Strateegiline hankeotsus</li> <li>• Eesmärgid</li> <li>• Variantid</li> <li>• Hankeotsus</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elukaare ökonoomsus/hindamine</li> <li>• Elukaare jälgimine</li> <li>• Kulude analüüs</li> <li>• Korrashoiunõuded</li> <li>• Algandmed</li> <li>• Ruumiprogramm</li> <li>• Ruumivajadus</li> <li>• Projekteerimisotsus</li> <li>• Investeerimisotsus</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elukaare ökonoomsus</li> <li>• Hooldusraamat</li> <li>• Kasutatavus</li> <li>• Tugitegevused</li> <li>• Kvaliteeditase</li> <li>• Mõõtme- ja mahuandmed</li> <li>• Paindlik muudetavus</li> <li>• Teenused</li> <li>• Projektid</li> <li>• Visualiseering</li> <li>• Korrashoid = Haldus ja hooldus</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hooldusraamat</li> <li>• Teostusinfo</li> <li>• Tooteinfo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elukaareinfo</li> <li>• Hooldusraamat</li> <li>• Majandusinfo</li> <li>• Käitusperioodide ja hoolduse teave</li> <li>• Muudatuste logi</li> <li>• Mudeli ajakohastamise etapid</li> <li>• Korrashoiuteave</li> </ul>

Joonis 2. Teabe kumuleerumine ehitise elukaarel

Joonisel 2 on esitatud infohulga kogunemist ehitise elukaare vältel. Korrashoid, mis ajaliselt on kõige pikem vahemik, suurendab infohulka kõige rohkem. Samas vajab korrashoid ka kõigis eelnenud etappides kogutud infot.



Skeemi joonte nurk kirjeldab panust, millega hanke eri etappidel infot lisandub

- A Kinnisvara andmebaasi rajamine
- B Kinnisvarahalduse lülitamine kasutaja omategevuse tugiteenustesse
- C Kinnisvaraandmebaasi haldamine
- D Joonisdokumentide ajakohastamine remondi ja korrastuse käigus

Joonis 3. Info moodustumine ehitusprojekti käigus (RT 10-10992, 2)

Ehitusprojekt peaks saama igalt alalt ehitise infomudelid, mida saaks otse üle anda korrashoiuettevõtte kasutusse. Üleandmisel ei tohi olla enam vajadust ehitusega seotud teavet lisada, vaid ehitusaegsed projektimuudatused peavad sisalduma mudelis enne nende teostamist. Sellega tagatakse, et mudelid on jätkuvalt ajakohased. Menetlus nõuab projektorganisatsioonilt head modelleerimisprotsessi valdamist ja selle integreerimist ehitusse, et muudatustööde projekteerimine ei hakkaks projekti käiku häirima.

### **3.2 Mudelprojekteerimist puudutavad eeskirjad ja juhendid**

Olulisemad infomodeli koostamist juhendavad dokumendid on projekti programmdokumendid koos lisadega, Senaatti-kiinteistöt CAD-juhend, projekti ülesandeloendid ja YTV 2012. Üleantavate mudelite sisu ja üleandmise korda on kirjeldatud CAD-juhendis ja Dokumentide üleandmise juhendis. Senaatti-kiinteistöt hankepõhiseid infomodeli tingimusi on kirjeldatud tabelitena, mida soovitatakse kasutada kõigi modelleeritavate projektide korral.

YTV 2012 nõuetes eeskätt on määratletud millistest tarinditest mudelid koostada ning on antud edasised täpsustavad asjaolusid. Siiski ei ole seal määratud tarindi kohta antavate andmete sisu. Täpsustavates tabelites on nõuded esitatud peamiselt tüüpliigituse, Talo 2000 tunnuse ning mõõtme- ja mahuandmete kohta. Ainult mõne kindlaksmääratud tarindi kohta (nt uks või aken) on esitatud nõudeid omaduste defineerimiseks. Kui andmeid omaduste kohta siiski nõutakse, tuleb kokku leppida, millisele andmeväljale need programmides ja IFC-eksportfailides kirjutatakse, et andmed oleksid masinloetavad.

BuildingSMART Finland (bSF) on 2015.a sügisel välja andnud sarja infomodelite andmesisaldusnõudeid. Senaatti-kiinteistöt polnud käesoleva juhendi tõlkimise ajaks veel võtnud vastu otsust nende kasutusele võtmiseks.

### **3.3 Infomodeli väljakutseid hoolduse seisukohast**

Kuigi infomodelite kasutamine ehituses on sagenenud, on need siiski veel üsna harvad erandid ning kinnisvara korrashoiu ettevõtetele pigem võõrad. Infomodelist saadavat tulu ei tunta ning tellija ei eelda teenusepakujalt selle kasutamist.

IT-süsteemide kasutamine on kinnisvara hooldusettevõtetele igapäevane asi. Uute infotehniliste süsteemide lisamine kinnisvarahooldusse võib siiski põhjustada vastuseisu muudatustele, kui neist tulenevat kasu ei suudeta konkreetsetl välja tuua. Uus teabesüsteem peaks lihtsustama personali tööd, näiteks vajaliku teabe kiirema leidmise ning vigade kindlakstegemise aja lühenemise kaudu. Ilma korrashoiuliideseta jääb tulu infomodelist siiski väheseks, sest kinnisvarakorrashoid ei vaja pidevalt detailset teavet ehitiseosa kohta.

Enamlevinud tõkked mudeli kasutamiseks hoolduses.

- Arvuti mälu maht piirab BIM-programmide kasutamist (eriti ühiskasutamist)
- Programmi kohmakas ja ajamahukas kasutajafunktsionaalsus
- Infomudel on puudulikult koostatud
- Ei usaldata mudeli veatust
- Visualiseerimisprogrammid ei ühildu
- Ehitusaegsed muudatused on sisse viimata
- Mudelis puuduvad hoolduseks vajatavad andmed
- Mudelit ei ajakohastata käituse ajal

- Mudelisse ei salvestata käitusel saadud kogemusi/tegevusi (nn vaiketeavet)
- Puudub liides visualiseerimisprogrammi või hooldusrakendusega
- Puudub liides mõõte- või hooneautomaatikasüsteemidega
- Vastuseis muudatustele
- Teadlikult ei soovita hooldust muuta läbipaistvaks
- Andmete ülekanne teistesse süsteemidesse nõuab palju käsitsi sisestamist

### 3.4 Ohud

Kõige olulisem infomudelil sisalduva teabe ärakasutamisega seotud risk on autoriõigus. Alati ei ole täpselt teada, kellele kuulub infomudelil sisalduv teave. Näiteks võib hoone omanik arvata end olevat mudeli omanik, sest ta on projekteerimise eest maksnud. Projekteerimisrühma liikmed aga võivad olla projekteerimisel kasutanud isiklikku tootearendust ja turvatud patente. Probleemide vältimiseks tuleks alati koostada infomudeli kasutusleping. Lepingu sõlmimise eesmärk on vältida piiranguid või probleeme, mis võivad takistada mudeli täies mahus kasutamist näiteks korrashoiu lepinguosaliste poolt.

Kirjeldatud probleem võib tekkida näiteks seadmete või materjalide tootemudelite kasutamisel. Valmis tooteosamudelid on projekteerijatele suureks abiks, sest need on täpsete mõõtmete ja parameetritega ning sisaldavad rohkesti tooteinfot. Praktikas võib probleem tekkida sellest, kui seadmetarnija tootemudel on patenditud antud ettevõttele ning ei ole eraldi kokku lepitud selles sisalduva teabe ärakasutamine hoolduses..

Ehitusalal pole see valdkond seadusega reguleeritud. Nõue info avalikkuse kohta puudutab ka hoone automaatikasüsteemi toodetava teabe kättesaadavust. Näiteks autode puhul on seadusega ette nähtud, milline teave peab olema kontrollimiseks kättesaadav. Teisalt peab tootja pakkuma vastava hoolduse programme hüvitise vastu ka teistele hooldajatele kui ainult oma teenusepartneritele.

Teine tähelepanuväärne oht on seotud vastutusega BIM-andmete ajakohastamise ning täpsuse ja õiguse eest. Märkamata jäänud projekteerimisvead võivad põhjustada tähelepanuväärseid kulutusi, eriti ehituse käigus. See pärast tuleb, enne kui infomodelit kasutama hakatakse, kokku leppida vastutuspiirid ja vastutus vigade eest. Väljaselgitusetapi unarusse jätmine võib viia keeruliste hüvitisnõueteni ja ehitusplatsil töörohke probleemilahenduseeni. Infomudeli kontrollimiseks tuleb varuda piisavalt aega ja raha.

Kolmanda riskigrupi moodustavad programmide vaheline tehnoloogiline ühildumatus ja sellest tekkivad võimalikud vead. Näiteks paigutatakse arenenud ehitusettevõttes projekti kulud ja ajagraafikute kihid 3D-mudelisse. Pea- ja alltöövõtjate programmid võivad olla aga erinevad, seega tuleb peatöövõtjal hallata ühist ajagraafikut kas manuaalselt või hankida ühilduv programm. Selleks võib olla BIM-moodul või mõni muu rakendus, mis integreeritakse 3D-mudeliga. Praegu on suurem osa projekti haldustööriistadest arendatud mõnest BIM-mudelist eraldi. Sama käib ka hooldusprogrammide kohta. Arvutist põhjustatud viga võib põhjustada näiteks mõne valmiselemendi tellimisega hilinemise, kui selle andmed ei liigu mudeli ja graafikuprogrammi vahel õigesti.

### 3.5 Koondmudel

Koondmudel moodustatakse erinevate projektiliikide infomudelite liitmisega. Koondmudel on tehniline mudel, mille eesmärk on tagada eri liiki tehnoloogia- ja hankeosaprojektide omavaheline sobivus. Koondmudelil saab muu hulgas luua ka näidismudeli tulevastele hoone kasutajatele.

Koondmudel luuakse mõne kokkulepitud avatud andmevahetusformaadi abil. Üldkasutatavad avatud andmevahetusstandardid on infomodelleerimise põhinõudeks olev IFC (*Industry Foundation Classes*) ning uuem, USAs ja mõnes teises riigis kasutatav COBie.

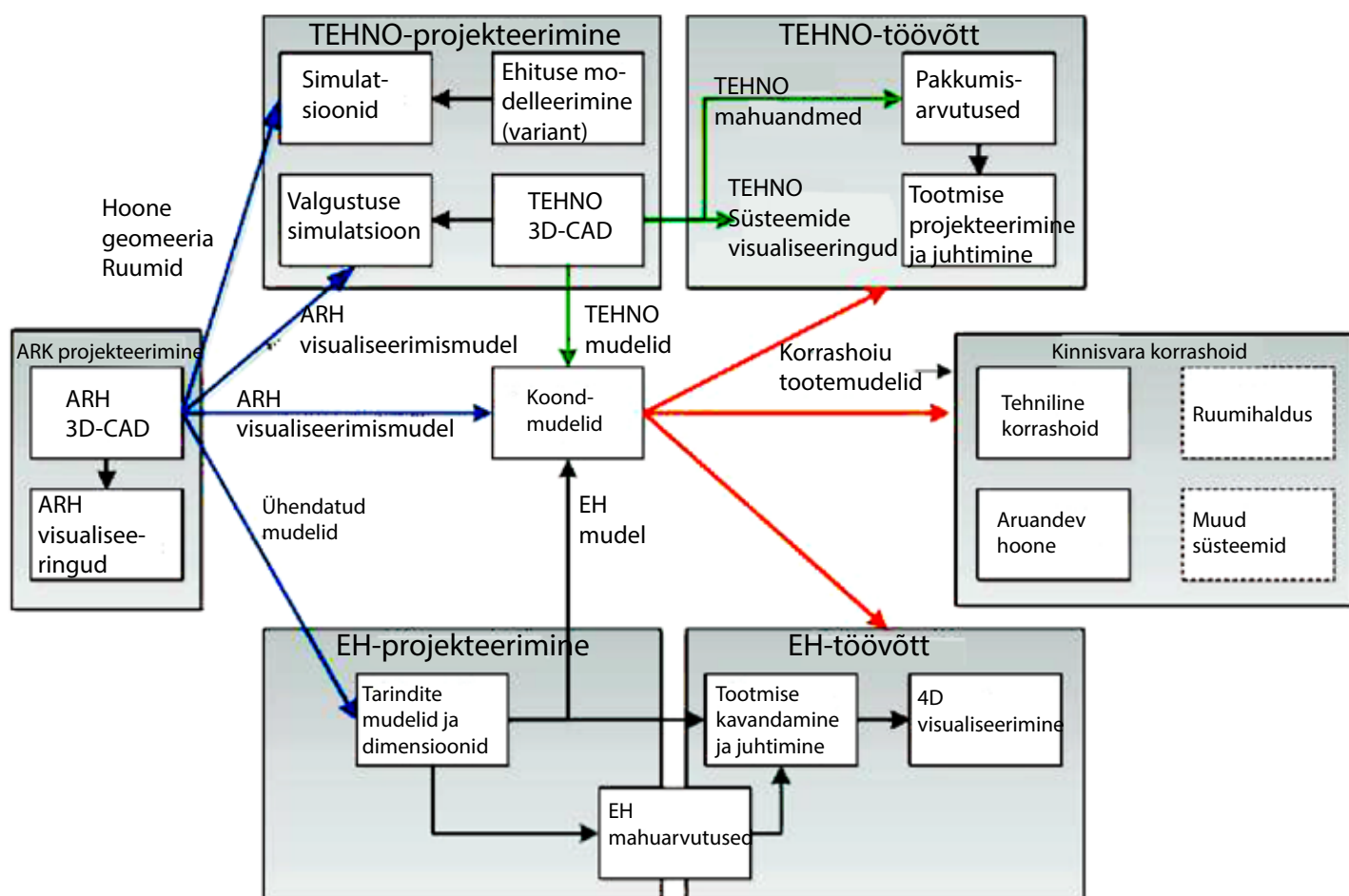


COBie (*Construction Operations Building Information Exchange*) ei sobi otse kogu mudeli teabeallikaks. Tegemist on andmevormiga, mis oli algselt loodud muude kui geomeetriliste modelleerimisandmete kogumiseks ja info-mudelid avaldamiseks. COBie lihtsustab lähteandmete, nagu seadmeloetelu, tootekirjelduste, garantiasjaolude, varuosade loetelu ning ennetava hoolduse graafikute kogumist ja salvestamist.

Harvemini kasutatav BCF (*Building Collaboration Format*) on soomlaste buildingSMART liikmete, Tekla ja Solibri, koostöös arendatud andmevahetusformaad. BCF-sõnum sisaldab mudelikomponentide asukoha- ja objektiandmeid, mille põhjal vastuvõttev programm leiab saatja valitud visiooni ja tõstab soovitud komponendid esile. Sellel meetodil edastatakse ainult väikesemahuline XML-põhine fail, ning tähelepanekute või mudeliga seotud küsimuste esitamine ei eelda terve IFC-mudeli saatmist. BCF-valmidus on mitmesse programmi juba sisse ehitatud, näiteks Tekla Structures, Solibri Model Checker, CADs Planner ja DDS Architecture.

BCFi esimene kasutusala on olnud projekteerijate või teisteprojekti osapoolte vaheliste selliste sõnumite vahendamine, mis sisaldavad täpset viiteterviklust mudeli teatud kohale. BCFi abil saaks teostada näiteks masina lihtsa mälukaardi ja mudeli linkimise BCF-ühilduva visualiseerimisprogrammi abil. Tulevikus luuakse projektorganisatsioonidele kasutamiseks BCF-st pilveteenusepõhiseid haldusrakendusi.

Ühestki praegu kasutatavast IFC eksportformaadis projekteerimismudelid ei kandu kogu selles olev intellekt (andmed) üle IFC-mudelisse, seega ei asenda need täielikult algupärast mudelit. IFC-andmevahetuses kaob mudelitest pealegi mingi osa parameetreid, mida läheb tarvis ehitiseosade kujundamisel ja nt esitusviisi haldamisel.



- ARH – arhitektuur
- EH – ehitus
- TEHNO – tehnosüsteemid (VKKV, automaatika, elekter)

Joonis 4. Koondmudel kavandamis- ja tootmistööriistana



Põhimõtteliselt saab infomudelit sellisenagi kasutada kinnisvarahoolduses elektrooniliste kinnisvarahaldussüsteemide kõrval. Mudeli kasutamist raskendavad lisaks keerukatele kasutajaliidestele andmete asukoha määramine ja usaldusvärsuse tagamine. Optimaalne on olukord, kus mudel oleks teiste süsteemidega integreeritud selliselt, et need kasutaks otse mudelis sisalduvaid andmeid ilma eraldi kasutajaliideseta. Et mudelis leiduvat teavet oleks võimalik kasutada, tuleks igale mudelisse lisatavale objektile anda individuaaltunnus. Tunnuse võib moodustada näiteks GUID-meetodil.

## 4 Hoolduse infovajadus

Kinnisvara korrashoiu infovajadus varieerub olenevalt rollist. Strateegiline juhtimine vajab teist tüüpi teavet kui taktikaline juhtimine või operatiivtegevus. Selles aruandes keskendutakse peamiselt operatiivtegevusele ehk hoolduseks vajatava teabe hankimisele ja loomisele hoone infomudeli abil.

Halduse olulisemad protsessid on

- a) kinnisvarahaldus
- b) kinnisvara korrashoiu teenused
- c) tehnosüsteemide hooldus
- d) hoone hooldus
- e) energiakasutuse ohjamine
- f) kinnisvara korrashoiutegevuste järelevalve

Nimetatud protsessid moodustuvad eri tasandil tegevustest. Näiteks sisaldab kinnisvara korrashoid kinnisvara-hooldust, mis kujutab endast enamasti nii hoone kui ka tehnosüsteemide hooldust.

Hoolduse infovajadus põhineb esitatud eesmärkidel. Keskkel kohal on saavutada esitatud eesmärkidele vastavad tööolud (eriti siseolud), arendada energiakulu vähendavaid tegevusmudeleid ning hoolitseda, et kinnisvara oleks elukaarele vastavas tehnilises seisukorras. Hooldust püütakse teostada optimaalseid kulumahтусid arvesse võttes ja kinni pidades ettenähtud kulupiiridest.

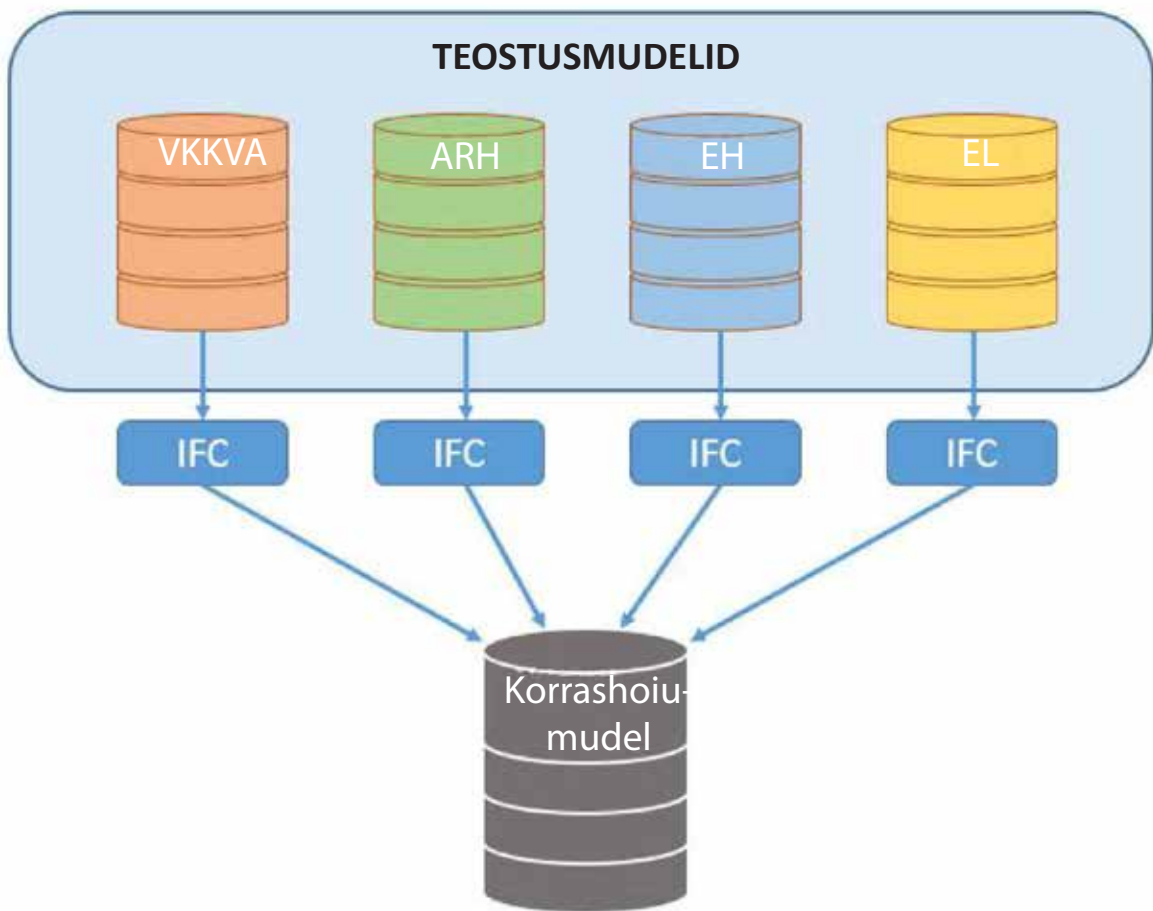
Korrashoiu halduse valdkonna kasutuses oleva teabe võib jaotada aktiivseks ja passiivseks. Aktiivinfo on näiteks teenuse tellimused, rikketeated ja alarmid ning andurite ja mõõdikute toodetav info. Passiivinfo on näiteks ruumide pinnamaterjali ja tarindite info, kinnisvarahoolduse pakkumiste algmaterjalid, korterite kasutusjuhendid ja hooldusprogramm.

Infomudel sisaldab peamiselt algandmeid, millest sellisena inimesel kasu pole. Info muutub kasutuskõlblikuks alles siis, kui andmetest moodustatakse inimese jaoks arusaadav teave. Seepärast on protsess, mille käigus andmed informatsiooniks muudetakse, vähemalt sama oluline kui andmed ise.

## 5 Korrashoiumudel

### 5.1 Üldist

Korrashoiumudeli all mõistetakse ehitise koondmudelit, milles on antud ehitise kasutuse ajal hooldust, kasutamist ja korrashoidu nõudvad tarindid ja seadmed. Hooldusmudeli abil spetsiifilisemalt saab lokaliseerida ruume, seadmeid ja teisi hooldusobjekte ning luua visioone näiteks ehituslikult varjatud hooldus- ja remondiobjektide kohta.



Joonis 5. Korrashoiu-mudel on *as-built*-mudelite kombinatsioon

## 5.2 Korrashoiu-mudeli teabesisu

Korrashoiu-mudelis sisaldub peamiselt passiivne teave. Olulisemad passiivandmed on hoolduse seisukohast järgmised.

- Andmed ruumide kohta
- Üldandmed seadmete kohta
- Tehnoseadmete mõjualakaardid
- Paiknemisjoonised/süsteemide paiknemisskeemid
- Masinakaardid/tööskeemid süsteemide kaupa
- Süsteemikirjeldused

Vajatav info oleneb kasutajarühmast, seega peaks korrashoiumudelisse saama luua erinevaid, kasutaja rollist tulenevaid tasandeid ja liideseid.

Praegu toimib korrashoiumudel passiivse teabe varamuna, mis piirab selle kasutamise peamiselt teabe hankimise ja visualiseerimiseni. Et korrashoiumudel vastaks kinnisvarahoolduse vajadustele, peaks see sisaldama vähemalt asendiplaanidel nõutud teavet ning individuaaltunnuseid, mille abil seadmete andmeid saaks hooldusraamatuga ühendada. Siis poleks hooldusraamatule enam tarvis lisada 2D jooniseid, vaid seadme lokaliseerimine toimuks infomudelitest.

Kogu võimaliku teabe sisestamine infomudelisse kasvataks selle mahtu ja muudaks mudeli raskesti käsitsetavaks. Enamkasutatav teave peakski sisaldama eraldi andmebaasis, kus seda ajakohastatakse ja kust see vajadusel on leitav. Teabe ajakohastamisegi seisukohast on mõistlik, et kinnisvarahaldusega seotud infot ei salvestataks koondmudelisse. Mudelis peavad sisalduma vaid vajatavad andmed ehitise geomeetria, tarindite ja detailide kohta ning mudeli abil saab neid ühendada elektroonilise hooldusraamatu või muu digitaalsüsteemiga.

### **5.3 Haldusmudeli kasutamine**

Haldusmudel on tööriistana kasutatav näiteks järgmistes toimingutes.

1. Visualiseerimine
  - Seinte ja lae sees olevate objektide kontrollimine
  - Tehnoseadmete lokaliseerimine
  - Seadmestiku paigutuse kujutamine
  - Probleemkohtade tuvastamine
  - Tehnosüsteemide mõjuala kaardistamine
  - Kasutajate muudatuste kujutamine
2. Kasutusfunktsiooni muutmise ja remonditööde kavandamine
  - Torustike ja kaablikanalite projekteerimine
  - Olude simuleerimine
  - Ruumimuudatuste projekteerimine
3. Tööde kavandamine enne objektile minekut
  - Liikumisrajad tööobjektini
  - Hooldusjuhendid 3D-vaates
  - Õigete tööriistade ja varuosade kindlaks tegemine
  - Tehnosüsteemi komponentidele ligipääsetavuse hindamine
  - Rikete põhjus – tagajärgede väljaselgitamine
  - Täiendava reaalsuse (AR) kasutamine hooldusjuhendis

- 4 Energiasimulatsioon käituse ajal
  - Kütte, kaugjahutuse, vee ja elektri kulu mõjutavate tegurite tuvastamine
  - Arvutusliku ja tegeliku kulu võrdlemine
- 5 Muud simulatsioonid
  - Tulekahjusimulatsioon
  - Tarindi- ja koormussimulatsioonid
  - Pindalaandmete ja tuletõkkeseksioonide täpsustamine
- 6 Ohutus
  - Ohutuspersonali koolitamine
  - Ohutu liikumise visualiseerimine
  - Päästetöötajate liikumisradade kavandamine ohuolukorraks
  - Evakueerumine
  - Kustutusplaan
  - Tulekahjuandurite paiknemisskeemid
  - Suitsu väljatuulutus
  - Tuletõkkeseksioonid
  - ATEX-piirkonnad
  - Uksekaardid ja võtmeseeriad
  - Sprinkler- ja gaaskustutusseadmetega kaetud alad
- 7 Kasutajate abistamine
  - Muudatuskulude ja hooldushindade põhjendused

Haldusmudeli kõige tugevamaks küljeks 2D-joonisega võrrelduna on selle visuaalsus. Mudeli tõlgitsemine ei eelda joonise lugemise oskust, kuid vajab võimet ruumi kolmemõõtmeliselt ette kujutada. Tarindite sees paiknevaid ehitise ja tehnoseadmete osi saab vaadelda ilma tarindeid või luuke avamata. Mudelist on kasu ka rikke põhjuste ja tagajärgede hindamisel. Mudeli abil on võimalik kontrollida üheaegselt suuremat tervikut ja teha järeldusi asjaolude omavahelise mõju kohta.

Tehniliselt pole koondmudelil tavajuhul linki näiteks tehnosüsteemi keskseadme ja ruumi vahel. Teiste sõnadega tähendab see, et kui neid linke pole mudelisse eraldi tekitatud, siis tuleb süsteemi mõjuala leida manuaalselt ülekandekomponente jälgides. Infomudeli kasutamine paiknemisjoonisena eeldab komponentide ühtviisi nimetamist näiteks hooldusraamatus ja rikketeates.

Projekteerimise ja teostamise eesmärk peaks olema lahendus, mis võimaldab kinnistu tegeliku energiakulu ja saavutatud olude võrdlemist projekteerimisel tehtud arvutustega. Selleks tuleb hoone energiakulu ja olusid projekteerimisetapil simuleerida. Kasutusaegse võrdluse tegemine eeldab, et andmed on halduseks kättesaadavad ning et olud oleksid võrdluse võimaldamiseks mõõdetud küllaldase ulatusega.

Praeguseks pole teadaolevalt infomudelit kasutatud päästetegevuse kavandamisel või päästmisel. Mudelist on siiski võimalik tutvuda ohutute evakueerumisteedega nii hoone kasutajatel kui ka päästetöötajatel. Mudel võib olla ka päästetöötajatele abiks hoonesse lõksu jäänud inimeste päästmisel näiteks tulekahju korral.

Mudeli usaldatavuse ja seeläbi kasutamise võtmeteguriks on selle ajakohasus. Kinnistu jaoks tuleks koostada halduse infomudelite ajakohastamisjuhend, milles kirjeldatakse mudeli täiendamise seotud ülesanded, vastutus ja ajakava. Sobivusel võib täiendamisega liita ka energiatunnistuse ajakohastamise ja haldus- ja hooldusprogrammide auditeerimise. Korrashoiu mudeli ajakohastamine on loogiline siduda remondiga. Sellele lisaks võib olla tarvis mudelit täiendada muudel ettenähtud tähtaegadel.

## 6 Tingimuste mudel

### 6.1 Üldist

Tingimuste mudel on hoone 2,5- või 3D-mudel, millesse on ühendatud hoonesse paigaldatud sensoritelt saadav teave valitsevate olude kohta. Tingimuste mudeli andmesisu, visualiseerimisviisi ja mõõteandmete ajakohasuse nõudeid ei ole siiani määratletud. Ei pakuta ka andmemudelil põhinevaid kasutamiskõlblikke visuaallahendusi.

Hetkel pole sõna otseses tähenduses tingimuste mudelit veel olemas. Mitmesuguseid kasutajaliideseid olude ja kulude andmetele on kasutuses tootmises, kuid need ei tugine objektiehituse infomudelil. Mõnes lahenduses on kasutatud 2D-põhiplaani või „2,5D“-jooniseid. 2,5D all mõeldakse kallutatud tasapinnalist joonist, millel on näha ka seinad.

Kõige lähemal on valmistootete Senaatti-kiinteistöt 3D-infomudelil põhinev Virtuaalne kinnistu, kus kinnistu kasutajatele ja hooldajatele antakse teavet siseolude ja energiakulu kohta interneti kaudu. Virtuaalse kinnistu kaudu on võimalik lisaks esitada teenusetellimused, jälgida tehtud remonte ja vahetada sõnumeid kinnisvara-hooldaja või -haldajaga.

### 6.2 Tingimuste mudelis sisalduvad andmed

Tingimuste mudeli eesmärk on esitada infomudeli abil visuaalset informatsiooni muutuvate väärtuste kohta hoones, nagu siseõhu temperatuur, süsinikdioksiidi sisaldus või hoone energiakulu, teatud ajahetkel, määratud ruumis või ruumide rühmas. Tingimuste mudelis sisalduvad nii passiivsed kui ka aktiivsed andmed. Olulisemad aktiivandmed on näiteks:

- temperatuur ja siseõhu kvaliteet
- rõhuvahekorrad hoones
- tarindite niiskus
- valgustuse kasutusandmed
- energiakulu
- mitmesugused häired
- tehnosüsteemide tööseisukorra andmed
- ruumide kasutamisastmed
- nõupidamisruumide reserveeringud

Teabevajadus oleneb kasutajarühmast, näiteks vajab ruumide kasutaja teisi andmeid kui kinnisvara korrashoid. Tingimuste mudelisse võiks luua eraldi kasutajast sõltuvaid tasandeid või kasutajaliideseid.

Tingimuste mudeli visualiseeringute ehitamisel otse infomudelisse pole mõtet kahel põhjusel. Esiteks kasvataks lisaandmete loomine mudeli liiga mahukaks ja selle käsitlemine muutuks keeruliseks. Teiseks eeldaks aktiivandmete näitamine programmiliidest ehitamist koondmudeli ja andmeid edastatavate süsteemide – näiteks hooneautomaatika – vahele. Tänapäevaste võimalustega pole see veel majanduslikult ökonoomne ning puudub üldkasutatav liides, mis oleks võimeline teenindama eri tüüpi süsteeme.

Aktiivandmed tuleks salvestada omaette andmebaasi, kus nendega opereerida ja neist varukoopiat teha oleks võimalik infomudelit häirimata. Andmebaasi kasutamine muudab võimalikuks ka tehnosüsteemide vahelise andmeedastuse ilma eriliste programmiliidesteta. See tähendab, et näiteks hoone automaatika saab otse kasutada tingimuste mõõtmisest saadud andmeid ja hooldusülesannete täitmiseks võib esitada teenusetellimuse kohe, kui nende andmed on andmebaasi salvestatud. See nõue eeldab, et andmebaasi salvestatav info kogutakse kokkulepitud sagedusega ja ajahetkedel, mis omalt poolt mõjutab salvestamiseks vajavat ruumi.

Pilootlahenduse puhul on tingimuste mudel koondmudelist loodud vajatavaid ehitise- ja tehnosüsteemide osi sisaldav lihtsustatud mudel, mis vastab ehitise kolmemõõtmelisele kujutisele. Iga ruum on esitatud ruumelemendina, mille omadusi (näiteks värvi) saab dünaamiliselt muuta ja millele saab lisada animatsiooni.

Tingimuste mudel eeldab, et juba projekteerimise ajal luuakse aktiivkomponentidele asukoht ja identiteet, mida on võimalik lugeda välismällu. Siis suudab näiteks hoone automaatikasüsteem ära tunda mudelis leiduvaid komponente ja väljastada igale komponendile püsivõtteandmeid. Kui võtteandmed ja asukohaandmed ühendatakse ja paigutatakse hoone infomudelist loodud ruumimudelisse, on tulemuseks lihtne tingimuste mudel. Samasse andmebaasi saab lisada ka teisi aktiivandmeid, nagu näiteks asjade, seadmete või komponentide tööandmeid või kasutusastme andmeid. Nende liitmine olude andmetele samasse kolmemõõtmelisse vaatesse, muudab tingimuste mudeli mitmekülgsemaks ja avardab selle kasutusvõimalusi.

Tehnosüsteemide projekteerimisel luuakse suur hulk 2D-jooniseid, milles sisalduvat teavet infomudelisse ei lisata. Sellisteks on näiteks elektrikilpide põhi- ja vooluahela skeemid ning VKKV- ja automaatikasüsteemide tööskemid. Põhimõtteliselt võivad näiteks 2D-tööskemid sisaldada aktiivkomponente, mida saaks liita kas infomudelisse või eelkirjeldatud eraldi andmebaasi.

### **6.3 Tingimuste mudeli kasutamine**

Tingimuste mudelit saab kasutada näiteks järgmiste toimingute puhul.

#### **1 Visualiseerimine**

- ruumide siseolude seire nii tervikuna kui ka ruumide kaupa
- hoone energiakulu kindlakstegemine
- tehnoseadmete sisse-/väljalülituse kontrollimine
- ruumide reserveeringute kontrollimine
- ruumide kasutusastme ja -olude kontrollimine
- ruumide äratundmine ja tuvastamine
- teenusvajaduse olukorra kontrollimine
- kasutajate tagasiside esitamine

#### **2 Analüüsimine**

- tehnoseadmete reguleerimise hindamine
- teenusetellimuste põhjus/tagajärg seoste väljaselgitamine

- energiakulu mõjutavate tegurite leidmine
- kasutajate tagasiside analüüsimine
- kasutajate rahulolu mõjutavate tegurite leidmine

### 3 Ohutus

- evakuatsiooni juhendamine
- põlengu või päästetegevuse piirkonna kindlaks tegemine
- isikute lokaliseerimine hädaolukorras
- uste avatud/suletud oleku kontrollimine

### 4 Teenusepakkumine

- ruumide broneerimine
- vabad ja reserveeritud ruumid
- töökohtade varustatus
- toitlustamine
- IT-seadmed ja kasutajatugi
- kohalolekuteave (kättesaadavus)

Tingimuste mudeli visuaalne tõlgendamine eeldab kolmemõõtmelise ruumi ettekujutamise oskust. Näiteks teatud ruumi leidmiseks keerulisest mudelist nõuab kolmemõõtmelist tajumist. Teisalt võib aga mudelit vaadelda kihtide kaupa risti pörandatasapinnaga, siis ei erine vaade 2D-vaatest. Kolmemõõtmelisus võimaldab vaadelda üheaegselt mitut korrust ja võtta vastu otsuseid suuremas mastaabis. Tingimuste mudelis või selle kaudu peavad saadaval olema püsivusandmed, kasutajate tagasiside ja kasutusastmed perioodide kaupa, mida on võimalik visuaalselt kontrollida.

Tingimuste mudeli juurutamine eeldab, et projekteerijatele on selge, millist teavet mudelis soovitakse näha. Projekteerijal tuleb lokaliseerida mudeli komponendid ja nimetada selliselt, et need oleks hõlpsalt leitavad ja andmebaasi lisatavad. Nimetamisel tuleb komponendile lisada vähemalt lokaalandmed, mõõdetavad või arvatavad parameetrid, ruum ja süsteem, mille koosseisu komponent kuulub. Olenevalt juhtumist võivad lisanduda muudki andmed. Komponentide reeglipärane ja järjepidev nimetamine on oluline ka hooldusraamatu ning rikketeadete seisukohast.

Tingimuste mudeli seisukohast on keskne, et andureid oleks piisava tihedusega ning andmekogumissagedus küllalt kõrge, et saavutada soovitud infotase.

## 7 Infomudeli võimalused

Infomudeli kasutamist hoone käituse ajal saab vaadelda kas osapoolte (kasutajarolli) seisukohast või protsessi seisukohast. Selles aruandes lähtutakse protsessi vaatest. Paljudel osapooltel on samad või üsna sarnased vajadused, millest nimekirja koostamine pole sageli otstarbekas. Protsessipõhisus toetab ka infomudeli sisu ja struktuuri arendust paremini kui osapoolepõhisus.



Töö käigus jälgitud protsessid olid:

- kinnisvaraäri
- energiatõhususe ja sisekeskkonna haldamine
- korrashoid
- kinnisvarakorrashoiu teenuste pakkumisarvutused
- arvutipõhine hooldusteenuste juhtimine
- töökoha teenuste osutamine
- hoone kasutamine

Protsesse käivitavad ja haldavad osapooled olid:

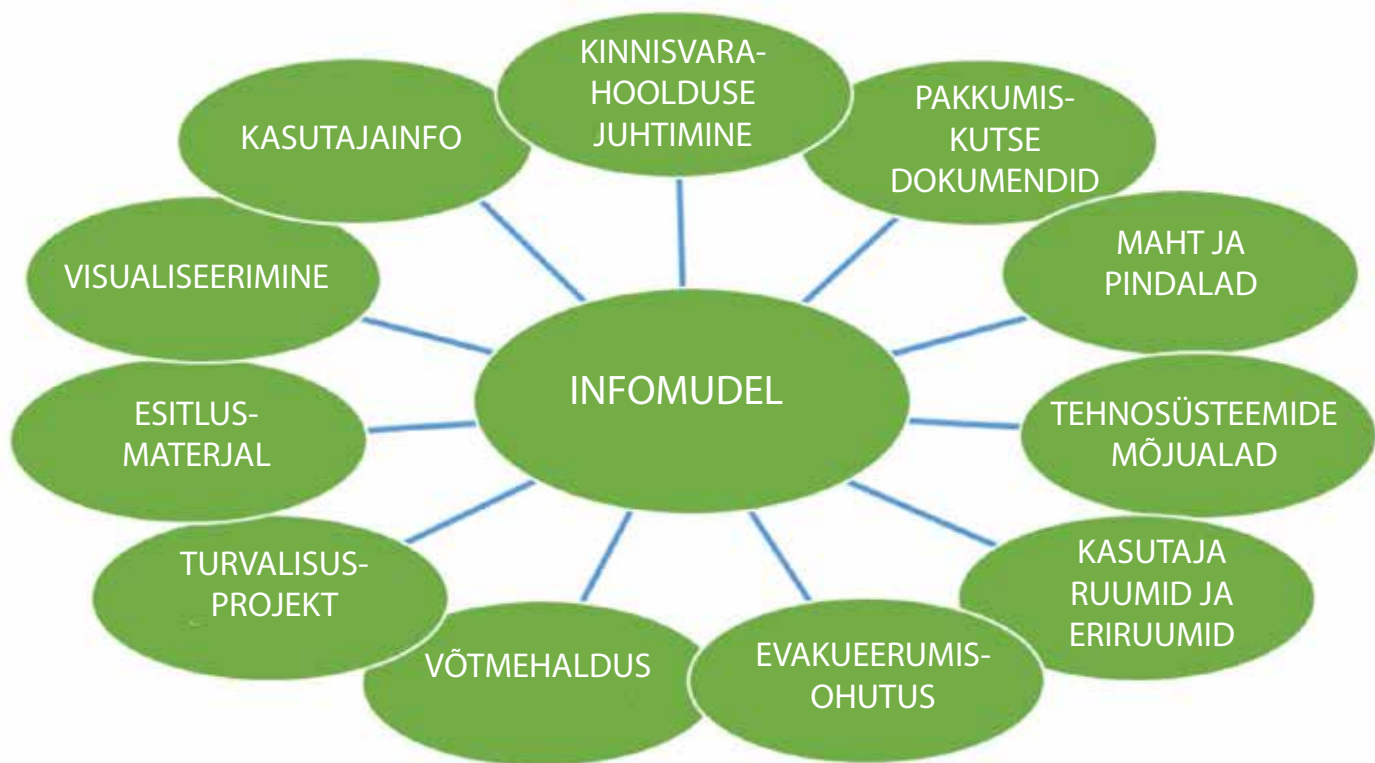
- kinnistu omanik
- kohalik kinnisvarahooldus
- kinnisvarahoolduse kaugvalve
- kinnistu objektide kasutajad
- kasutajate kinnisvarahaldur
- töökohaga seotud mugavusteenuste pakkujad

## **7.1 Kinnisvaraäri**

Kinnisvaraäri seisukohast on infomudel majanduslik ja immateriaalne investeering, mille eesmärk on saavutada kokkuhoidu investeeringutes, lühendada ehituseks kuluvat aega ja parandada ehituskvaliteeti. Pärast ehitusetapi lõppemist saab infomudelit kasutada peamiselt ruumimuudatuste, saneerimiste ja kapitaalremontide tarvis lähteandmete saamiseks. Praktilistel põhjustel ei õnnestu siiski tulevaste projektide projekteerimistööd käivitada koondmudelist, vaid seda tuleb teha vastava projekteerimisala algmudelist. Enne muudatustööde projekteerimisega alustamist saab koondmudelit kasutada teostuse terviklikul vaatlemisel, vajavate ruumide paigutamiseks korruse või hooneosa kaupa ning arhitekti eskiislahenduste esitlemiseks hoone omanikule või kasutajatele.

Infomudeli kasutusviise kinnisvaraäris:

- objekti kuju, suuruse ning erisuste visualiseerimine
- ehituslike võimaluste leidmine ruumi- ja kasutusviisimuudatuste seisukohast
- tehnoseadmete võimaluste uurimine ruumimuudatuste seisukohast
- kinnisvarakorrashoiu teenuste pakkumisarvutuste toetamine
- evakueerumisohutuse kontrollimine ja kavandamine
- ligipääsude kontrolli kavandamine ja järelevalve
- ruumilahenduse esitlemine kasutajatele
- erinevate kasutajate ruumide piirpindade ja ulatuse näitlikustamine



Joonis 6. Infomudeli kasutusvõimalusi kinnisvaraäris

Infomudeli korrashoiu aegsed eelised kinnisvaraäri seisukohast on näiteks hoone väärtuse parem säilimine ja väiksemad ülalpidamiskulud arenenud haldustoimingute abil, parem müügiväärtus kinnisvarateabe läbipaistvuse ja kvaliteedi tõttu, parem tootlus ja investeeringu suhe täpsemal teabel põhineval ruumikasutuse ja -pakumise tõttu ning kõrgem tootmistase mudelist võimalikuks osutuvate töökohapõhiste mugavusteenuste tõttu.

## 7.2 Energiatõhususe ja sisekeskkonna haldamine

Infomudelit saab kasutada näiteks energiakulu mõjutavate tegurite tuvastamisel ning arvutusliku ja tegeliku kulu võrdlemisel. Eelduseks on, et kulutused oleksid projekteerimisel simuleeritud ja *as-built*-mudelist kontrollitud tegelike seadme- ja komponendihangete põhjal. Lisaks peavad tulemused olema haldusosapooltele kättesaadavad, mis esitab erinõuded nende salvestusformaadile.

Kui hoonest on loodud tingimuste mudel, saab energiakulu visualiseerida näiteks värvide ja animatsiooniga. Kõrvalekalded torkavad hästi silma näitliku visualiseerimise abil. Samas on võimalik jälgida sisetingimustes, kasutuses ja tehnoseadmete töös tekkinud muutusi ning tuvastada ja hallata nende abil energiakulu ja olusid mõjutavaid faktoreid.

Infomudeli kasutamine parandab ka kaugkasutuse ja -halduse võimalusi. Kaugkasutuse ja -halduse all mõeldakse tegevust, kus kinnisvarahooldaja valvab ja opereerib kinnistu hooneautomaatika süsteeme kaugside kaudu valvekeskusest. Kaugvalvekeskuse olulisim ülesanne on juhtida hoonet ennetavalt optimaalsete eelseadeväärtustega. Teine oluline roll on otsida süsteemitasandil tõkestusi ja lahendusi energiakulu ja siseolude kõrvalekalletele, olla toeks kohalikule kinnisvarahaldurile probleemolukordades ning parandada kinnisvarahoolduse võimalusi tuvastada ja parandada kiiremini energiakulu ja siseolusid mõjutavaid vigu. Lisaks on kaugvalvel kohalikust kinnisvarahaldurist paremad võimalused kontrollida pikaajalisi trende ning tuvastada aeglaselt toimuvat eelseadeväärtuste nihet ja seadmete töövõime nõrgenemist.

### 7.3 Hooldus

Hoolduse eesmärk on hoolitseda hoone masinate, seadmete ja ehitiseosade seisukorra eest selliselt, et

- tegutseda saaks oludes, mis on kõige sobilikumad netotulu, ohutuse, keskkonna ja kvaliteedi seisukohast ning
- teeninduse saaks korraldada nii, et klient oleks rahul ning kulu/kvaliteedi suhe võimalikult ökonoomne.

Hooldus jaotatakse tavaliselt ennetavaks (ärahoidvaks) ja reaktiivseks e. remontidega tegelevaks. Ennetava hoolduse eesmärk on vähendada rikete tekkimise tõenäosust ja seadmete töövõime vähenemist. Ennetav korrashoid on kas regulaarne või tehakse vajaduse tekkides. Ennetava korrashoiu hulka kuuluvad:

- kontrollimine
- seisukorral põhinev korrashoid
- eeskirjadele vastavuse kontrollimine
- katsetamine ja töökorras oleku kontrollimine

Senaatti-kiinteistöt kasutab ennetava korrashoiu juhtimissüsteemina digitaalset hooldusraamatut, milles on määratud näiteks seadmete või ehitiseosade ülevaatusintervallid. Hooldusraamatus on kirjeldatud ühtlasi ennetava korrashoiuga seonduvaid toiminguid. Hooldusraamatu kaudu vahendatakse hoone kasutajatelt saadud teenusetellimusi, mis võivad olla lisaks rikketeadetele ka soovid teiste kinnisvarahoolduse poolt pakutavate teenuste osutamiseks.

Ennetava korrashoiu seisukohalt on oluline, et toiminguid nõudvad seadmed ja ehitiseosad oleksid lokaliseeritud ja infomudelis ära nimetatud. Võtame näiteks katuse kattematerjali, millele saab määrata hooldusintervallid ja arvestatud kasutusea. Otse infomudelisse saab põhimõtteliselt kirja panna ka hooldusülesanded. Projekteeerijad ei pruugi olla õiged isikud korrashoiuintervalle määrama, seepärast delegeeritakse see ülesanne spetsiaalsele osapoolele (harilikult hooldusraamatu koostaja). Korrashoiutoimingud määratakse enamasti ehitamise ajal eesmärgiga, et valmis hooldusraamat oleks pärast ehitise valmimist kohe võtta.

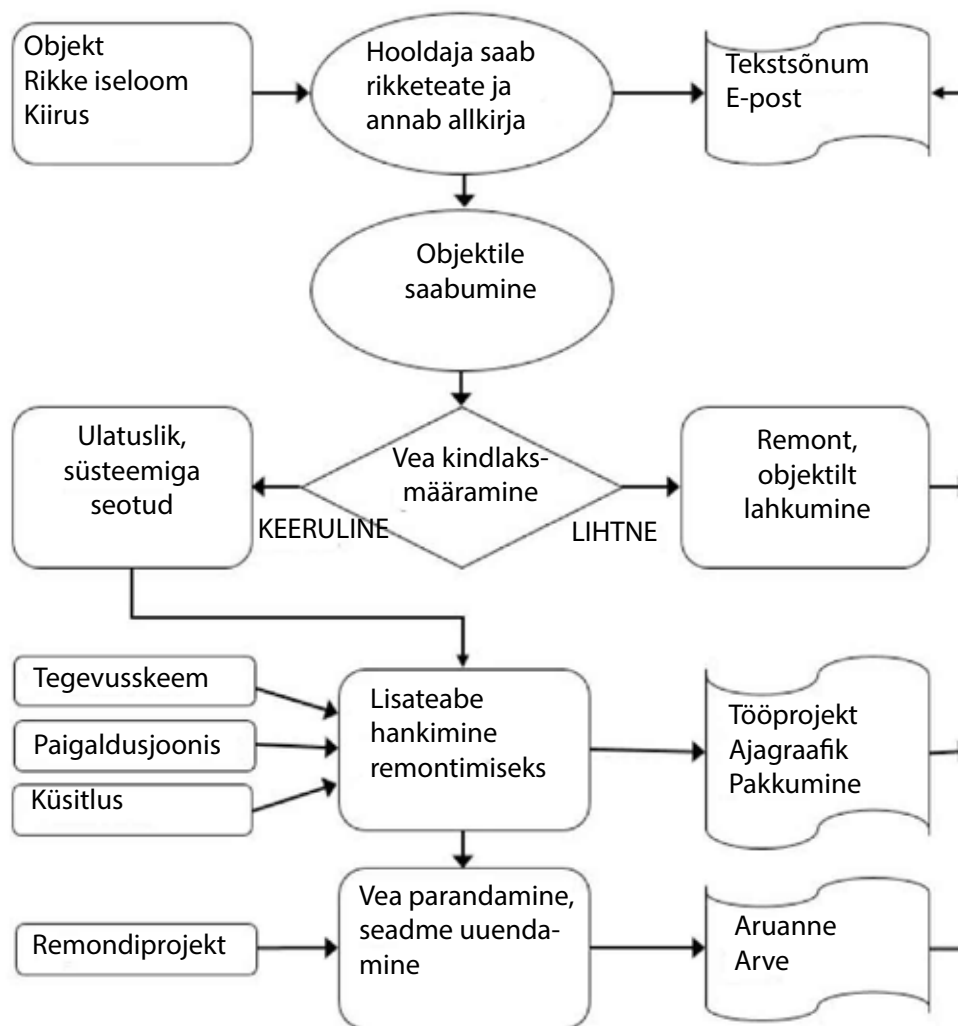
Kui ennetavat korrashoidu vajavad seadmed ja ehitiseosad on infomudelis määratud, saab andmed nende kohta salvestada eraldi andmebaasi. Seda andmebaasi on võimalik kasutada nii elektroonilisel hooldusraamatul kui ka teistel, laiema funktsionaalsusega, korrashoiusüsteemidel. Hooldusobjekte ja nendega seotud toiminguid saab visualiseerida mudelil põhinevas 3D-vaates näiteks erinevate värvidega, mis lubab hooldusolukorda kergesti jälgida.

Hooldusremontide abil viiakse vigastunud osa, komponent või seadmestik uuesti kasutuskorda ehk remonditakse. Hooldusremont võib olla ette planeeritud või ootamatu rikke tagajärjel tekkinud vea kõrvaldamiseks.

Hooldusremondiks on:

- vea määramine
- vea tuvastamine
- vea lokaliseerimine
- vea parandamine ning
- toimimisseisukorra taastamine.

Hooldusremondi protsess sisaldab mitmeid etappe, alates rikketeatest ja lõppedes aruandega. Joonisel 7 on esitatud tüüpilise rikke kõrvaldamise protsessi etapid.



Joonis 7. Tüüpiline rikke kõrvaldamise protsess

Infomudelit saab kasutada hooldusremonti abistavana järgmiselt

#### 1 Visualiseerimine

- rikketeate visualiseerimine ja identifitseerimine
- rikketeate sidumine ruumiga
- rikkis seadme lokaliseerimine
- objektile ligipääsu kujutamine
- rikke mõjuala kaardistamine

#### 2 Töö kavandamine enne objektile minekut

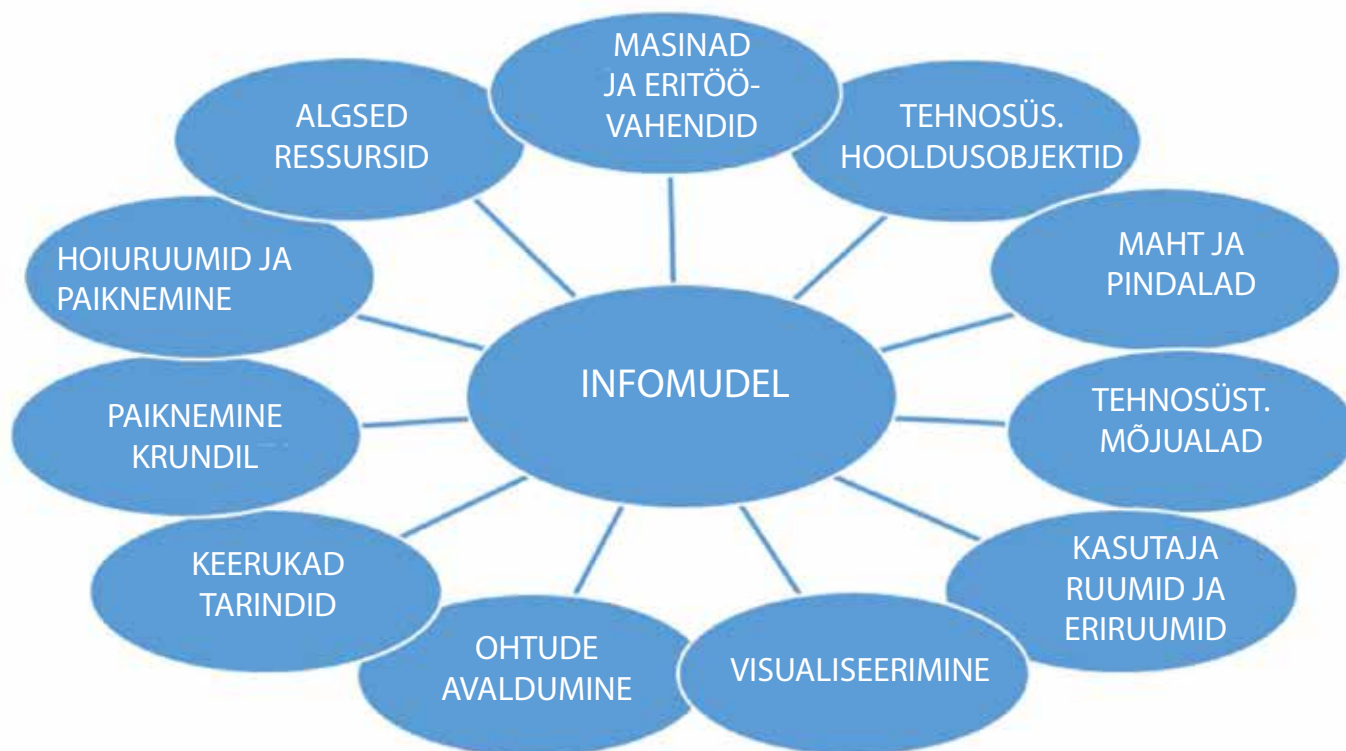
- õigete tööriistade ja varuosade valimine
- vajalike oskuste kontrollimine
- ajakulu hindamine
- rikke põhjus-tagajärg suhete selgitamine

Infomudeli kasutamine abiks hooldusremondil eeldab komponentide lokaliseerimist ja nimetamist infomudelis ning andmete kogumist andmebaasi. Komponentid tuvastatakse häiresüsteemis kas tunnuse järgi või koodivõtme-ga. Kui nt hoone tehnosüsteemis annab komponent häiresignaali, registreerib süsteem selle kohta andmed andmebaasi. Sealt saab andmeid lugeda visuaalselt 3D-vaatesse, kuhu see lokaliseeritakse infomudeli asukoha-teabe järgi.

#### 7.4 Kinnisvarahooldusteenu pakkumisarvutused

Infomudeli kasutusviisid kinnisvarahoolduse pakkumisarvutustes on järgmised:

- objekti kuju, suuruse ning erisuste näitlikustamine
- tarinduslahenduste kindlakstegemine ja hooldustöö nõuete määramine
- hoone kuju, asukoha ja muude lahenduste riskide kindlakstegemine
- tarindus- ja tehnolahenduste mõju hindamine töömahtudele ja -vahenditele
- elektrooniliste mahu- ja pindalaandmete kasutamine hinnaarvutustes
- kinnistu ruumide ja kasutaja ruumide piiride ja ulatuse kindlaks tegemine ning
- seadmetele, masinatele ja töövahenditele hoiuvõimaluste leidmine.



Joonis 8. Infomudeli kasutusviisid kinnisvarahoolduse pakkumisarvutustes

Infomudeli suurim kasu pakkumisarvutuste tegemisel on visuaalse kontrolli lihtsus ja kiirus. Andmed on näha ühelt vaatealt, kui traditsioonilised 2D-vaated nõuaksid mitme joonise läbi uurimist. Lisaks hõlbustab pakkumisarvutuste koostamist see, et hooldusobjektide hulk, pindalad, mahud jms on infomudelist kättesaadavad ilma mõõtmata.

Kasutamise piiranguks on, et mudeli andmeid ei saa sellisena otsekohe hinnata, vaid tuleb arvutatavad elemendid üle kanda ja hinnad arvutada mõnes teises selleks ette nähtud süsteemis.

## **7.5 Arvutipõhise hooldussüsteemi kasutamine**

Arvutipõhise hooldussüsteemi rakendused on praegusajal iseseisvad, veebipõhised infosüsteemid. Andmeedastusliideseid kasutatakse peamiselt teenusetellimuste edastamiseks kinnisvarahoolduse teenusepakkujate süsteemidesse. Senaatti-kiinteistöt kasutatav Granlund Manager-hooldusraamat on osa Manager®-tootesarjast, kuhu kuuluvad ka energijärelevalve, teenusetellimusportaal (Senaattila), korrashoiu eelarvestus ning energia ja olude aruandlus (Metrix). Süsteemid on omavahel integreeritud ja selle juurde kuuluvad mitmed välisliidised.

Praegusajal kogutakse hooldussüsteemi vajalikku teavet käsitsi 2D-projektjoonistelt ning küsitledes kinnisvarahooldajaid, töövõtjaid ja seadmetarnijaid. Elektrooniline liides infomudelist või 2D-projektist hooldusraamatusse puudub. Elektroonilise andmeedastuse üldistumist hooldussüsteemi pärsib sageli vajadus erinevate liideste järele, sest turul on mitmeid hooldussüsteeme, mille teabetehnilised lahendused üksteisest erinevad. Ühtne nägemus puudub ka edastatava teabe sisu, hulga ja vormi kohta.

Teenusetellimuste ja hooldusülesannete sõnumite vahendamiseks kasutatakse avatud UBL-standardil (*Universal Business Language*) põhinevat andmeedastust. Standardikohane avatud liides (WebService) leidub juba igas teises elektroonilises hooldussüsteemis. Liides võimaldab pea igasuguste andmete vahetamist kahe süsteemi vahel. Ehk siis, andmeedastusformaadid infomudeli ja hooldussüsteemi vahel on põhimõtteliselt juba olemas, kuid see pole veel laialdast kasutust leidnud.

Infomudeli kasutamine hooldussüsteemi põhjana eeldab komponentide lokaliseerimist ja nimetamist infomudelis, ning andmete kogumist andmebaasi. Komponentid tuvastatakse hooldussüsteemis, kus neile koostatakse hooldusprogramm. Hooldusprogramm salvestatakse andmebaasi antud komponendi juurde. Andmebaasist saab komponente ja nendega seotud hooldusi 3D-vaatesse, kus need paigutatakse infomudeli asukohaandmete järgi.

Tulevikus muudab komponentide paigutamise lihtsamaks 5G-tehnoloogia, mille abil komponendid saavad tegelikult ruumilisusel põhinevad asukohaandmed. See tehnoloogia on praegu alles väljaarendamisel. Asjatundjate arvates jõuab 5G-tehnoloogia tootmisse alates 2020. aastast, pilootvõrgustikud muutuvad kättesaadavaks juba mõni aasta varem.

## **7.6 Töökohateenuste pakkumine**

Infomudeli kasutusvõimalused töökohateenuste pakkumisel olenevad teenuse sisust. Osa teenuseid suudavad rakendada tehnilist teavet, osa aga visuaalset.

Infomudeli kasutusviisid töökohateenuste pakkumisel on näiteks:

- bürooseadmete automaatsed hooldus- ja rikkehäired
- hooldatavate ja koristatavate pindalade leidmine
- kasutajatevaheliste ruumipiiride leidmine
- liikumisradade tagamine
- hooldusklasside ja pinnamaterjalide tuvastamine



- turvateenuste tegevusulatuse määramine ning
- teeninduspersonali juhtimine

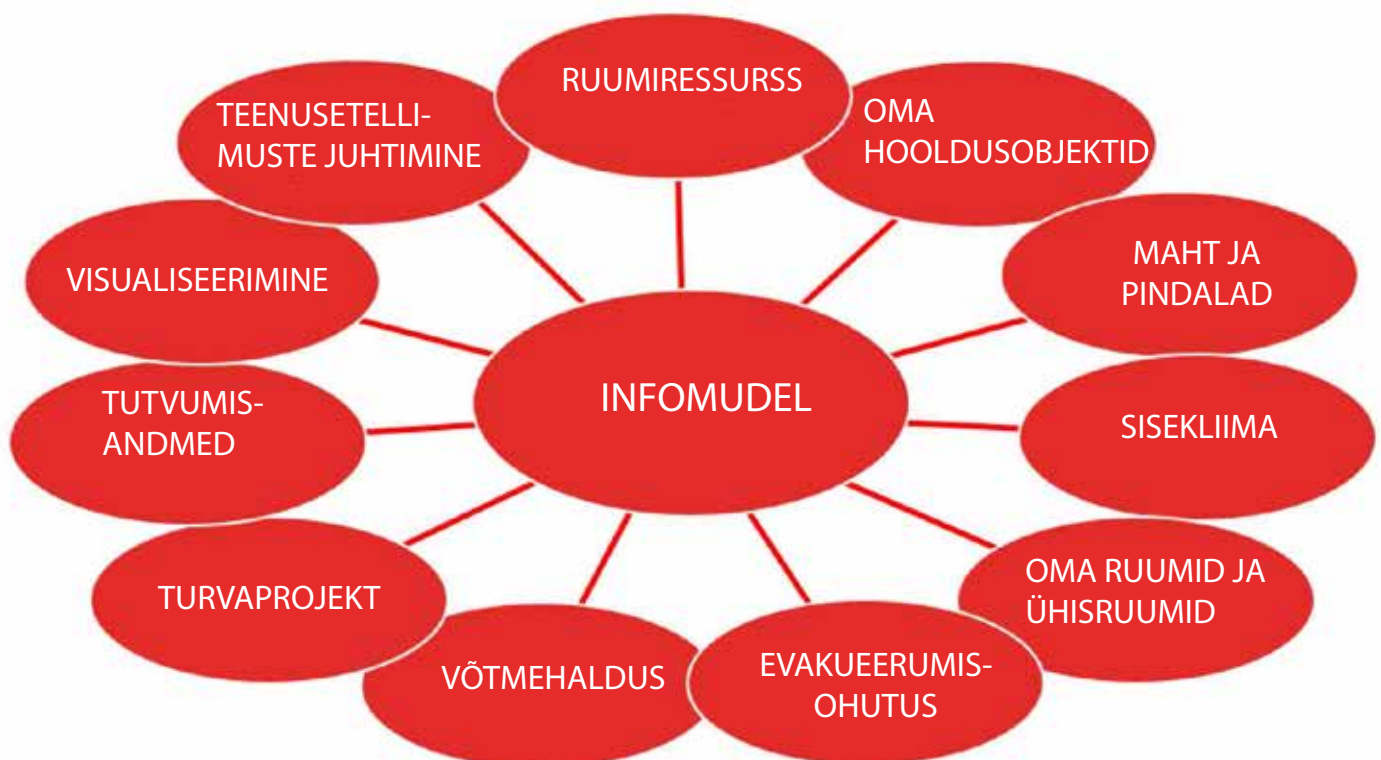
Lisaks on infomudelist saadavat oludemudelit võimalik rakendada töökohateenustega liituvate teenusetellimuste ning teenuste pakkumiseks vajatavate seadmete (nt puhastusmasinad) lokaliseerimiseks.

Infomudeli eelisteks töökohateenuste seisukohast on näiteks teenuse kvaliteedi paranemine teenusetellimuse kiirel märkamisel ja lokaliseerimisel, töö intensiivistumine tööpiirkondade ja töö valmidusastme jälgimisel reaalajas, ressursside tõhusam kasutamine ruumide kasutamise jälgimisel, asjatu tööhulga vähenemine masinate ja seadmete broneerimis- ja paiknemisandmete abil ning teenindusvõime paranemine kliendivoogude jälgimise abil.

## 7.7 Ehitise kasutus

Infomudeli kasutusvõimalused kasutaja vaatevinklist põhinevad peamiselt visuaalsel teabel ja lisatud andmetel. Infomudeli kasutusviisid ehitise käitusel on näiteks:

- vabade ja hõivatud ruumide näitlikustamine
- töökoha ja sisseseade kavandamine
- oma hooldusel olevate objektide ja seadmete tuvastamine
- ruumidevaheliste piiride tuvastamine
- sisekeskkonna jälgimine
- teenuse v. töötellimuste esitamine ja jälgimine
- evakuatsiooni ohutuse ja liikumisjärelvalve kavandamine
- töökohateenustega tutvumine ja nende tellimine
- töötajatele ruumiohutuse tutvustamine.



Joonis 9. Infomudeli kasutusvõimalusi ehitise käituse/kasutuse seisukohast



Infomudeli eelised ruumi kasutaja seisukohast on näiteks teenuste kvaliteedi ja kulutõhususe paranemine teenuse- või töötellimuste ja pakkumiste täpsema ja kiirema lokaliseerimise abil, oma ruumikasutuse tõhustumine reaalsajas toimuva kasutusastme ja -olude jälgimise abil, sisekeskkonna paranemine reaalsajas jälgimise ja kiirema reageerimise abil ning uue töötaja töökohaga tutvustamise lihtsustumine visuaalse kasutajaliidese abil.

## 8 Järeldused

### 8.1 Kokkuvõte

Infomudeli kasutamine hoolduses on kinnisvaraäris laiemat huvi pakkuv teema. Hetkel on käivitatud mitmeid halduse BIM-arendusprojekte, millest olulisematest olgu märgitud Drumbeat, Visual Link ja Building Smart Finland infomudelihanked. Nende uurimisprojektide lähtekohad on peamiselt tehnilised või infotehnoloogilised. Seepärast pole selles aruandes vajadust süvendatud tähelepanu pöörata näiteks programmide vahelistele liidestele või andmeedastuslahendustele.

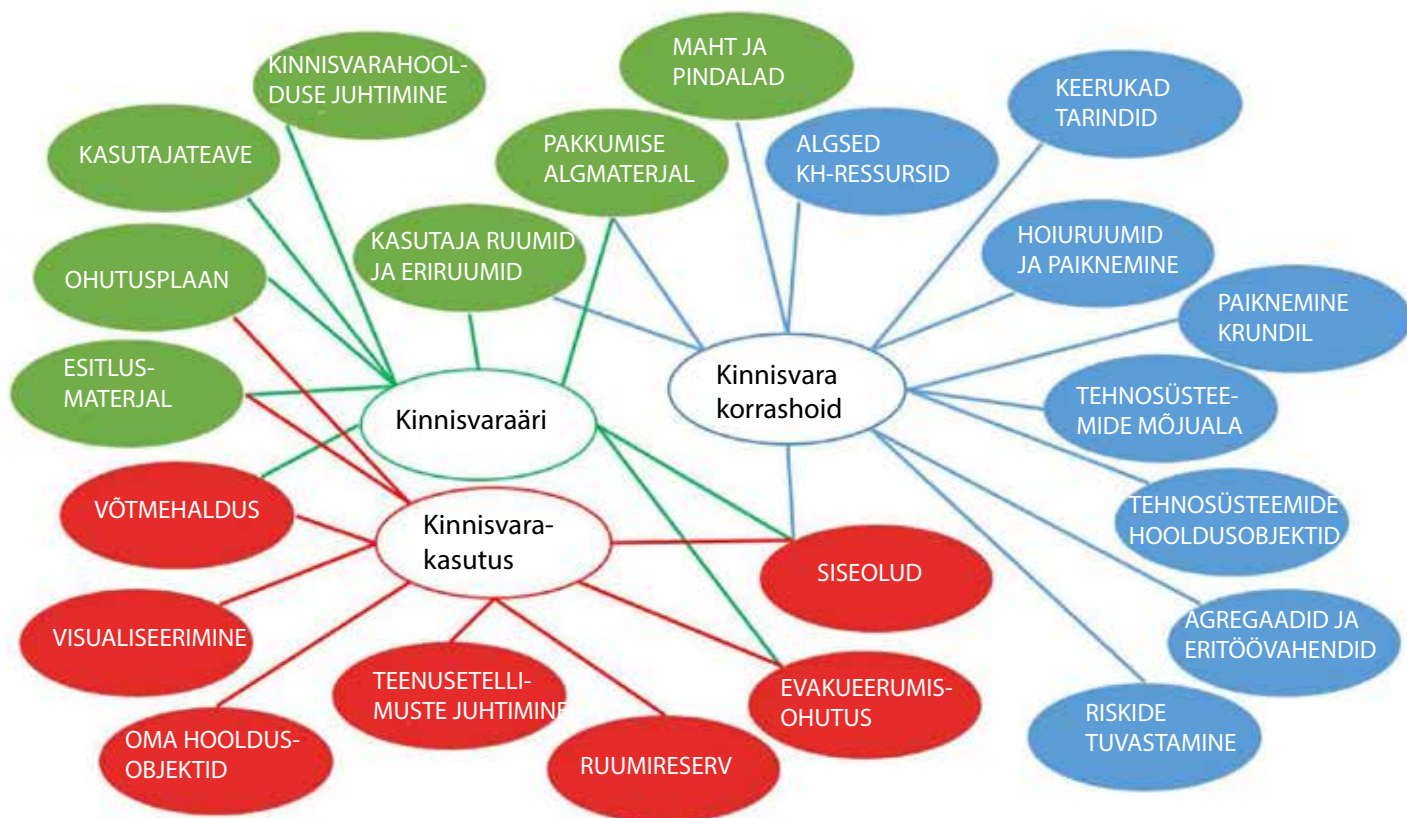
Kokkuvõtteks võib järeldada, et hoone infomudelis sisalduva teabe rakendamiseks võib leida kümneid ja isegi sadu erinevaid viise. Siiski võib eristada viite olulist takistust või väljakutset.

Esimene takistus on andmete ühene identifitseerimine ja nende leidmine mudelist mitte ainult projekteerijate vaid ka teiste ehitise elukaare osaliste poolt. Teine takistus on IT-oskused, ehk kes osapooltest toodab ja millises staadiumis halduseks vajatava teabe. Kolmas väljakutse on infotehnoloogiline: infomudel ei pruugi olla kõige õigem koht haldusteabe loomiseks ja säilitamiseks, vaid toimivam ja usaldusväärsem võib olla eraldi selleks loodud andmebaas.

Neljas, ja kõige lihtsamini ületatav takistus on infomudeli kättesaadavus. Mudeli kättesaadavaks tegemiseks võib avada projektipanga osapooltele katsetamiseks ja võimaldada mudelit vaadelda näiteks tasuta vaatlusprogrammi abil. See variant pakub osapooltele loomulikult vaid infot, mida on tootnud projekteerijad *as-built*-mudellisse.

Viies takistus seisneb osapoolte omavahelises andmevahetuses ja teise osapoole vajaduste mõistmises. Paljudes organisatsioonides ei toimi ehitustellijal ja hooldusettevõttele tihedas koostöös ning teise äritegevusest pole piisavat ülevaadet. Sama käib ka projekteerimismeeskonna kohta, kes liiga sageli keskendub peamiselt erinevate alade projektide kokkusobitamisele selle asemel, et luua ühised mängureglid ja kommunikeeruda ning töötada käsikäes. Paljast süsteemide või tehnika kokkusobimisest siin seega ei piisa, integreerida tuleb ka projekteerimisega tegelevad inimesed. Enamasti ei juhtu see automaatselt, vaid nõuab projekti juhtkonnalt sihiteadlikku ohjamist.

Info loomise, käsitlemise ja halduse seisukohast on põhjendatud jaotus kahte ossa: korrashoiuprotsessis vajatavaks teabeks (kinnisvara haldus ja hooldus) ning kasutus- ja teenindusprotsessidele vajatavaks teabeks. Osa teabest, nagu näiteks keskkonna kohta, on ühine mitmele protsessile. Põhiandmed, nagu mõõtme- ja mahuandmed, kuuluvad juba praeguste mudelite koosseisu, seega pole neid alljärgnevas loetelus nimetatud.



Joonis 10. Mõnede olulisemate protsesside teabevajadus

Hoolduseks vajatavad andmed on:

- kinnisvarahoolduse maht, ulatus ja kvaliteet
- hooldusklassid ja pinnamaterjalid
- eri kasutajate ruumid ja nende piirid
- ühiskasutatavad ruumid
- seadmeinfo koos rikketeadete või alarmide lokaliseerimisega
- paiknemisandmed rikkis või alarmeeriva objekti leidmiseks
- teenindusala rikke mõjupiirkonna kaardistamiseks
- üksikut ruumi mõjutavad süsteemid ja koormustegurid
- info süsteemi kohta rikke põhjus-tagajärg suhete välja selgitamiseks.

Kasutajale vajalik info on:

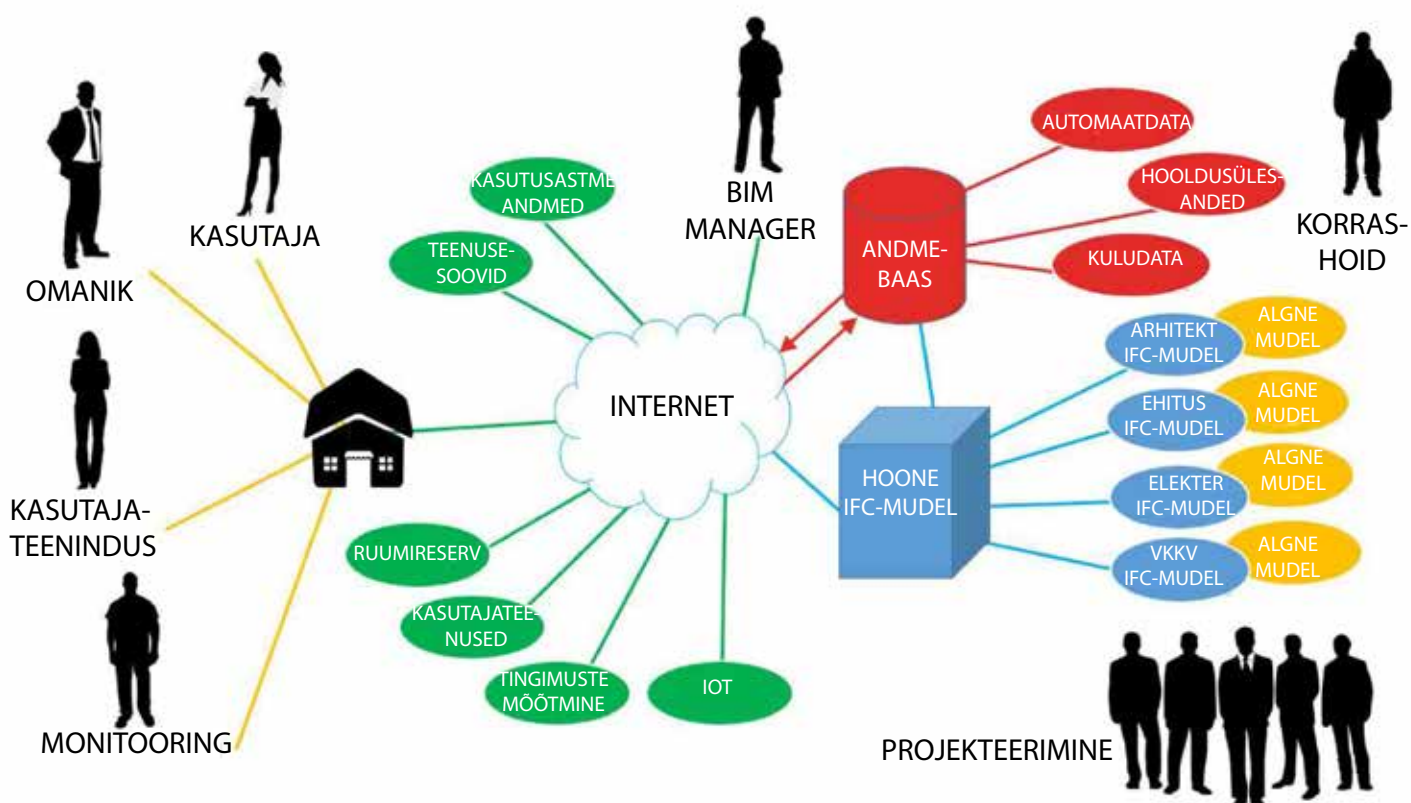
- turvateenuste tegevuspiirkonnad
- vabad ja reserveeritud ruumid
- ligipääs ruumidevahelistele ühendustele
- kasutaja hooldusel olevad objektid ja seadmed
- töökohateenustega tutvumine ja nende tellimine
- evakuatsiooniteed töötajatele tutvumiseks.

Mitme protsessi tarvis vaja minev teave on:

- evakuatsiooniteed ohutuse kavandamiseks
- liikumisrajad liikumise juhtimise kavandamiseks
- ruumi andmed teenuse tellimuse täpsustamiseks
- siseolud.

Korrashoiu passiivinfot on võimalik salvestada infomudelisse juba projekteerimise ajal, samuti evakuatsiooniteed ning vähemalt algsed liikumisteed ja lukustusteave. Käituseks vajatavad andmed sünnivad enamasti alles üleandmise etapil või selle järel. Lisaks eeldab sisekeskkonna ning ruumi reserveeringute reaajas näitamine infomodeli abil aktiivset andmete linkimist mudelisse.

Andmete linkimise põhieelduseks on infomodeli komponentide tuvastamine. Seda võib teha näiteks GUID-metodil, kus igale komponendile genereeritakse individuaaltunnus projekteerija poolt kas juhusliku arvu generaatori abil või muu taolise meetodiga. Komponentide omadused, nagu asukoht, süsteem, operatiivväärtused, tööväärtused jms salvestatakse infomudelisse talle antud tunnuse alla. Sealt loetakse komponendi info andmebaasi, kust see on erinevateks teenusteks kättesaadav. Tuvastatud komponendi andmeid saab täiendada passiiv- või aktiivteabega salvestades andmed kas otse andmebaasi või vastava teenuse alla. Teisalt aeglustab atribuutide kasutuselevõttu see, et mitte kõik atribuutiväljad pole kinnistatud või standarditud mõne kindla teabeliigi jaoks.



Joonis 11. Näide koondmudeli infokasutusvõimalustest

Üleüldiselt takistavad infomudelite paremat kasutamist praegusel hetkel vastuolud tehnoloogiliste võimaluste ning lubaduste ja ootuste vahel, mudelite koostajate ja kasutajate erinevad eesmärgid ning uute ja varasemate BIM-tööriistade ja ametiprotseduuride vahelised erinevused. Tervikuna eeldab liituvate väljakutsete ja probleemide mõistmine käsitlust ehitusalal käimasolevast digitaalsest läbimurdest ja 2D-maailmast 3D-maailma ülemineku protsessidest.

TEKESi ehitatud keskkonna visioon 2050 järgi siirdub tulevikus raskuspunkt ehituselt asustusteenuste pakkumisele. Tulevikuhooned on teenusebaasid, millele kasutajad ise koguvad vajatavad teenused vastavalt oma elustiilile ja äranägemisele. See eeldab uut moodi, infomudelil põhinevaid vahendeid kasutaja/kliendi vajadustega arvestamiseks projekteerimisprotsessis.

## 8.2 Arengusammud

Joonisel 12 esitatud arengusammud kirjeldavad üldjoontes neid toiminguid, mida infomudeli kasutamisega alustamine eeldab. Etappideks jaotamine ei püüa olla kattev kirjeldus kõigist vajatavatest meetmetest, sest praktikas sisaldub iga pealkirja all kümneid alapealkirju. Ülesande järel olev täht näitab üldvastutavat protsessi või allüksust: (I) on info(andme)haldus, (E) on ehitus ja (KH) on korrashoid. Infomudelite parem kasutamine halduses pole seega ainult halduse probleem, vaid eeldab kõigi nimetatud protsesside tihedat koostööd.

### 5 Kasutajaliidese programmeerimine

- o määratakse kasutuslood / kasutajad (KH)
- o määratakse kasutajaliidese tehnilised nõuded (I)
- o määratakse kasutajaliidese / visualiseerimise teostusviis (I)
- o määratakse kasutajaliidese sisu (KH)

### 4 Automaatne andmekogumine

- o määratakse kogutavad andmed ja süsteemid (KH)
- o määratakse kasutatavad programmiliidised ja andmeedastustehnoloogiad (I)
- o määratakse andmete kogumissagedus ja formaat (I)
- o määratakse kasutusprotsessid (KH)

### 3 Andmete manuaalne kogumine ja salvestamine

- o hangitakse andmeteenus või -teenindus (I)
- o lepitakse kokku millise protsessi tarvis ja millist teavet kogutakse (KH)
- o määratakse andmekogumise ja salvestamise põhimõtted (I)
- o määratakse andmete andjad ja osapoolte vastutus (KH)
- o koostatakse halduse andmekogumise juhend (KH)

### 2 Mudelis leiduvate andmete identifitseerimine

- o määratakse haldusmudelisse ülekantavad elemendid ja neilt nõutavad andmed (E)
- o määratakse GUID-põhimõtted (E)
- o ajakohastatakse CAD-juhendid (E)
- o nähakse ette andmete identifitseerimist uute hangete korral (E)

### 1 Nüüdisaegsete mudelite kättesaadavaks tegemine hoolduse tarvis

- o hangitakse andmeserver või pilvepõhine teenus (I)
- o lepitakse kokku vaatlusprogramm (I)
- o määratakse infomudeli juriidiline staatus (E)

Joonis 12. Arengusammud

Arengusammud ei pruugi edeneda kronoloogilises järjestuses, vaid asjaolusid tuleb sobitada ja toiminguid teha üheaegselt. Näiteks kasutajaliidese kavandamist ja arendamist tuleb alustada üheaegselt olemasolevate mudelite halduse osapooltele kättesaadavaks tegemisega.

## KIRJANDUST

Associated General Contractors of America. (2005). The Contractor's Guide to BIM, 1st ed. AGC Research Foundation, Las Vegas, NV.

Bernstein, P.G., and Pittman, J.H. (2005). "Barriers to the Adoption of Building Information Modeling in the Building Industry". Autodesk Building Solutions Whitepaper, Autodesk Inc., CA.

BimForum, LOD-specification 2013

Building Smart Finland, YTV 2012 (Mudelprojekteerimised juhendid, tõlgitud eesti keelde)

Engeström, Y. 1987. Learning by expanding: An activity theoretical approach to developmental research. Helsinki: Orienta-konsultit.

Engeström, Y. 2001. Expansive learning at work: toward an activity theoretical reconceptualization. Journal of Education and Work 14 (1), 133---156.

Fischer, M., and Kunz, J. (November 12, 2006). The Scope and Role of Information Technology in Construction [WWW document]. URL <http://cife.stanford.edu/online.publications/TR156.pdf>

Helander, D. diplomityö 2014. Assessing alternatives for using building information models to manage initial information in building renovation projects

Helander, D. raportti Senaatti-kiinteistöt 2014. Vaihtoehtojen arviointi tietomallien hyödyntämiseksi korjausprojektin lähtötietojen hallinnassa

Henttinen, T. raportti Gravicon / Senaatti-kiinteistöt 2014. Tietomallit hankkeista ylläpitoon

Hänninen, R. 2007. Tuotemallinnus tuottavuus- ja kilpailutekijänä. Virtual Building Environments

Justander, K. Puhto J. 2003 Huoltokirja osana kiinteistön tiedonhallintaa, Helsinki University of Technology

Järvinen, T. Raportti VTT 2010. Kiinteistöjen huoltokirjamenettely rakennuksen tietomallia hyödyntäen

Leont'ev, A.N. (1978). Activity, consciousness and personality. Englewood Cliffs: Prentice Hall.

Miettinen, R. 2009. Dialogue and Creativity. Activity theory in the study of science, technology and innovations. Berlin: Lehmanns Media. (394 pp).

Perez, C. 2002. Technological revolutions and Financial capital. The dynamics and Bubbles and Golden Ages. Cheltenham: Edward Elgar.

Rosenburg, T.L. (2007). "Building Information Modeling." [WWW document] URL <http://www.ralaw.com/resources/documents/Building%20Information%20Modeling%20-%20Rosenberg.pdf>

RT10-10992 Tietomallinnettava rakennushanke. Ohjeita rakennuttajalle, julkaistu 1.4.2010

Silius, P. 2013, Rakennustietosäätö. Rakentamisen tietomallintamisen oikeudelliset haasteet

Statsbygg BIM manual <http://www.statsbygg.no/Files/publikasjoner/manualer/StatsbyggBIM-manual-ver1-2-1eng-2013-12-17.pdf>

Thompson, D.B. (2001). "e-Construction: Don't Get Soaked by the Next wave." The Construction Law Briefing Paper [WWW document] URL <http://www.minnlaw.com/Articles/68553.pdf>

Thompson, D.B., and Miner, R.G. (November 23, 2007). "Building Information Modeling - BIM: Contractual Risks are Changing with Technology" [WWW document] URL <http://www.aepronet.org/ge/no35.html>

von Hippel, E. 2005. Democratizing Innovation. Cambridge: MIT Press. Available [Online] at: <http://web.mit.edu/evhippel/www/books.htm>