



Network for Using BIM to Increase the Energy Performance

KOOLITUSMATERJAL

ehitusvaldkonna spetsialistidele



Sissejuhatus

Miks Net-UBIEP?

Net-UBIEP projekti eesmärgiks on ehitiste energiatõhususe parendamine läbi BIMi kasutamise soodustamise ja laiendamise. BIMi kasutamine võimaldab simuleerida ja hinnata ehitise erinevate alternatiivide – materjalide ja komponentide – energiatarbimist elukaare erinevates etappides.

BIM, mis tähendab ehitusinformatsiooni modelleerimist, on ehitise elukaart läbiv protsess – alates kavandamisest ja projekteerimisest ehitise ehitamise, haldamise, hooldamise, lammutamiseni. Igas projekti staadiumis on oluline arvestada kõigi energiat puudutavate aspektidega, et vähendada ehitise keskkonnamõju elukaare vältel.

Kõik ehitusvaldkonna spetsialistid peavad teadma oma rolli kogu ehitise elukaares ja suurendama oma kompetentsi seoses ehitusprotsessi digitaliseerimisega. See tähendab BIM mudeli väljatöötamist erinevateks kasutusviisideks, mille klient on neile usaldanud. Energiatõhususe seisukohalt BIMi rakendamiseks vajalikud pädevused varieeruvad sõltuvalt ehitise elukaare faasist (1), sihtrühmast (2) ja BIMi profiilist (3).

Net-UBIEP projektis paigutatakse see teave kolmemõõtmelisse maatriksisse, kus kirjeldatakse erinevate valdkondadega ja BIMi rollidega seotud pädevusi erinevates projekti staadiumites. Näiteks, milliseid BIM pädevusi peab omama (3) arhitekt (2) liginullenergiahoone projekteerimise (nt. eelprojekti) staadiumis (1).

Insenerid ja arhitektid peavad olema valmis suurendama oma võimekust simuleerida ehitusinformatsiooni mudeli (BIM) kaudu uute tehnoloogiate ja materjalide kasutamist. Lisaks, suurendada väiksemate kuludega ehitiste energiatõhusust ning rahuldada klientide vajadusi parema kvaliteedi tagamisega.

BIM on levinud ehitustööstusesse ja uued digitaal tehnoloogiad võimaldavad konkurentidel teistest riikidest turgudele siseneda. Esimene spetsialist, kes suudab sellele väljakutsele reageerida, saavutab ehitusturul olulise eelise.

Esimene samm hõlmab ettevalmistusstaadiumi, mille käigus peavad insenerid ja arhitektid oma protsessid uuesti läbi mõtlema, et olla võimelised haldama BIM-i mudeleid koos kõigi teiste ehitise elukaarega seotud asjaosalistega. Nad peavad läbima erikoolituse, et:

- teada, mis on BIM ja miks on kasulik teada asjakohast terminoloogiat;
- tunda ära BIM-i eelised võrreldes traditsiooniliste meetoditega;
- olla kursis projekti informatsiooni elukaarega, eelkõige sellega, kuidas teavet esitatakse, saadakse, vahetatakse ja säilitatakse;
- olla teadlik avatud lahenduste kasutamise lisandväärtusest koostöövõime tagamiseks;
- osata teha koostööd ühtses andmekeskonnas;
- olla kursis ehitusvaldkonna digitaliseerimist käsitlevate riiklike seadustega;
- teada, milliseid norme peetakse nende piirkondlikus/kohalikus keskkonnas oluliseks seoses:
 - säästva energia tegevuskava (SEAP) või säästva energia ja kliimamuutuste tegevuskavaga (SECAP);
 - kaugkütte piirkonnaga;
 - energiatõhususe sertifikaadiga;
 - keskkonnasõbralike energiakandjatega, mis on keskkonnasõbralike riigihangete kohaselt kohustuslikud.

Enamik väiksed ja keskmise suurusega ettevõtted, mis tegelevad ehitiste projekteerimise ja/või ehitamisega kas suurettevõtete alltöövõtjana ja/või iseseisvalt, ei ole selleks digitaalseks revolutsiooniks absoluutselt valmis. Nad peavad omandama vajalikud teadmised, et rakendada ja juhtida digitaalset keskkonda. See on vajalik koostöö tegemiseks teiste ehitise elukaarega seotud spetsialistidega alates eelprojektist kuni ehitise elukaare lõpuni.

Spetsialistide roll

Energiaaspektidele keskendudes peavad insenerid ja arhitektid olema valmis liginullenergiahoonete (NZEB) jaoks nii uute hoonete kui ka olemasolevate hoonete renoveerimise korral. Selle olulise tulemuse saavutamiseks peavad nad lisaks riiklike, piirkondlike ja kohalike seaduste järgimisele muutma ka oma seisukohta ning projekteerima ja ehitama hoonet selle eluea lõppu silmas pidades. See tähendab, et nad peavad arvestama lõppkasutajate nõudmistega ehitise energiatõhususe ja mugavustaseme osas alates projekti algusest ning selle kasutamise ajal. Lisaks, koostama ehitise ja selle komponentide/seadmestiku hooldusnõuded ja informatsiooni nende elukaare lõpu kohta.

Eelstaadium

Ülesanded:

1. Teada, kuidas hallata geograafiliste andmetega territoriaalkaarte, seismilisi kaarte ja kliimakaarte seoses hoone ehituskohaga.
2. Tuvastada kindlal territooriumil kohaldatavad SECAP-i indikaatorid ja nende nõutav formaat.
3. Tuvastada indikaatorid, mida saab kontrollida regulatsioonile vastavuse kontrollimise kaudu, ja nende formaat.
4. Tuvastada nõuded vastavalt minimaalsetele keskkonnavalastele kriteeriumitele, et määratleda ehitise säästlikkus (energia- ja veekulu jne) selle elukaare jooksul.
5. Määratleda meetodid failide haldamiseks, vahetamiseks, talletamiseks ühtses infokeskkonnas (ÜIK).
6. Koostada ehitise informatsiooni halduskava (PIM) tööandja informatsiooni nõuete (EIR) põhjal.

Projekti ettevalmistus ja kavandamine

Ülesanded:

1. Tuvastada EIR-ides määratletud energiatõhususe nõuded.
2. Tuvastada hoone ehitus-/renoveerimiskohas ettenähtud energiatõhususe nõuded.
3. Määratleda hoolduskava nõuded, et tagada hoone ettenähtud energiatõhusus.
4. Tuvastada vajalikud erialased oskused BIM-i rakendamiseks suurima energiatõhususe tagamiseks, et saavutada NZEB.
5. Määratleda projekti raames rakendatava kogu tarneahela nõuded.
6. Koostada esialgne ehitusinformatsiooni modelleerimise rakenduskava (BEP).
7. Koostada olemasoleva hoone praegustest tingimustest äärmiselt täpne visuaalne ülevaade.
8. Teha olemasoleva hoone seadmestiku osas väga põhjalik kontroll.
9. Pakkuda välja erinevaid lahendusi hoone energiatõhususe suurendamiseks.

Projekti kontseptsioon

Ülesanded:

1. Koostada projekt, võttes arvesse tööandja poolt eelnevas staadiumis esitatud kõiki uusi nõudeid.

2. Vaadata üle esialgne BEP, et võtta arvesse kõik tarneahelaga või teiste sama projektiga töötavate spetsialistidega seotud uued küsimused.
3. Vaadata üle ehitise tehnosüsteemide projekt, et tagada maksimaalne energiatõhusus.
4. Arvestada asustamisjärgsete ja kasutamisalaste küsimustega, et tagada parem seadmestiku projekteerimine.
5. Näha ette parimat tehnoloogiate (nt taastuvenergia süsteemid, kütte-, ventilatsiooni- ja jahutussüsteemid (HVAC) jne) kooslust, et tagada suurim energiatõhusus.
6. Tagada HVAC-teenuste haldus- ning integreeritud juhtimissüsteemi (hoone automaatika- ja juhtimissüsteem (BACS)) olemasolu.
7. Tagada veekulu vähendamiseks vajalike seadmete olemasolu.
8. Tagada hoone välispiirete dünaamiline käitumine, rakendades eelistatult liigutatavate elementidega (varjestus, liugpaneelid jne) lahendused.
9. Esitada mudelite teabe valmiduse tase vastavalt eelmääratletud detailsustaseme/infotaseme (LOD/LOI) indikaatoritele iga mudeli objekti puhul seoses lõpliku projekti poolt nõutava detailsusega.
10. Projekteerida ÜIK erinevatelt spetsialistidelt ja tarnijatelt saadava informatsiooni vahetamiseks, jagamiseks ja säilitamiseks.

Põhiprojekt ja tehniline projekt

Ülesanded:

1. Tagada põhiprojekti kohased energiatõhususe jätkusuutlikkuse nõuded.
2. Tagada õigete hooldus- ja kasutussuuniste üleandmise strateegia.
3. Integreerida HVAC-seadmestiku ning kõigi muude seadmete paigaldamise projektid ühte liidetud mudelisse.
4. Vaadata üle BIM-i rakenduskava, kui seda on muudetud.
5. Tagada, et tarneahel oleks võimeline esitama lõpliku teabe esitamise käigus õige teabe.
6. Veenduda, et kõik NZEB nõuded või olemasoleva hoone renoveerimise nõuded oleks täidetud.
7. Veenduda, et arvestatud oleks soojustuse pidevusega.
8. Tagada energiatõhususe kontrolli mittetehnilise juhendi koostamine lõppkasutajale loetavas formaadis.
9. Luua BIM 3D ja 4D tööde aja ja kulude kavandamiseks, et simuleerida erinevaid lahendusi ning hinnata kõigi renoveerimistööde investeeringu tootlust.
10. Luua BIM 6D erinevate seadme- ja valgustussüsteemide simuleerimiseks, et saavutada kõrgeim mugavustase ja madalaim energiakulu.
11. Kontrollida vastuolusid, et vältida seadmete ja hoone konstruktsiooni omavahelisi takistusi.
12. Teha regulatsioonile vastavuse kontroll, et tagada vastavus kõigile seadusest tulenevatele ja tehnilistele nõuetele.
13. Luua ÜIK erinevatelt spetsialistidelt ja tarnijatelt saadava informatsiooni vahetamiseks, jagamiseks ja säilitamiseks.
14. Tagada kogu graafilise ja mittegraafilise informatsiooni õige digitaliseerimine ja haldamine.

Ehitus

Ülesanded:

1. Viia tehnilise projekti BIM-i mudel vastavusse teostusega, mis tähendab, et tagada tuleb mudelis esitatud informatsiooni vastavus tegelikule hoonele.

2. Tagada, et iga hoone elemendi kogu teave, sh tarnijatelt saadud teave, oleks üleandmise strateegias õigesti esitatud.

Üleandmine ja protsessi lõpetamine

Ülesanded:

1. Teostada kõik üleandmise strateegias ettenähtud tegevused.
2. Tagada ehitusteenuste täpsustamine tagamaks parim energiatõhusus.
3. Kontrollida ja kinnitada, et kõik seadmed on korrektselt paigaldatud ja nende kasutusjuhend on esitatud koos BIM mudeliga.
4. BIM mudeli üleandmine hoonehaldurile ja/või omanikule.

Kasutusel olev ehitise ja taaskasutussevõtt

Ülesanded:

1. Kontrollida kasutuses oleva ehitise energiatõhusust.
2. Tagada korrektne seadmete registreering registris ja omanikule.
3. Tagada SEAPi ja/või SECAPi jaoks vajalike näitajate esitamine.
4. Tagada seadmete hooldus parimaks toimivuseks.
5. Tagada, et kõik suuremad muudatused oleksid BIM mudelis korrektselt esitatud.
6. Tagada, et seadmete taaskasutussevõtmine ja nende mittevajamise korral utiliseerimine oleks korrektselt teostatud.

Sisukord

0. Sissejuhatav moodul – olulisemad BIMi alased teadmised ja oskused.....	7
0.1 Sissejuhatus: mis on BIM?.....	7
0.2 BIMi terminid	8
0.3 BIMi erinevatel eesmärkidel kasutamise eelised ja väärtus	16
0.4 Avatud BIMi tööriistad ja standardformaad	20
0.5 ÜIK (ühtne infokeskkond).....	26
0.6 BIMi rakenduskava.....	27
1. Moodul 1 – BIMi levik	30
1.1 Investeeringutasuvus	30
1.1.1 BIMi ROI organisatsiooniline mõõde.....	32
1.1.2 BIMi ROI huvigruppide mõõde.....	33
1.1.3 BIMi ROI küpsuse mõõde	33
1.2 BIMi levitamise strateegiad.....	35
2. Moodul 2 – teabehalduse rakendamine	39
2.1 ÜIKs (ühtne infokeskkond) teabe haldamise põhimõte.....	39
2.2 Graafilise ja mittegraafilise informatsiooni 3D-mudel	43
2.3 Energiatulemuslikkuse lepingu (EPC) hoolduskava.....	48
2.4 BIM-i teostusmudel hoonete energiatõhususe suurendamiseks	52
3. Moodul 3 – hangete haldamise rakendamine	58
3.1 Kvaliteetsed pakkumised ja lepingud, garantiid ja muutuste juhtimine	58
3.2 Keskkonnahoidlikud riigihanked	60
3.3 Materjalide ja toodete valimine BIM-iga	63
3.4 Energiasäästlikkuse alane koolitus.....	67
3.5 Huvigruppide välja selgitamine ja nende vaheline koostöö.....	68
4. Moodul 4 – BIMi tehnoloogia kasutamine.....	71
4.1 Säästlik ehitussektor	71
4.2 Mudeli automaatne kontroll.....	73
4.2.1 Koodeksi kontroll	73
4.2.2 Vastuolude tuvastamine	75
4.3 Informatsiooni küpsuse indeks	76
4.4 4D- ja 5D-BIMi tehnoloogiad.....	79

4.4.1 4D-faasi kavandamine	79
4.4.2 5D-kulude hindamine.....	80
4.5 Laserskaneerimise tehnoloogia	82
5. Moodul 5 – BIMi mudeli analüüs	89
5.1 BIMi kasutamine kvaliteedijuhtimises	89
5.2 Simulatsioonimeetodid ja energiakulu ja valgustuse analüüs	90
5.3 Ehitustööde tehniline järelevalve	91
5.4 BIMi üleandmine ja hooldamine	93
Referentsid.....	97

0. Sissejuhatav moodul – olulisemad BIMi alased teadmised ja oskused

0.1 Sissejuhatus: mis on BIM?

Ehitusinformatsiooni modelleerimise (BIM) mõiste, mis kirjeldab tehnoloogiate kogumit ja protsesse, on endiselt kiiresti muutumas juba enne selle laialdaselt sektoris kasutusele võtmist. Terminina näib BIM olevat nüüd teatud määral stabiliseerunud, ent BIMi kui tehnoloogiate/protsesside kogumi piirid on kiiresti laienemas. See piiride laienemine (ja mõnikord muundumine) on mitmes mõttes häiriv, sest BIMil puudub endiselt lõplikult kokkulepitud definitsioon, standarditud protsess ja regulatiivne raamistik. Hoolimata nendest probleemidest on BIMil (kui integreeritud protsessil) potentsiaal toimida muutuste katalüsaatorina, mis peaks vähendama sektori killustatust, suurendama selle tõhusust ja alandama ebapiisava koostalitlusvõimest tingitud suurt raiskamist.

Sektori huvigruppide (nt arhitektid, insenerid, kliendid, ehitusettevõtted, objektide haldajad, riigiasutused) jaoks on BIM endiselt üsna uus termin. BIMi esile kerkimisele annavad jõudu arvutite töötlemisvõimsuse, paremate rakenduste, parema koostalitluse ja regulatiivsete raamistike aina suurem kättesaadavus.

BIM ehk kuidas seda terminit tõlgendada:

- ehitis: konstruktsioon, ruum, elukeskkond...
- informatsioon: korrastatud andmekogum: tähendusrikas ja kasutamiskõlblik
- modelleerimine: vormimine, kujundamine, esitlemine, ulatuse määramine...

Selleks, et üldtõõudud tähenduste reast kõige paremini aru saada, pöörame nende sõnade järjekorra ümber:

Info

kui korrastatud andmekogumi, mis on tähendusrikas, kasutamiskõlblik,

modelleerimine,

vormimine, kujundamine, esitlemine, selle ulatuse määramine,

et virtuaalselt konstrueerida
et laiendada analüüsi
et uurida võimalusi
et uurida erinevaid lahendusi
et avastada võimalikke vastuolusid
et arvutada välja ehituskulud
et analüüsida ehitamise võimalikkust
et kavandada lammutamist
et hallata ja hooldada

ehitist

rajatist, suletud pinda, konstrueeritud keskkonda
(Succar, 2008)

Ehitusinformatsiooni modelleerimise kontseptuaalne raamistik pärineb 1980ndate keskpaigast, ent termin ise sündis hiljuti uuesti. Akronüümina eelistatakse BIMi aina enam paljudele suuresti sarnaseid kontseptsioone väljendavatele konkureerivatele terminitele.

0.2 BIMi terminid

2E indeks: objektiivne indeks, mis hõlmab aega, kulusid ja virtuaalses prototüüpide loomises seisneval simulatsiooniprotsessil põhinevat piisavat hinnangut, mille abil saab määrata ökoloogilise tõhususe.

3D: modelleeritavate objektide kolmemõõtmeline ehk ruumiline (staatiline või dünaamiline) kujutamine.

4.0 Ehitus: ehitussektori ümberkujundamine ja arendamine uute tehnoloogiate toel, mis muudavad inimeste kaudu, inimeste poolt kasutatavate vahendite ja materjalide koostalituse alusel, protsesside virtualiseerimise, otsustamisprotsesside detsentraliseerimise, reaajas teabe vahetamise ja klienditeenindusele keskendumise läbi väljakujunenud ärimudeleid.

4D: 3D-le on lisatud ajaline mõõde, st aja mõõtme ühendamine ehitise osade ja ruumiobjektidega. Aja mõõdet võib esitada näiteks ehitise osa paigaldusena, eesmärgiks 4D-simulatsiooniga ehitamise käigu visualiseerimine.

5D: kolmemõõtmeline ehitise mudel, millele on lisatud ajalised ja maksumusandmed. 5D mudel võimaldab projekti osapooltel visualiseerida/analüüsida ehitustööde edenemist ja sellega seonduvaid kulusid ajagraafikust lähtuvalt.

6D: kolmemõõtmeline ehitise mudel, millega on seotud ehitise andurites tulenev informatsioon energiakulu ja säästlikkuse analüüsimiseks.

AEC (arhitektuur, projekteerimine ja ehitus): akronüüm, mis viitab ehitussektorile/-valdkonnale

AECO (arhitektuur, projekteerimine, ehitus ja käitamine): akronüümi AEC laiendus, mis hõlmab ka ehitiste ja infrastruktuuri eksploatatsiooni ja hooldamisega seotud sektoreid ja valdkondasid.

AIA (Ameerika Arhitektide Instituut): Ameerika Ühendriikide arhitektide liit.

AIM (varaobjekti infomudel): infomudel (sealhulgas dokumendid, graafiline mudel ja mittegraafilised andmed), mis toetab varaobjekti elukaare lõikes selle hooldamist, haldamist ja eksploatatsiooni.

Ainulaadne globaalne identifitseerimiskood: ainulaadne tarkvararakenduses konkreetse objekti identifitseerimiseks kasutatav number. BIMi mudelis on kõigi objektide kood GUID.

Andmete alane keerdküsimus: probleemne valdkond erinevates, erinevate asjaoludega kultuurides standardite jõustamisel.

Asjade internet: mõiste, millega viidatakse igapäevaste objektide interneti teel digitaalselt omavahel ühendamisele.

Avatud BIM: BIMi andmete vahetamine avatud formaate kasutades.

BCF (BIMi koostööformaad): avatud failiformaat, mis võimaldab lisada BIMi mudeli IFC-faili kommentaare, kuvatõmmiseid ja muud teavet, et soodustada erinevate BIMi meetodi abil loodud projektis osalevate poolte vahelist suhtlust ja koordineerida nende tegevust.

BIM (ehitusinformatsiooni modelleerimine): töömeetod ehitusprojektide kõikehõlmavale haldamisele nende elukaare raames, mis põhineb andmebaasidega seotud virtuaalsetele mudelitele.

BIM, avatud: üldine ettepanek ehitiste projekteerimisel koostöö tegemiseks, ehitiste käiku andmiseks ja hooldamiseks, mis põhineb standarditel ja avatud töövoogudel.

BIM, eraldiseisvana: BIMi tööriistade kasutamine projekti osapoolte poolt ilma koostalituse ja vastastikuse teabevahetusega.

BIM, koordinaator: isik, kes koordineerib kõigi BIMi projekti osapoolte ülesandeid, kohustusi ja vastutust ning tähtaegu. Peab ka läbirääkimisi erinevaid valdkondi esindavate meeskonnajuhtidega, koordineerib ja jälgib projekti mudeleid.

BIM, põhieesmärgid: BIMi parameetripõhised eesmärgid, mis on BIMis projekteeritavad mitmel erineval moel.

BIM, suur: ehitise elukaare raames BIMi raja ettevõtete vaheline jagamine.

BIM, sõbralik: protsessid ja tööriistad, mis ei ole täielikult välja töötatud BIMi metodoloogia raames, ent võimaldavad osalemist teatud protsessides või koostalitust BIMi tööriistadega.

BIM, väike: organisatsioonide poolt rakendatavad BIMi protsessid ja metodoloogia.

BIMi eesmärgid: eesmärgid, mis püstitatakse selleks, et määratleda BIMi rakendamise potentsiaalne väärtus projektile või projektimeeskonnale. BIMi eesmärgid aitavad määratleda, kuidas ja miks tuleb BIMi projektis või organisatsioonis rakendada.

BIMi (valdkonna)juht: isik, kes vastutab BIMi metodoloogia abil genereeritud teabe nõuetekohase voo tagamise eest ja protsesside tõhususe ja kliendi sätestatud tehniliste näitajate saavutamise eest. Projekti andmebaasi loomise juht.

BIMi küpsuse tase: näitaja, tavaliselt statistiline või interaktiivne tabel, mida kasutatakse organisatsiooni või meeskonnaprojekti teadmiste taseme ja BIMi kasutamise hindamiseks.

BIMi modelleerija: isik, kelle ülesanded on BIMi elementide modelleerimine nii, et need esindaksid projekti või ehitist tõetruult, nii graafiliselt kui ehituslikult, vastavalt projekteerimise tingimustele, ja projektiga seotud dokumentide genereerimine.

BIMi modelleerimine: ehitise või rajatise virtuaalse kolmemõõtmelise mudeli ehitamine või genereerimine, mille käigus lisatakse mudelile lisaks geomeetria ka muud teavet, et hõlbustada selle kasutamist projekti ja ehitise või rajatise elukaare erinevates faasides.

BIMi mudel: ehitise või rajatise virtuaalne kolmemõõtmeline mudel, mis hõlmab projekti ja ehitise või rajatise elukaare faasides selle mugava kasutamise tagamiseks lisaks geomeetria ka muud teavet.

BIMi nõuded: üldine mõiste, mis viitab kõigile klientide, reguleerivate asutuste ja muude seesuguste poolte nõuetele ja eeldustele, millele BIMi mudelid peavad vastama.

BIMi rakendused: BIMi aktiivse elukaare osa ajal rakendamise meetod, et saavutada konkreetsed eesmärgid.

BIMi rakenduskava: strateegiline kava BIMi ettevõttes või organisatsioonis rakendamiseks.

BIMi roll või profiil: isiku roll organisatsioonis (või organisatsiooni rolli projektimeeskonnas), mis on seotud BIMi mudelite genereerimise, muutmise või haldamisega.

BoQ (töömahtude loetelu): kõigi projekti kaasatud tööüksuste mõõtmete kogum.

BREEAMi sertifitseerimine: maailma ehitussektori uurimisele pühendunud organisatsiooni Building Research Establishment (BRE) hallatav ehitiste säästlikkuse hindamise ja sertifitseerimise meetod.

BRK (BIMi rakenduskava) või BPRK (BIMi projekti rakenduskava): dokument, milles on välja toodud kõigis projekti faasides BIMi metodoloogia kasutamise üldine kuju, milleks täpsustatakse muuhulgas kasutamise eesmärgid, BIMi protsessid ja ülesanded, teabevahetuse viisid, vajalikud infrastruktuurid, rollid, kohustused ja mudeli rakendused.

BSSCH (Building Smarti Hispaaniale haru): Building Smart Alliance'i Hispaania haru.

Building Smart Alliance: rahvusvaheline mittetulunduslik organisatsioon, mille eesmärk on BIMi ja ärimudeleid puudutavate avatud standardite koostalituse läbi suurendada tervishoidu ehitussektoris ning mis on pühendunud koostööle kulude vähendamisel ja tähtaegade järgimisel uue taseme saavutamiseks.

CAMM (arvutipõhine haldustööde juhtimine): arvutisüsteem, mis juhib ehitise haldustegevusi.

COBie (ehitusoperatsioone puudutava ehitusinformatsiooni vahetamine): rahvusvaheline ehitusandmete vahetamise standard, mis keskendub BIMi perspektiivile. Kõige sagedamini kasutatakse selleks ehitusprotsessi käigus progressiivselt väljatöötatavate arvutuste lehte.

DB (projekteerimine-ehitamine): ehitusprojekti hankimise viis, mille korral klient sõlmib projekti projekteerimiseks ja ehitamiseks ühe lepingu.

DBB (projekteerimine-pakkumine-ehitamine): ehitusprojekti hankimise haldamise režiim, mille korral klient korraldab projekti projekteerimiseks ja ehitamiseks eraldi hankemenetlused.

Digitaalne kaksik: ehitise konstruktsiooni visuaalne kujutis.

Ehitise elukaar: ehitise vaatlemine selle terve kasutusaja lõikes, mis hõlmab projekteerimist, ehitamist, käitamist, lammutamist ja jäätmete kõrvaldamist.

Ehitustöö planeerimine: tegevused ja dokumendid, mille abil kavandatakse töö erinevate osade õigeaegne teostamine. BIMi mudelis saab määrata kõigile selle elementidele ja objektidele parameetrid nii, et plaani järgimise korral on võimalik igal ajal genereerida tööde staatuse simulatsioon.

EIR (tellija infonõuded): dokument, millega määratletakse kliendi modelleerimise alased nõudmised kõigis ehitusprojekti etappides. BIMi rakenduskava koostamise alus.

Elukaar: mõiste, mis viitab konkreetse artikli, projekti, ehitise või töö välimusele, arendamisele ja lõpule viimisele.

Esialgne formaat: teatud arvutirakendustega loodud tööfailide originaalformaat, mis ei ole tavaliselt otse erinevate rakendustega informatsiooni vahetamiseks kasutatav.

FM (ehitise haldamine): käitamisfaasis väljatöötatud teenuste ja mitmeid valdkondi hõlmavate tegevuste kogum, mille eesmärk on pakkuda välja inimeste, ruumide, protsesside, tehnoloogiate ja ise paigaldatud paigaldiste, näiteks hooldus- või haldusruumide integreerimise teel välja viis varaobjekti kõige tõhusama kasutuse tagamiseks.

Födereeritud mudel: BIMi mudel, mis ühendab, mitte ei genereeri erinevatele valdkondadele eraldi mudeleid. Födereeritud mudel ei loo erinevalt integreeritud mudelist eraldiseisvatest mudelitest saadud andmete andmebaasi.

GbXML: formaat, mida kasutatakse BIMi mudeli omaduse ladusalt energiakulu arvutamise rakendustesse ülekandmiseks.

GIS (geograafilise informatsiooni süsteem): infosüsteem, mis võimaldab geograafiliste viidetega informatsiooni integreerida, säilitada, töödelda, analüüsida, jagada ja kuvada.

Green Building Council: mittetulundusühing, mis ühendab terve ehitussektori esindajaid, et julgustada sektori liikumist säästlikkuse suunas sektorile meetodite ja ajakohaste ja rahvusvahelisel tasandil rakendatavate tööriistade pakkumise teel, mis võimaldavad ehitiste säästlikkust objektiivselt hinnata ja sertifitseerida.

Huvitatud isik: isik või isikute või äriüksuste rühm, kes või mis sekkub protsessi mistahes osasse või kellel või millel on selle vastu huvi.

HVAC (kütte-, ventilatsiooni- ja kliimaseadmed): lühend, mis viitab kõigile ehitises kasutatavatele kliima reguleerimise süsteemidele.

IAI (International Alliance for Interoperability): Building Smarti eelkäija.

ICT: info- ja kommunikatsioonitehnoloogiad.

IDM (teabe edastamise käsiraamat): standard, milles kirjeldatakse varaobjekti elukaare ajal teatud tüüpi informatsiooni vajamise korral kasutatavaid protsesse ja täpsustatakse, kes on kohustatud seesuguse informatsiooni edastama.

IFC (sektori alusklassid): standardne Building Smartiga loodud failikapp, mis tõhustab tarkvararakenduste ja BIMi töövoogu vahelist infovahetust ja koostalitust.

IFD (informatsiooni raamsõnastik): alus, mis võimaldab ehituse andmebaasi ja BIMi mudelite vahelist kommunikatsiooni. Building Smarti poolt väljatöötamisel.

Integreeritud mudel: BIMi mudel, milles on omavahel seotud erinevate valdkondade mudelid, mis läbi luuakse ainulaadse konkreetse mudeli andmeid sisaldava andmebaasiga fõdereeritud mudel.

IPD (projekti integreeritud elluviimine): lepinguline suhe, mis keskendub riski ja jagamise jagunemisele projekti tähtsamate osalejate vahel. See põhineb ühistel riskidel ja võitudel, kõigi projekti sekkuvate poolt varasel kaasamisel ja nende vahelisel avatud kommunikatsioonil. See hõlmab sobiva tehnoloogia, näiteks BIMi metodoloogia kasutamist.

IT: infotehnoloogia.

IWMS (integreeritud töökooha haldamise süsteem): ettevõtte juhtimisplatvormi kaudu kasutatav integreeritud töökooha haldamise süsteem, mis võimaldab organisatsiooni ruumides asuvaid varasid planeerida, projekteerida, hallata, laiendada ja eemaldada. See võimaldab optimeerida allikate kasutamise tööalas, sh hallata varaobjekte, rajatisi ja paigaldisi.

Koostalitlusvõime: mitmete süsteemide (ja organisatsioonide) võime teha koos, andmeid ja informatsiooni kaotamata sujuvat koostööd. Koostalitlusvõime võib esineda süsteemide, protsesside, failiformaatide jms vahel.

KPI (tulemuslikkuse põhinäitaja): tulemuslikkuse näitajad, mis aitavad organisatsioonil mõista, kas töid teostatakse vastavalt selle eesmärkidele.

Kvaliteet: tootele kehtivatele nõuetele vastavuse mõõde vastavalt mõõdetavatele ja kontrollitavatele standarditele.

Käitamisfaas: Ehitise elutsükli viimane faas. See hõlmab kõiki ehitustööle ja ehitise loomisele järgnevat tegevusi.

Käivitamine: vt mõistet „väljavõtt“.

Laiendatud reaalsus: visioon reaalse maailma füüsilisest keskkonnast, mis saadakse läbi käegakatsutavad füüsilised elemendid virtuaalsete elementidega ühendava tehnoloogilise seadme, mis läbi luuakse reaalses segatud reaalsus.

Laserskaneerimine: laserkiirte kontrollitud juhtimine, millele järgneb kiirte kauguse mõõtmine igast tagasipeegeldunud punktist, et kiirelt ja täpselt mõõdistada eri objekte, konstruktsioone, ehitisi ja maapindasid.

Last Planner LPS (süsteem Last Planner) on planeerimise, seire ja kontrollimissüsteem, milles järgitakse timmitud ehituse põhimõtteid. See põhineb ehitustööde teostamise edukuse suurendamisele planeerimisega seotud ebakindluse vähendamise, esialgsetes plaanides või projekti põhiplaanis vahe- ja iganädalaste eesmärkide püstitamise, tegevuste tavapärast arendamist takistavate piirangute analüüsimise teel.

Liigitamissüsteemid: ehitussektoris kasutatavad klassid ja kategooriad, mille seas on muuhulgas elemendid, ruumid, valdkonnad ja materjalid (Uniclass, Unifomat, Omniclass ja mõned enamlevinud rahvusvahelised liigitamisstandardid).

LEED (Leadership in Energy & Environmental Design): Ameerika Ühendriikide Keskkonnasõbralike Ehitiste Nõukogu – ka teistes riikides esindusi omava agentuuri – välja töötatud säästlike ehitiste sertifitseerimise süsteem.

LOD (üksikasjalikkuse tase): ehitusprotsessi kasutatava informatsiooni kogus ja rikkalikkus. Kasutatakse projekti arendamise varases järgus.

LOD (arengutase): määratleb BIMi mudelis sisalduva informatsiooni arengu- või küpsustaseme ja puudutab ehitise koosseisu osa, ehituslikku süsteemi või paigaldist. AIA on väljatöötanud numbrilise klassifikatsiooni (LOD100, 200, 300, 400, 500).

LOD 100: objekt, mida võib väljendada sümboli või geneerilise tähise abil. Seda ei ole vaja kujutada geomeetriliselt, ent see võib siiski sõltuda graafiliselt või geomeetriliselt määratletud teistest objektidest. Teatud elemendid võivad sellele arengutasemele jääda ka projekti kõrgematel tasanditel.

LOD 200: element on graafiliselt määratletud, projekti paiknevust silmas pidades on välja toodud kogused, mõõtmed, kuju ja/või asukoht. Võib hõlmata mittegraafilist informatsiooni.

LOD 300: element on graafiliselt määratletud, projekti paiknevust silmas pidades on täpselt välja toodud kogused, mõõtmed, kuju ja/või asukoht. Võib hõlmata mittegraafilist informatsiooni.

LOD 350: samaväärne LOD 300-ga, ent viitab erinevate elementide vaheliste häirete tuvastamisele.

LOD 400: sihtobjekt on geomeetriliselt määratletud ja määratletud on selle asend konkreetsetes ehitussüsteemis, kasutus ja montaaž koguse, mõõtmete, vormi, asukoha ja täieliku üksikasjaliku suunatuse alusel, projekti jaoks vajalik tootega seotud informatsioon, töö ja paigalduse tellimine. See võib hõlmata ka mittegraafilist informatsiooni.

LOD 500: sihtobjekt on geomeetriliselt määratletud ja määratletud on selle asend konkreetsetes ehitussüsteemis, kasutus ja montaaž koguse, mõõtmete, vormi, asukoha ja täieliku üksikasjaliku suunatuse alusel, projekti jaoks vajalik tootega seotud informatsioon, töö ja paigalduse tellimine. Võib hõlmata mittegraafilist informatsiooni. Kattub LOD 400 definitsiooniga, ent puudutab reaalselt tööse rakendatud elementi.

LOI (informatsiooni tase): BIMi objekti modelleerimata informatsiooni hulk. LOI on väljendatav tabelina, spetsifikatsioonides või parameetrite kujul esitatud teabena.

LOMD (mudeli eraldustäpsuse tase): tase Briti konventsioonile vastaval mudeli eraldustäpsuse skaalal. LOMD = LOD + LOI.

Loometarkvara: tarkvararakendused, mis võimaldavad luua andmekogumi ja selle erinevate osadega rikastatud 3D-mudelite loomist ja mida kasutatakse originaalse BIMi mudeli loomiseks. Neid nimetatakse tavaliselt modelleerimisplatvormiks.

MET (mudeli elementide tabel): tabel, mida kasutatakse BIMi mudelite haldamise ja genereerimise eest vastutava sektsiooni ja arendustöö taseme väljaselgitamiseks. MET hõlmab tavaliselt rida mudeli komponente vertikaalsel teljel ja projekti vahe-eesmärke (või projekti elukaare faase) horisontaalsel teljel.

MEP (mehhaanika, elektripaigaldised ja torustik): ehitises kasutatavatele paigaldistele viitav lühend.

Mudel/prototüüp: kõik spetsiifilised objektid, mis võivad olla BIMi mudeli osad.

Mudelikategooria: kategooria, mis on seotud ehitise mudelis esinevate reaalsete objektidega, mis on selle geomeetria osad, näiteks seinad, katematerjalid, pinnased, ukse ja aknad.

MVD (mudelivaate definitsioon): standard, mis kirjeldab ehitise elukaare raames erinevate programmide ja vahendajate vahelise andmevahetuse metodoloogiat, materjali või IFC-faile. Building Smarti poolt väljatöötamisel.

Mõõtmete väljavõte: mudeli mõõtmete kogu.

Näidisparameeter: muutuja, millel on konkreetsele objektile teistest muutujatest sõltumatu toime.

Objekti tüüp: samasse perekonda kuuluvate ja ühiste parameetritega objektide alamrühm BIMi mudelis.

Objektikategooria: objektide sorteerimine ja rühmitamine BIMi mudelis vastavalt nende ehituslikule tüpoloogiale ja eesmärgile.

Omandi kogumaksumus: hinnanguline kõigi ehituse elukaare ajal tehtavad ehitise/raja ehitise seotud kulutuste summa.

Parameeter: muutuja, mis võimaldab ohjata objekti omadusi ja mõõtmel.

Parameetripõhine mudel: 3D-mudelitega seotud termin, mille puhul objekte/elemente saab muuta selgeid parameetreid, eeskirju ja piiranguid kasutades.

Parandamine: lisatöö, mis on vajalik toodet puudutava erimeelsuse lahendamiseks.

PAS 1192 (üldkasutatavad spetsifikatsioonid): CIC-i (ehitussektori nõukogu) avaldatud spetsifikatsioonid, mille peamine eesmärk on täita Ühendkuningriigis BIMi alaseid eesmärke toetava raamistiku ülesannet. Nende abil sätestatakse BIMi standarditele vastamiseks täitmisele kuuluvad nõuded ja alus BIMi projekti raames koostöö tegemise võimaldamiseks, sh kasutatavad reeglid aruannete koostamiseks ja andmevahetusprotsesside toimimiseks.

Passivhaus: energiasäästlikud ehitusstandardid siseruumide suure mugavuse ja ehitise säästlikkuse tagamiseks. Standardite kasutamist propageerib rahvusvahelisel tasandil tuntud Saksamaal asuv Passivhaus Institute.

Pehmed oskused: üldnimetus isikuomadustele, sotsiaalsetele oskustele, suhtlemisoskusele, üksmeele leidmise oskusele, isiklikele harjumustele ja sõprussuhetele, mis annavad värvi inimese suhetele teistega.

Perekond: samasse kategooriasse kuuluvate objektide kogum, millele on sätestatud parameetripõhised genereerimise eeskirjad, et saada analoogseid geomeetrilisi mudeleid.

PIM (tooteinfo haldamine): andmehaldus, mida kasutatakse toodetega seotud informatsiooni tsentraliseerimiseks, korraldamiseks, liigitamiseks, sünkroniseerimiseks ja rikastamiseks vastavalt ettevõtte eeskirjadele, turustrateegiatele ja müügile. Toodetega seotud informatsioon tsentraliseeritakse mitmele müügikanalile täpselt ja järjekindlalt uusima informatsiooni edastamiseks.

Piiramine: BIMi mudeli kontekstis objektile kehtiv piirang või tõke, mis on tavaliselt seotud selle vootmetega või selle asendiga teise objekti suhtes.

PMI (Project Management Institute): ülemaailmne organisatsioon, mille peamine eesmärk on välja töötada projektijuhtimise alaseid standardeid, korraldada koolitusprogramme ja hallata ülemaailmselt spetsialistide sertifitseerimise protsessi.

Projekt: ajutine planeerimistegevus, mis toimub toote, teenuse või ainulaadse tulemuse loomiseks. Ehitustööstuses on tulemuseks ehitised, infrastruktuurirajatis vms.

Projektijuhtimine: teadmiste, oskuste, töövahendite ja meetodite rakendamine projekti nõuetele vastavuse tagamiseks vajalike toimingute teostamiseks.

Protseduur: dokumenteeritud teatud järjekorras ja kujul teostatavate ülesannete kogum, mida korratakse tõenäoliselt mitu korda eesmärgiga saada sarnased tulemused.

Punktipilved: ehitise või objekti kohta laserskaneerimise teel andmete kogumise tulemus, mis koosneb punktide kogumist skaneeritu pinda peegeldavas ruumis.

Pöördprojekteerimine: meetod füüsilise ehitise kohta informatsiooni saamiseks, et sõnastada uuele projektile kohaldatavad nõuded.

QA, kvaliteedi tagamine: meetmed ja toimingud, mida kasutatakse protsessis tulemuste usaldusväärsuse kontrollimiseks ja nende parandamiseks.

QC, kvaliteedikontroll: operatiivsed meetodid ja tegevused, mida kasutatakse kvaliteedinõuetele vastamiseks.

Rakendusala: projektiga seotud soovitud tulemuse, toote või teenuse määratlus. BIMi korral sõltub rakendusala määratlusest mudeli arengutase.

RFI (infopäring): protsess, mille abil üks projektis osalejatest (näiteks töövõtja) saadab teisele osalejale teate, et kontrollida dokumenteeritud tõlgendust või selgitada mudelisse lisatud.

ROI (investeeringutasuvus): finantssuhtarv, mille abil võrreldakse kasumit või saadud kasumit seoses tehtud investeeringutega. BIMi raames kasutatakse seda BIMi meetodite organisatsioonis kasutusse võtmise majandusliku kasu analüüsimiseks.

Ruum: avatud või suletud pind või ruumala, mida piirab mistahes element.

SaaS (tarkvara teenus üle interneti): mudeli ja tarkvara litsentseerimine, mille puhul tarkvaravahend ei ole installitud iga kasutaja arvutisse, vaid seda majutatakse tsentraalselt (pilves) ja pakutakse kasutajatele tellimusepõhiselt.

Samaaegne projekteerimine: süstemaatilised jõupingutused toote integreeritud ja koondatult projekteerimiseks ja sellele vastava tootmise ja teenindamise protsessi tagamiseks. Välja töötatud eesmärgiga panna arendamise eest vastutavad isikud algusest peale arvestama kõigi projekti elukaare elementidega, alates kontseptuaalsest projektist kuni selle kättesaadavaks muutmiseni, võttes arvesse kvaliteeti, kulusid ja kasutaja nõudmisi.

Scrum: võrdlusraamistik, mis määratleb rea töömeetodeid ja rolle, mida saab kasutada alguspunktina projekti käigus elluviidavate arendusprotsesside määratlemiseks. Sellele on iseloomulik toote kavandamise ja täieliku teostamise asemel lisava arendamise strateegia kasutamine, kusjuures tulemuse kvaliteet sõltub omaalgatuslikult koostatud meeskondadesse kuuluvate inimeste teadmistest. Erinevad arengufaasid kattuvad järjestikuse tsükliga või kaskaadina üksteisele järgnevate faaside kasutamise asemel.

Simulatsioon: objekti või reaalsuses esineva süsteemi virtuaalse mudeli projekteerimine ja selles katsete läbiviimise protsess, et mõista või prognoosida süsteemi või objekti käitumist või hinnata uusi strateegiaid selle funktsioneerimiseks – teatud või kindlaksmääratud piiride raames.

Sotsiaalne BIM: termin, mida kasutatakse organisatsiooni meetodite, projektimeeskondade või terve mitmeid valdkondi hõlmavate BIMi mudelite genereerimise või BIMi mudelite projekti osapoolte vahel koostööpõhiselt jagamise turu kirjeldamiseks.

Spetsifikatsioon: dokument, milles kirjeldatakse kõikehõlmaval, täpsel ja kontrollitaval viisil süsteemi, komponendi, toote, tulemuse või teenuse nõudeid, ehitust, toimimist ja muid üksikasju. Sageli rakendatakse protseduure spetsifikatsioonides kirjeldatule vastavuse kontrollimiseks.

Standard: vastastikusel nõusolekul koostatud dokument, mille on heaks kiitnud ja mida on tunnustanud üldkasutatavaid ja korduvalt kasutatavaid reegleid ja eeskirju väljastav üksus, või konkreetses kontekstis optimaalse taseme saavutamiseks teostatavate tegevuste ja nende tulemuste omadused.

Suurandmed: mõiste, mis viitab suurte andmebaasikoguste hoidmisele ja seesuguste andmete seast korduvate mustrite leidmiseks kasutatavatele protseduuridele.

Taksonoomia: mitmetasandiline klassifikatsioon (hierarhia, puu vms), mida kasutatakse mõistete selge struktuuri kohaselt korraldamiseks ja nimetamiseks, nt BIMi mudelisse kaasatud objektid.

Tark linn: linnakeskkonnas paiknev tehnoloogiline visioon/lahendus, mille abil ühendatakse mitmeid info- ja kommunikatsioonisüsteeme, et hallata linnas asuvaid ehitatud objekte. Targa linna visioon/lahendus sõltub liikumisandurite ja seiresüsteemide teel kogutud andmetest ja on suunatud linna elanike elukvaliteedi parandamisele erinevat tüüpi teenuste ja varade integreerimise läbi.

Teostusmudel: mudel, millesse kogutakse kõik ehitusprotsessi käigus projektides tehtavad muudatused nii, et on võimalik saada täpselt reaalsusele vastav BIMi mudel.

Timmitud ehitus: ehitustööde juhtimise meetod, projektijuhtimisstrateegia ja tootmisteooria, mille keskmes on materjalide, aja ja jõupingutuste raiskamise minimeerimine ja väärtuse maksimeerimine pideva tõhustamise läbi projekteerimisfaaside ja projekti ehitamise lõikes.

Töövoog: töövoog operatiivsete aspektide uuring: kuidas ülesanded struktureeritakse, kuidas need ellu viiakse, missugune on korrelatiivne kord, kuidas need sünkroniseeritakse, missugune on info liikumise tugiülesannete voog ja kuidas jälgitakse ülesannete täitmist. Töövoog rakendamine seab järjekorda protsessi elluviimiseks kasutatavad toimingud, tegevused ja ülesanded, sh võimaldab jälgida kõigi protsessi osade staatust ja pakub uued tööriistad selle haldamiseks. Oluline BIMi mudelite loomiseks vajalik kontseptsioon, millel on tähtis roll ka erinevate BIMi keskkonnas kasutatavate tööriistade koostalituse suurendamiseks.

Tüübi parameeter: muutuja, mis kohaldub kõigile mudelis kasutatud sama tüüpi objektidele.

uBIM: Hispaanias Building Smarti poolt propageeritav algatus, mille eesmärk on laiendada mõningaid suuniseid, et hõlbustada BIMi kasutuselevõttu Hispaanias.

Valdkond: kõik põhivaldkonnad, milles saab moodustada BIMi mudeli objekte vastavalt nende peamisele funktsioonile. Kõige üldistatumad valdkonnad on: arhitektuur, struktuur ja MEP.

Vastuolude tuvastamine: protseduur, mis hõlmab mudeli objektides tekkivate või erinevate valdkondade ühes mudelis kokkuviiimisel tekkivate takistuste leidmist.

VBE (virtuaalne ehituskeskkond): seisneb integreeritud vormide loomises, mis kujutavad füüsilist maailma digitaalsel kujul, et luua piisavalt reaalse maailmaga sarnanev virtuaalne maailm ehk ehitistest ja looduskeskkonnast koosnev tarkade alus, mis hõlbustab infrastruktuuride efektiivset projekteerimist ja hooldustööde programmeerimist, ja et luua tõendipõhise analüüsi abil uus alus majanduskasvuks ja sotsiaalseks heaoluks. Ehitiste ja rajatiste BIMi mudelid lisatakse sellele virtuaalsele kogumile või integreeritakse sellega aja jooksul.

VDC (virtuaalne projekteerimine ja ehitus): mitmeid valdkondi hõlmavad integreeritud juhtimismudelid ehitusprojektide realiseerimiseks, mis hõlmavad BIMi mudelit, tööprotsesse ja projekteerimistöö korraldust, ehitus- ja käitamismeeskonda, et täita projekti eesmärgid.

Võrdlev analüüs: protsess, mille eesmärk on hankida kasulikku teavet, mis aitab organisatsioonil selle protsesse tõhustada. Selle eesmärk on tagada võimalikult tõhus parimatelt õppimine, mis aitab organisatsioonil liikuda sealt, kus ollakse, sinna, kuhu soovitakse jõuda.

Võrdluskategooria: kategooria, mis on seotud objektidega, mis ei ole ehitise tegelikud osad, ent mida kasutatakse selle defineerimiseks, näiteks kõrgused, tasandid, teljed ja pindalad.

Väljavõtt: andmete kogumise mudel.

Väljund: mistahes toode, tulemus või ainulaadne ja kontrollitav teatud teenuse osutamise oskus, mis on vaja luua protsessi, faasi või projekti lõpule viimiseks.

Väärtuste voo kaardistamine: visuaalne tööriist, mille abil saab välja selgitada kõik toote kavandamise ja tootmise protsessi kuuluvad tegevused, et leida võimalusi tõhustamiseks, mis mõjutavad tervet ahelat, mitte üksikuid protsesse.

WBS (töö jaotamise struktuur): hierarhiline struktuur, mida kasutatakse tavaliselt puuna, mis jagatakse töödeks, mis on vajalikud projekti eesmärkide saavutamiseks ja selle täie ulatuse korraldamiseks ja määratlemiseks vajalikeks väljunditeks. Ehitussektoris kirjeldab see sellest ülesandest tulenevaid uue projekti projekteerimiseks või ehitamiseks vajalikke tegevusi ja ülesandeid.

Ökoloogiline tõhusus: inimeste vajadustele vastavate ja elukvaliteeti tagavate kaupade müük konkurentsivõimelise hinnaga, mille puhul vähendatakse järjekindlalt kaupade keskkonnamõjusid ja tarbimise mõju allikatele terve toote elukaare lõikes ja viiakse tarbimine kooskõlla loodusvarade taastumisvõimega.

ÜIK (ühtne andmekeskond): digitaalne andmete keskhooldla, kus majutatakse kõiki projektiga seotud andmeid.

0.3 BIMi erinevatel eesmärkidel kasutamise eelised ja väärtus

Nihe 2D-joonistelt 3D-mudelite suunas on arhitektuuri ja projekteerimise vallas ning ehitussektoris tänu lihtsustatud töövoogude käegakatsutavatele tulemustele ja käimas ja kogub kiirust.

Mudelipõhine lähenemine suurendab organisatsioonide tegevuse tõhusust ja on koordineeritud projektide elluviimise vallas äärmiselt kasulik. Ehitusinformatsiooni modelleerimine (BIM) võimaldab ehitus- ja infrastruktuuriprojektide elluviimisel säästa aega ja tulla toime väiksema eelarvega.



BIMi 11 tähtsamat eelist on:

1. **Reaalse situatsiooni jäädvustamine:** paremad kaardistamisvahendid ja fotod Maast on ehitusobjektide asukohtade kohta kergesti kättesaadava rikkaliku info hulka märkimisväärselt suurendanud. Tänapäevased projektid saavad alguse piirkonna fotografeerimisest ja digitaalsest kõrgendamisest, millele lisandub juba olemasoleva infrastruktuuri laserskaneerimine, mis võimaldavad täpselt jäädvustada reaalse situatsiooni ja

lihtsustavad projekti ettevalmistuste tegemist. BIMi kasutades saavad projekteerijad ära kasutada kõik mudelisse kogutud ja selles jagatavad sisendid – paberkuul ei ole see võimalik.

2. **Vähem raiskamist, rohkem teavet:** jagatud mudeli puhul on väiksem vajadus jooniste ehitussektori erinevate valdkondade nõuetele vastamiseks ümber tegemiseks ja dubleerimiseks. Mudel hõlmab rohkem teavet kui jooniste kogum ja võimaldab igal valdkonnal oma spetsiifilised teadmised annoteerida ja projektiga ühendada. BIMi joonestamisvahendid on 2D-joonestamisvahenditest kiiremad ja kõik objektid on ühendatud andmebaasiga. Andmebaas aitab näiteks akende vajaduse väljaselgitamiseks määrata nende arvu ja mõõtmed, mida uuendatakse automaatselt mudeli arenedes. Komponentide kiire arvutipõhine loendamine üksi lubab säästa märkimisväärselt tööaega ja raha.
3. **Kontrolli säilitamine:** digitaalse mudeli põhine töövoog hõlmab näiteks automaatset salvestamist ja ühendusi projekti ajalooga nii, et kasutajad võivad kindlad olla, et projekti arendamisele kulutatud aeg ei ole läinud raisku. Ühendus mudeli varasemate versioonidega aitab vältida katastroofest andmete kaotsiminekut ja failidefekte, mis panevad projekteerija vere keema ja vähendavad produktiivsust.
4. **Tõhusam koostöö:** mudeliga töötades on materjali jagamine ja koostöö lihtsamad kui jooniste kogumiga töötades, kuna paljusid funktsioone saab kasutada vaid digitaalse töövoogu kaudu. Paljusid seesugustest projektijuhtimise funktsioonidest pakutakse nüüd pilvepõhiselt. Olemas on tööriistad, mille abil erinevate valdkondade esindajad saavad jagada oma keerukaid projektimudeleid ja koordineerida nende integreerimist kolleegide tööga. Ülevaatus ja märkmete lisamise etapid tagavad kõigi sisendi ehitusprojekti väljatöötamise ning nende valmisoleku selle realiseerimiseks, kui kontseptsioon on lõplikult välja töötatud ja liigub edasi ehitamisetappi.
5. **Simuleerimine ja visualiseerimine:** BIMi eeliste seas on ka aina suurenev simulatsioonivahendite arv, mis võimaldavad projekteerijatel visualiseerida näiteks päikesevalgust erinevatel aastaaegadel või arvutada välja ehitise energiatõhusus. Tarkvara võime rakendada füüsikale ja heale tavale põhinevaid seaduspärasusi täiendab projekteerijate ja teiste projektimeeskonna liikmete jõupingutusi. Tarkvara suudab maksimaalse tulemuslikkuse tagamiseks läbi viia palju rohkem analüüsi ja modelleerida, kondenseerides teabe ja seaduspärasused teenuseks, mis on rakendatav ühe nupuvajutusega.
6. **Probleemide lahendamine:** BIMi tööriistad võimaldavad automaatselt tuvastada erinevate elementide – näiteks talasse suunatud elektrijuhtide või torude – vahelisi konflikte. Kõigi seesuguste nüansside kohe alguses modelleerimise abil avastatakse vastuolud juba varakult ja väheneb kulukate objektide avastatud vastuolude esinemissagedus. Mudel tagab ka objektiivselt valmistatud elementide täiusliku sobivuse ning seesugused elemendid on objektide valmistamise asemel lihtsalt kergesti oma kohale monteeritavad.
7. **Töötappide järjestamine:** kõigi ehitustööde etappide mudel ja täpne alammudelite kogum seavad järjekorda iga järgmise etapi sammud ja vajalikud materjalid ja tööjõu, et ehitamisprotsess oleks efektiivsem. Animatsioonidega täiendatud mudel hõlbustab etappide ja protsesside omavahelist koordineerimist, pakkudes välja prognoositava tee ootuspärase tulemuse saavutamiseks.
8. **Sukeldumine üksikasjadesse:** mudel on suurepärane lõpp-punkt suure hulga teabe edastamiseks, ent projektimeeskonnaga tuleb jagada ka tavapäraseid planeerimis-, tööosade ja ehitustööde kulgemise ning muid aruandeid. Need lisalehed võimaldavad automatiseerimise ja kohandamise tööriistade abil säästa väärtuslikku projekteerimisaega.
9. **Täiuslik esitus:** kuna kogu projekteerimistöö viiakse läbi olemasoleva situatsiooni jäädvustamise ja muutmise alusel, on mudel parim kommunikatsioonivahend projekti ulatuse, etappide ja tulemuste edastamiseks. Kuna projekt on täielikult 3D-formaadis, saab kiiremini luua ka muljetavaldavaid vaateid ja simulatsioone, mida saab kasutada äripindade müümiseks või ametiasutustelt vajalike nõusolekute saamiseks.

- Kõigi protsesside ja väljundite standardiseerimise tuhinas on siiski unarusse jäänud koostööprotsessi lihtsustamine ja projekti keerukuse minimeerimine. Mudeli kasutusvaldkondades kasutatakse projekti eesmärkide projekti tulemusteks tõlkimiseks struktureeritud keelt, mis muudab selgemaks teenuste hankimise ja tulemuste tõhustamise.



Kõikehõlmava mudeli kasutusvaldkondade loetelu koostamise – ja avalikult jagamise – peamine eesmärk on projekti keerukuse vähendamine, milleks:

- tuvastatakse projekti väljundid: kui projekti eesmärgid on välja selgitatud, pakuvad mudeli kasutusvaldkonnad struktureeritud keele pakkumistaotluste (RFP), kvalifitseerimiselsete küsimuste (PQQ), tellija infonõuete (EIR) ja muude seesuguste dokumentide koostamiseks;
- määratletakse, missugune teave on vaja välja selgitada: mudeli kasutusvaldkonnad võimaldavad jaotada erinevaid pädevusi, mille üksikisikud, organisatsioonid ja meeskonnad peavad omandama;
- hinnatakse võimekust/küpsust: mudeli kasutusvaldkonnad on kasutatavad tulemuslikkuse alaste sihtidena, mille abil saab mõõta projekti huvigruppide võimekust või neid eelkvalifitseerida;

- määratakse kohustused: mudeli kasutusvaldkonnad võimaldavad viia projektimeeskonna ja töömeeskonna võimed kokku konkreetse mudeli kasutusvaldkonnaga ja määrata kohustused;
- ületada projektiga seotud sektorite vahelised semantilised lüngad: mudeli kasutusvaldkondade seas on mitmete infosüsteemide väljundeid – BIM, GIS (Geographical Information System), PLM (Product Lifecycle Management) ja ERP (Enterprise Resources Planning) – ning need aitavad ühendada erinevate üksteisest sõltuvate sektorite (nt georuumiline, ehitus ja tootmine) vahelised semantilised lüngad.

BuildingSMART-i kohaselt „täpsustab IFC vaate määratlus ehk mudeli vaate määratlus IFC skeemi alarühma, mis on vajalik ühe või mitme AEC-sektori teabevahetusnõude täitmiseks“. NBIMS-i kohaselt on „teabedastuse käsiraamatu (IDM) (buildingSMART-i protsessid) ja mudeli vaate määratluse (MVD) eesmärk täpsustada, missugust teavet iga teabevahetussenaariumi korral edastatakse, ja kuidas siduda see IFC-mudeliga“. Praegu on ametlike MVD-de kaudu määratletud vaid vähesed mudeli vaated ning BIMi tarkvara töövahendid on kasutusele võtnud veelgi vähem MVD-sid. Sõltumata sellest, kui palju MVD-sid on kasutusel praegu, määratletakse tulevikus või rakendatakse tarkvaraarendajate poolt, on esmalt ja eraldiseisvalt tarvis kõikehõlmavat mudeli kasutusvaldkondade loetelu. Seda seetõttu, et:

- mudeli vaate määratlused on ühest küljest selgelt mõeldud tavapärasele kasutusele tugineva arvutitevahelise teabevahetuse standardiseerimiseks;
- teisalt on mudeli kasutusvaldkonnad mõeldud inimeste vahelise ja inimese ja arvuti vahelise (HCI) interaktsiooni lihtsustamiseks. Mudeli kasutusvaldkondade peamine eesmärk ja eelised – nagu 1. jaotises kirjeldatud – ei seisne tarkvaravahendite tõhustamises, vaid projekti huvigruppide vahelise kommunikatsiooni hõlbustamiseks ja kliendi/tööandja, projekti tulemuste alaste nõuete ja meeskonna pädevuse ühendamises.

Määratleda saab kümneid või isegi tuhandeid mudeli kasutusvaldkondi (MU-d), mis väljendavad modelleeritud või modelleeritavat teavet. Oluline on siiski välja selgitada nende minimaalne toimiv arv (mitte rohkem ega vähem), mis võimaldab saavutada kaks näiliselt vastandlikku eesmärki: teabe täpne edastamine ja paindlik kasutus.

Kui mudeli kasutusvaldkondi on liiga vähe, on nende määratlused teabe täpse edastamise tagamiseks liiga laiad, ebatäpsed ja vähemal määral järgmise astme kasutusvaldkondade vahel jagatavad. Kui mudeli kasutusvaldkondi on liiga palju, on nende määratlused liiga kitsad, tegevused/kohustused kattuvad ja see põhjustab segadust. Vajame mudeli kasutusvaldkondade jaotust, mis „täpselt paras“ on tõhusa kommunikatsiooni ja rakendamise tagamiseks.

Kasutamise paindlikkuse tagamiseks ja selleks, et mudeli kasutusvaldkondi saaks rakendada mitmesugustes erinevates kontekstides, ei tohi mudeli kasutusvaldkonnad sisaldada mitmesuguseid kasutajate ja turgude lõikes erinevaid kvalifikatsioone. Selle tagamiseks määratletakse mudeli kasutusvaldkonnad kasutajast, sektorist, turust, faasist, prioriteetsusest ja hõlmatud tegevustest sõltumatult:

- ✓ mudelite kasutusvaldkonnad määratletakse projekti elutsükli faasidest sõltumatult ja on seega huvitatud isiku BIMi kasutamise võimalustest sõltuvalt rakendatavat igas ja kõigis projekti faasidest;
- ✓ mudeli kasutusvaldkonnad määratletakse sõltumatult nende rakendamise viisidest: see võimaldab neid järjekindlalt kasutada nii projekti hankes, oskuste arendamisel, organisatsioonilisel rakendamisel, projekti hindamisel ja isiklikus õppimises;
- ✓ mudeli kasutusvaldkonnad määratletakse vaikumisi määratletava prioriteetsuseta: see võimaldab iga konkreetse projekti huvigruppidel määrata MU-de prioriteetsused;
- ✓ mudeli kasutusvaldkonnad ei ole vaikumisi määratud konkreetsete valdkondade rollidele: see võimaldab jagada vastutust jagada erinevate mudeli kasutusvaldkondade eest vastavalt projektis osalejate kogemustele ja mõõdetud võimalustele.

Järgmine mudeli kasutusvaldkondade loetelu on välja töötatud kahe nimetatud eesmärgi – täpsuse ja paindlikkuse – ühendamise ja nendevahelise tasakaalupunkti väljaselgitamise teel.

Mudeli kasutusvaldkonnad



0.4 Avatud BIMi tööriistad ja standardformaad

Üks ehitusinformatsiooni modelleerimise peamisi eeldusi on projekti eraldiseisvatel tasanditel osalevate erinevate isikute vaheline lihtne ja turvaline andmevahetus (koostalituse põhimõte). „Avatud BIMi strateegia“ toetab läbipaistvat, avatud töövoogu, mis võimaldab projektimeeskonna liikmetel töös osaleda sõltumata sellest, missuguseid tööriistu nad kasutavad, ja loob ühtse keele laialdaselt viidatud protsesside jaoks, mille abil sektor ja valitsusasutused saavad projekte hankida läbipaistvatel äriarvestustel, võrreldava teenuste hindamise alusel ja tagatud andmekvaliteediga.

Avatud BIM pakub projekti kohta püsima jäävaid andmeid, mida saab kasutada terve vara elukaare jooksul – seega ei ole tarvis samu andmeid mitu korda sisestada ja vältitakse sellest tingitud vigu. Väikesed ja suured (platvormipõhised) tarkvaramüüjad saavad süsteemis osaleda ja võistelda sõltumatute, „omalaadsete seas parimate“ teenuste osutamisel. Avatud BIM elavdab toote pakkumise poolt kasutaja nõudmiste täpsemate otsingute läbi ja viib toote andmed otse BIMi.

Spetsiifilistes sektorites – nt projekteerimis- ja ehitussektoris – andmete haldamiseks ja töötlemiseks välja töötatud spetsiaalsed tarkvaralahendused ei olnud teineteisega integreeritavad. BIM aga nõuab ristlõikeliselt projekti ja protsessi teabe maksimaalset ligipääsetavust kõigile osapooltele.

Lahendus, mis võimaldab tagada kõigile kasutajatele juurdepääsu andmetele, kannab nime IFC. IFC (väljendi „Industry Foundation Classes“ ehk „sektori alusklassid“) on buildingSMART-i välja töötatud rahvusvaheline standard, mida kasutatakse populaarseimates projekteerimistarkvara lahendustes. Ühelt poolt võimaldab IFC projekteerijal alati kasutada talle tuttavaid tööriistu, teisalt võimaldab see projekti andmete kasutamist ja taaskasutamist nende teiste, töö konkreetsete aspektidega (struktuuriline, juhtimine, ehitus jms) tegelevate huvigruppide tarkvaraplatvormidega sidumise teel.

Standardiseerimise aluseks oli vajadus lahendada tööstusliku ja tehnilise iseloomuga probleemid ja selle eelised on:

- ✓ ärialased eelised: tagab võimalikult tõhusa äritegevuse, suurendab tootlikkust ja aitab ettevõtetel pääseda uutele turgudele;
- ✓ tarnijate ja klientide väiksemad kulud: optimeerib tegevuse, lihtsustab projekti ja vähendab projektile kuluvat aega ning jätmete hulka;
- ✓ suurem kliendirahulolu: aitab parandada kvaliteeti, suurendada kliendirahulolu, veenda kliente toodete/teenuste piisavas kvaliteedis ja ohutuses ning keskkonnasõbralikkuses;
- ✓ klientide ja kogukonna huvide kaitse: heade tavade jagamise tulemus on paremate toodete ja teenuste väljatöötamine;
- ✓ juurdepääs uutele turgudele: aitab vältida kaubandustõkkeid ja avab globaalseid turge;
- ✓ suurem turuosa: aitab suurendada tootlikkust ja konkurentsieelist (aitab luua uusi äri võimalusi ja säilitada olemasolevaid);
- ✓ suurem turu läbipaistvus: viib ühtse mõistmise ja lahendusteni;
- ✓ keskkonnavalused eelised: aitab vähendada negatiivset keskkonnamõju.

Standardiseerimise korraldus jaguneb kolmele tähtsamale tasandile: riiklik, regionaalne ja rahvusvaheline. Euroopa Liidu tasandil on ehitiste energiatõhususe direktiiviga sätestatud terviklik standardiseerimise raamistik:

EN 15217:2012 – ehitiste energiatõhusus – meetodid ehitiste energiatõhususe väljendamiseks ja energiatõhususe sertifitseerimiseks:

- toob välja üldised näitajad tervete ehitiste, sh kütte, ventilatsiooni, kliimaseadmete, sooja vee ja valgustussüsteemide energiatõhususe väljendamiseks. See hõlmab erinevaid võimalikke näitajaid;
- kirjeldab viisid uute ehitiste projekteerimiseks ja olemasolevate ehitiste renoveerimisele kehtivate energiaalaste nõuete väljendamiseks;
- kirjeldab protseduure võrdlusandmete määratlemiseks;
- on kohaldatav ehitiste rühmale, kui need asuvad samal krundil, kui neid teenindab sama tehniliste rajatiste süsteem ja kui maksimaalselt üks neist on enam kui 1000 [m²] suuruse suletud pindalaga.

EN ISO 52000-1:2017 – ehitiste energiatõhusus (EN 15603):

- kehtestab energiatõhususe hindamiseks vajalikud arvutusprotseduurid ja soovituslike näitajate loetelu: lõplik energiavajadus (perimeetri ehituskvaliteet), summaarne primaarenergia kasutus, summaarne mittetaastuva primaarenergia kasutus ja summaarne mittetaastuva primaarenergia kasutus, võttes arvesse eksporditud energia mõju.

EN 15316-1:2017 – ehitiste energiatõhusus. Süsteemi energiavajaduse ja energiatõhususe arvutamise meetod. Osa 4-1: ruumide kütmine ja sooja tarbevee kütmise süsteemid, põletussüsteemid (katlad, biomass):

- kirjeldab kütte- ja sooja vee küttesüsteemide soojakao arvutamise, kütte- ja sooja vee küttesüsteemide ruumide kütmiseks kasutatava taaskasutatava soojuse kao arvutamise, kütte- ja sooja vee kütmise süsteemide lisaenergia koguse arvutamise meetodid;
- kirjeldab nii tavapäraste fossiilsete kütuste kui taastuvate kütuste toitel töötavate veepõhiste alamküttesüsteemide, sh kütuste kontrollipõhise põletamise süsteemide („katlad“) energiatõhususe arvutamise meetodeid;
- kohaldub kütmiseks kasutatavatele kütteseadmetele ja kombineeritud teenuseid, nt sooja tarbevee kütte-, ventilatsiooni-, kliimaseadme- ja küttesüsteemidele.

EN 15316-2:2017 – ehitiste energiatõhusus. Süsteemi energiavajaduse ja energiatõhususe arvutamise meetod. Ruumi väljalaskesüsteemid (küte ja jahutus):

- käsitleb ruumide kütmiseks ja jahutamiseks kasutatavate veepõhiste väljalaske-alamsüsteemide energiatõhususe arvutamist.

EN 15316-3:2017 – ehitiste energiatõhusus. Süsteemi energiavajaduse ja energiatõhususe arvutamise meetod. Ruumi jaotussüsteemid (soe tarbevesi, küte ja jahutus):

- käsitleb ruumide kütmiseks, ruumide jahutamiseks ja sooja tarbevee kütmiseks kasutatavate veepõhiste jaotussüsteemide energiatarbe arvutamist;
- puudutab jaotatavast veest lähtuvat soojusvoogu ruumi ja sellega seotud pumpade lisaenergiat.

EN 15316-4:2017 – ehitiste energiatõhusus. Süsteemi energiavajaduse ja energiatõhususe arvutamise meetod. Osa 4-3: Soojatootmise süsteemid, soojuslikud, päikeseenergia põhised ja fotogalvaanilised süsteemid:

Selle standardi raames kirjeldatakse kuut meetodit, mida kohaldatakse erinevates valdkondades:

- 1. meetod kehtib päikeseenergia põhiste sooja tarbevee süsteemidele, mida iseloomustatakse standardite sarjas EN 12976 (tehases valmistatud) või EN 12977-2 (eritellimusel valmistatud). Meetodi tähtsaim väljund on päikeseenergia põhise soojuse ja tagavarasoojuse panus soojavajaduse rahuldamisel;
- 2. meetod kehtib sooja tarbevee ja/või ruumide küttesüsteemidele, mille komponente kirjeldatakse standardites EN ISO 9806 ja EN 12977-3 või EN 12977-4 ja mille korral arvestamine toimub kuupõhiselt. Meetodi tähtsaim väljund on päikeseenergia põhise soojuse ja tagavarasoojuse panus soojavajaduse rahuldamisel;
- 3. meetod kehtib sooja tarbevee ja/või õhu kütte süsteemidele, mille komponente iseloomustatakse standardis EN ISO 9806 ja mille kulu arvutatakse tunnipõhiselt. Meetodi tähtsaim väljund on soojusenergia kogumisseadmesse tarnivat kollektori ahela soojus;
- 4. meetod kehtib fotogalvaanilistele süsteemidele, mille komponente on iseloomustatud standardites ja mille kulu arvutatakse kord aastas. Meetodi väljund on toodetud elektri hulk;
- 5. meetod kehtib fotogalvaanilistele süsteemidele, mille komponente on iseloomustatud standardites ja mille kulu arvutatakse kord kuus. Meetodi väljund on toodetud elektri hulk;
- 6. meetod kehtib fotogalvaanilistele süsteemidele, mille komponente on iseloomustatud standardites ja mille kulu arvutatakse ajapõhiselt. Meetodi väljund on toodetud elektri hulk.

EN 15241:2008 – ehitiste ventilatsioon – metodoloogia ventilatsioonist ja soojuse ehitistest välja lekkimisest tingitud energiakadude arvutamiseks:

- kirjeldab meetodit ehitiste ventilatsioonisüsteemide (sh õhutuse) energiamõju arvutamiseks, mida kasutatakse nt energiakulu arvutamiseks, kütmise ja jahutuse energiakulu arvutamiseks;
- määratleb, kuidas arvutada välja ehitisse siseneva õhu omadused (temperatuur, niiskus) ja vastavad õhu töötlemiseks vajalikud energiahulgad ja vajaliku lisaenergia.

EN 15193:2008 – ehitiste energiatõhusus – energiatõhususe alased nõuded valgustusele:

- kirjeldab metodoloogiat ehitise siseruumide valgustamiseks kuluva energiahulga hindamiseks ja pakub numbrilised näitajad sertifitseerimisel kasutatavate valgustusele kuluva energiale kohalduvate nõuete sätestamiseks;
- kasutatav uute ehitiste puhul ja uute või renoveeritavate ehitiste projekteerimisel.

EN ISO 13790:2011 – ehitiste energiatõhusus. Ruumi kütmiseks ja jahutamiseks kuluva energiakoguse arvutamine (ISO 13790:2008):

- tutvustab aastas juba olemasolevate või projekteerimisjärgus elu- ja muude ehitiste ruumi kütmiseks ja jahutamiseks kuluva energiakoguse arvutamise meetodeid;
- välja töötatud ehitistele, mida tegelikult või eeldatavalt köetakse ja/või jahutatakse inimestele mugava siseruumide temperatuuri tagamiseks, ent on kasutatav ka muude ehitiste tüüpide ja kasutuse tüüpide (nt tööstuslik, põllumajanduslik, ujula) puhul, kui valitakse sobivad sisendandmed ja arvestatakse konkreetsete füüsiliste tingimuste mõjuga tulemuste täpsusele;

- hõlmab ülekandumise teel või ehitise tsooni ventileerimisel üle kanduva soojushulga arvutamist selle püsiva siseruumi temperatuuri saavutamiseks kütmisel või jahutamisel, ehitisesiseselt ja päikeseenergia mõjul tekkiva soojuse panuse arvutamist ehitise soojustasakaalu, ehitises konkreetse temperatuuri säilitamiseks aastas küttele ja jahutamisele kuluva energiahulga arvutamist.

EN ISO 13789:2017 – ehitiste soojuskasutus – ülekande ja ventilatsiooni soojuse ülekande koefitsiendid – arvutusmeetod (ISO 13789:2017):

- kirjeldab meetodit ja sätestab eeskirjad tervete ehitiste ja ehitiste osade statsionaarse ülekande ja ventilatsiooni soojuse ülekande koefitsientide arvutamiseks;
- kasutatav nii soojuskao (sisetemperatuur on välisõhu temperatuurist kõrgem) kui kuumenemise (sisetemperatuur on välisõhu temperatuurist madalam) arvutamiseks.

EN 13465:2004 – ehitiste ventileerimine – arvutusmeetodid eluruumide õhuvoolukiiruse määramiseks:

- kirjeldab meetodeid maksimaalselt 1000 m³ suuruste ühepereelamute ja korterite kogu pinna õhuvoolukiiruste arvutamiseks;
- kasutatav näiteks energiakao arvutamiseks, soojakao arvutamiseks ja siseõhu kvaliteedi hindamiseks.

EN 15242:2007 – ehitiste ventileerimine – arvutusmeetodid õhu ehitistes liikumise kiiruse, sh ehitisse pääseva õhu hulga arvutamiseks (PNE-EN 16798-7):

- kirjeldab meetodit ehitiste ventilatsioonisüsteemide õhuvoolu kiiruse arvutamiseks, mida kasutatakse nt energiakulu arvutamiseks, kütmisele ja jahutamisele kuluva energiahulga arvutamiseks, mugavate suviste tingimuste ja siseõhu kvaliteedi hindamiseks;
- standardis kirjeldatav meetod on mõeldud kasutamiseks mehhaaniliselt ventileeritud ehitiste, passiivsete ventilatsioonilõõride, mehhaanilise ja loomuliku režiimiga hübriidsüsteemide, õhutamiseks või suvel mugava sisekliima tagamiseks manuaalselt avatavate akende korral;
- ei ole otseselt kohaldub enam kui 100 m kõrgustele ehitistele ega ruumidele, mille vertikaalne õhutemperatuuride vahe on suurem kui 15K.

EN 15251:2008 – siseruumi keskkonna sisendparameetrid ehitiste energiatõhususe hindamiseks siseruumi õhukvaliteedi, soojusliku keskkonna, valgustuse ja akustika seisukohalt (PNE-prEN 16798-1):

- täpsustab, missugused siseruumi keskkonna parameetrid mõjutavad ehitiste energiatõhusust ja kuidas tuvastada need ehitisesüsteemi projekteerimiseks ja energiatõhususe arvutamiseks;
- kirjeldab meetodeid arvutuste või mõõtmiste teel leitud siseruumi keskkonna hindamiseks pikemas perspektiivis;
- kohaldub peamiselt mittetööstuslikele ehitistele, mille sisekliimale kehtivad kriteeriumid on sätestatud nii, et need sobiksid inimestele kasutamiseks ja milles toimuv tootmine või protsess ei avalda siseruumi keskkonnale olulist mõju.

EN ISO 15927-5:2006/1M:2012 – ehitiste hüdrotermiline jõudlus – kliimaandmete arvutamine ja esitamine. Osa 5: andmed projekteeritud ruumi kütmiseks kuluva soojusenergia hulga arvutamiseks – parandus 1 (ISO 15927-5:2004/Amd 1:2011):

- toob välja ehitiste projekteeritud ruumi kütmiseks kuluva soojusenergia hulga arvutamiseks kasutatavate kliimaandmete definitsiooni, arvutusmeetodi ja esitamise meetodi. Kliimaandmed hõlmavad projekteeritud talvise välisõhutemperatuuri andmeid ja vajaduse korral asjakohast tuulekiirust ja -suunda.

EN ISO 52022-1:2017 – ehitiste energiatõhusus – ehitiste komponentide ja elementide soojuslikud, päikeseenergia ja päevavalgusega seotud omadused:

- kirjeldab lihtsustatud meetodit, mis põhineb klaaspindade soojuslikele, päikeseenergia ja päevavalgusega seotud omadustele ja päikesekaitseadme päikeseenergia ja valgusega seotud omadustele, et hinnata päikesekaitseadme ja klaaspindade summaarset edasikantava päikeseenergia hulka, otsest energia ja valguse edastamist;

- kohaldub kõigile klaaspindadega paralleelselt kasutatavatele päikesekaitseseadmetele.

On laialdaselt teada, et ehitussektoril on säästva arengu saavutamisel äärmiselt tähtis roll. Seetõttu on rahvusvahelisel tasandil ja Euroopas välja töötatud süsteemid säästlike ehitiste kirjeldamiseks, mõõtmiseks, hindamiseks ja sertifitseerimiseks. Standardi CEN/TC350, „Ehitiste säästlikkus“, eesmärk on sätestada Euroopa Liidus ehitiste säästlikkusele kehtivad eeskirjad:

EN 15643-1: 2010 – üldine raamistik:

- üldised põhimõtted, -nõuded ja suunised ehitiste säästlikkuse hindamiseks;
- hindamisel mõõdetakse hinnatavate ehitiste panust säästliku ehituse ja säästva arengu tagamisse;
- kohaldub kõigile ehitiste tüüpidele (uutele ja olemasolevatele ehitistele).

EN 15643-2:2011 – raamistik keskkonnatõhususe hindamiseks:

- pakub spetsiifilised põhimõtted ja nõuded ehitiste keskkonnatõhususe hindamiseks;
- hindamine on elukaarepõhine;
- keskkonnaandmeid väljendatakse kvantifitseeritud näitajate kaudu (näiteks maa- ja veeressursside happelisus, mageveevarude kasutamine, mitteohtlike jäätmete käitlemine);
- kohaldub igat tüüpi ehitistele (uutele ja olemasolevatele ehitistele).

EN 15643-3:2012 – raamistik sotsiaalse tõhususe hindamiseks:

- pakub spetsiifilised põhimõtted ja nõuded ehitiste sotsiaalse tõhususe hindamiseks;
- keskendub ehitise aspektide ja mõjude hindamisele, mida väljendatakse kvantifitseeritavate näitajate kaudu;
- näitajad integreeritakse järgmistesse kategooriatesse: juurdepääsetavus, kohandatavus, tervishoid ja mugavus, mõjud naabruskonnale, hooldamine, ohutus/turvalisus, materjalide ja teenuste hange ja huvigruppide kaasamine;
- kohaldub igat tüüpi ehitistele (uutele ja olemasolevatele ehitistele).

EN 15643-4:2012 – raamistik majandusliku tõhususe hindamiseks:

- pakub spetsiifilised põhimõtted ja nõuded ehitiste majandusliku tõhususe hindamiseks;
- puudutab kulusid ehitise elukaare lõikes ja muid majanduslikke aspekte, mida väljendatakse kvantitatiivsete näitajate kaudu;
- hõlmab ehitise asukoha piirkonna ehitusaluse keskkonnaga seotud majanduslikke aspekte;
- kohaldub igat tüüpi ehitistele (uutele ja olemasolevatele ehitistele).

EN 15643-5: 2018 Rajatiste kindlate põhimõtete ja erinõuete raamistik

EN 15978:2011 – ehitiste keskkonnatõhususe hindamine – arvutamismeetod:

- ehitiste keskkonnatõhususe hindamine, pakub vahendid hindamise tulemuste registreerimiseks ja edastamiseks;
- hindamine hõlmab kõiki ehitise elukaare etappe ja põhineb toote keskkonnadeklaratsioonist (EPD) saadud andmetele ja muudele hindamise läbiviimiseks vajalikele ja asjakohastele andmetele;
- hõlmab kõiki ehitusega seotud ehitustooteid, protsesse ja teenuseid, mida ehitise elukaare raames kasutatakse;
- kohaldub igat tüüpi ehitistele (uutele ja olemasolevatele ehitistele).

EN 16309: 2014 – sotsiaalse tõhususe hindamine – arvutamise metodoloogia:

- sätestab spetsiifilised meetodid ja nõuded ehitiste sotsiaalse tõhususe hindamiseks;

- kõnealus esimeses versioonis keskendub säästlikkuse sotsiaalne mõõde ehitise kasutamise etapi aspektide ja mõjude hindamisele, mille väljendamiseks kasutatakse järgmisi kategooriaid: juurdepääsetavus, kohandatavus, tervishoid ja mugavus, mõjud naabruskonnale, hooldamine ja ohutus/turvalisus;
- kehtib igat tüüpi uutele ehitistele (uued ja olemasolevad ehitised).

EN 15804: 2012 +A1:2014 – toote keskkonnadeklaratsioon:

- sätestab toote keskkonnadeklaratsiooni (EPD) väljatöötamiseks tootekategooriate eeskirjad (PCR);
- kehtib kõigile ehitustoodetele ja ehitusteenustele;
- EPD-d väljendatakse informatsioonimoodulites, mis võimaldavad andmepakette toote elukaare ajal kergesti organiseerida ja väljendada;
- EPD-d jagunevad hõlmatud elukaare etappide alusel kolme tüüpi: „hällist väravani“, „hällist väravani variantidega“ ja „hällist hauani“.

EN 15942: 2013 – toote keskkonnadeklaratsioonid – ettevõtete vahelise kommunikatsiooni formaat:

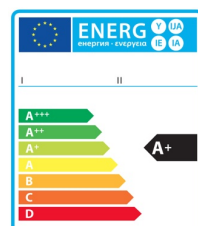
- kirjeldab standardis EN 15804: 2012 määratletud teabe edastamise formaati, et tagada teabe järjepideva edastamise kaudu ühtne arusaam;
- suunatud ettevõtete vahelisele kommunikatsioonile (B2B);
- kohaldub kõigile ehitiste ja ehitustööga seotud ehitustoodetele ja -teenustele.

CEN/TR 15941: 2011 – toote keskkonnadeklaratsioonid – üldandmete valimise ja kasutamise metodoloogia:

- see tehniline aruanne toetab toote keskkonnadeklaratsioonide (EPD) väljatöötamist;
- annab EPD koostamisel osalevatele spetsialistidele ja kontrollidele suuniseid erinevat tüüpi üldandmete valimiseks ja kasutamiseks;
- eesmärk on suurendada järjepidevust ja võrreldavust.

EN 16627:2016 Ehitiste säästlikkus – hoonete majandusliku toimivuse hindamine – arvutusmeetodid.

Keskkonnamärgised annavad klientidele ja tarbijatele täpset ja kasulikku teavet toodete ja teenuste keskkonnasäästlikkuse kohta. Keskkonnamärgis võib seisneda väga lihtsas lauses, graafilises kujundis või mõlema kombinatsioonis. Olemas on kohustuslikud märgised nagu ELi energiamärgis või ehitise energiasertifikaat. Olemas on ka vabatahtlikud märgised nagu ELi ökomärgis ja toote keskkonnadeklaratsioonid. Kohustuslikke keskkonnamärgiseid reguleeritakse seaduste ja määrustega. Nende eesmärk on tavaliselt esitada klientidele olulist keskkonnavalast teavet ja reklaamida mõnede keskkonnavalaste aspektide osas parimaid tooteid ja teenuseid.



Kohustuslik keskkonnamärge on näiteks ELi energiamärgis energiaga seotud toodetele. See märgis hõlmab teavet mistahes kasutamise käigus energiakulu mõjutava toote energiatarbe ja muude toimivuse alaste omaduste kohta. ELi energiamärgiseid väljastatakse muuhulgas lampidele, valgustitele, kliimaseadmetele, televiisoritele, pesukuvatile, pesumasinatele, nõudepesumasinatele, külmutusseadmetele, tolmuimejatele, soojapuhuritele ja veeboileritele.

Ehitiste energiatõhususe sertifitseerimine on kohustuslik kõigis ELi riikides. Ehitise energiklassi võib kasutada selle reklaamimisel ostjatele või üürnikele ehitise energiatõhususe alase teabe edastamiseks.

Vabatahtlikud keskkonnamärgised jagunevad kolme tähtsama tüüpi alla:

- vabatahtlikult edastatud keskkonnavalane teabe: seda esitavad tootjad, kes soovivad tarbijatele teatada, et nende toode on teistest konkreetse keskkonnavalase aspekti osas parem. Klientidele usaldusväärseks mõjumiseks peavad seesugused väited vastama rahvusvahelises standardis ISO 14021 sätestatud nõuetele.

- keskkonnamärgiste väljastamise programmid: tootele või teenusele väljastatakse rea programmi haldaja poolt sätestatud kriteeriumite täitmise alusel märk või logo. Klientidele usaldusväärseks mõjumiseks peavad seesugused programmid vastama rahvusvahelises standardis ISO 14024 sätestatud nõuetele.
- keskkonnasõbraliku toote deklaratsioonid: klientidele esitatakse rida toote või teenuse elukaart puudutavaid andmeid, mis kirjeldavad selle keskkonnavalaseid aspekte. Klientidele usaldusväärseks mõjumiseks peavad seesugused deklaratsioonid vastama rahvusvahelises standardis ISO 14025 sätestatud nõuetele.



Lae alla EL märgise näidis
tolmuimejale



Lae alla EL märgise näidis
õhukonditsioneerile



Lae alla energiasertifikaadi näidis Eesti hoonetele



ISO standardite kohaselt ei tohi kasutada ebamääraseid ega mittespetsiifilisi deklaratsioone, sest need on eksitust tekitavad.

ELi ökomärgis on üks vabatahtlikest keskkonnamärgistest. ELi ökomärgisega tähistatakse tooted ja teenused, mille keskkonnamõju on terve elukaare madalam raames, tooraine kogumisest tootmise, kasutamise ja ringlusest eemaldamiseni. ELi ökomärgis eraldatakse toodetele ja teenustele, mis vastavad vastavale tootekategooriale sätestatud keskkonnavalastele nõuetele.

0.5 ÜIK (ühtne infokeskkond)

ÜIK – ühtne infokeskkond – on üldjuhul pilvepõhine rakendus, mida saab kasutada kõigis seadmetes (arvuti, tahvelarvuti ja nutitelefon) ja millest saab ühemõttelisel ja struktureeritud viisil hallata projekti juhtimiseks vajalikku teavet. ÜIK võimaldab levitada teavet ja luua väärtusi tervele vastastikuse koostööprotsessi võimaldamises osalevate kasutajate ahelale.

Peamised ÜIK alla kuuluvad valdkonnad on: dokumendihaldus, ülesannete haldus ja varade haldus, mis kõik võivad nõuetekohaselt BIMi protsessi integreerimise korral muuta mistahes protsessi efektiivsemaks ja võimaldada selle tõhusamat haldamist.

Parimate tulemuste saavutamiseks tuleb strateegilisi valikuid töö õigel viisil haldamiseks ette näha ja jagada võimalikult varakult. Lisaks tuleb kõiki valikuid ja teavet nende alusel kavandatud tegevuste kohta jagada reaajajas, et kõik kaasatud isikud saaksid omavahel ulatuslikult koostööd teha. Ka selles osas tagab ÜIK kasutamine teabevahetuses suurema tõhususe ja edukama koostöö kõigi otsustamisprotsessis osalevate kasutajate vahel.



ÜIK kasutuselevõtt võimaldab ületada ka geograafilised barjäärid ning luua näiteks laiendatud töörühmasid, ka erinevates riikides või kontinentidel. ÜIK pakutav kaugkoostöö võimalus ühise tehnoloogiaplatvormi kaudu lubab luua juhtimiskulude vähendamise läbi uusi ärivõimalusi.

Eduka ühtse infokeskkonna rajamise kuus tähtsat punkti on:

1. **Õige meeskonna valimine:** projektimeeskonda tuleb valida liikmed, kellel on vajalike tegevuste läbiviimiseks vajalikud oskused ja kes on motiveeritud projekti eesmärkide saavutamiseks koostööd tegema. Motiveeritud ja õige ettevalmistusega meeskond on edu võti.
2. **Ülesannete ja kohustuste sõnastamine:** projektis osalevad ja ühtset infokeskkonda kasutavad meeskonnaliikmed peavad tegutsema vastavalt neile määratud ülesannetele ja täitma vastavalt oma pädevusele erinevaid ülesandeid ja vastutama erinevatel tasanditel. Kõigile tuleb määrata ühtse infokeskkonna kasutamiseks õige profiil. Ühtse infokeskkonna õige seadistamine võimaldab meeskonna liikmetel oma vajadused optimeerida. Ühtse andmekeskonna nõuetekohase ülesseadmisega ei tohi kiirustada.
3. **Töövoogude määratlemine:** tuleb selgelt otsustada, kes mida teha võib, nt kes pääseb ligi teatud tüüpi teabele või dokumentidele, missugused eeskirjad tuleb kinnitada teatud dokumentide kasutamiseks ja tegevuste elluviimiseks.
4. **Ühtne keel ja andmete kättesaadavus:** määratleda tuleb ühtne keel, nt missuguseid failiformaate kasutada, võttes arvesse, et peaaegu kõik rahvusvahelised ja riiklikud standardid nõuavad genereeriliste ja avatud formaatide kasutamist. Teave, mis peab olema kättesaadav alati ja kõikjal, tuleb teha kättesaadavaks ka mobiilsetelt seadmetelt – valida tuleb lahendus, mis tagab nimetatud fundamentaalse õiguse.
5. **Andmete turvalisus on kõige tähtsam:** selleks, et andmed oleksid ööpäevaringselt kättesaadavad, peab ühtne infokeskkond olema pilvepõhine, mis tähendab, et tagada tuleb peaaegu 100% andmekaitse (100% ei ole kunagi võimalik). Andmete piisava turvalisuse tagamiseks peavad andmed ja kommunikatsioon olema krüptitud. Määratleda tuleb vähemalt kolme juurdepääsutasandiga mitmekesine juurdepääsusüsteem.
6. **BIMi kvaliteeditegur:** koos BIMiga ühtse infokeskkonna laadse tööriista kasutamine võimaldab säästa olulise summa raha, tagab usaldusväärse ülesehitusaja ja ehitiste tõhusama haldamise terve elukaare lõikes. Ühtses infokeskkonnas tuleb tagada ka juurdepääs teabele ja ühendatud BIMi mudelite kuvamine.

0.6 BIMi rakenduskava

Üldkasutatavad tehnilised andmed (PAS) on sponsoreerivate organisatsioonide välja töötatud kiiresti kättesaadavad standardid, tehnilised andmed, tööeeskirjad või suunised, mille abil rahuldatakse turu BSI (British Standards Institution) sätestatud suunistest tulenevad esmavajadused. Need vaadatakse kahe aasta jooksul üle ja hinnatakse, kas neid tuleb muuta, tühistada või kehtestada ametlike Briti standardite või rahvusvaheliste standarditena.

PAS 1192-2:2013 on ehitusprojektide peamises/üleandmise faasis ehitusinformatsiooni modelleerimise abil info haldamise kirjeldus. Selle toetajaks on Ehitussektori Nõukogu (Construction Industry Council (CIC)) ja selle on avaldanud BSI. Dokument jõustus 28. veebruaril 2013. Selles kirjeldatakse nõudeid ehitusinformatsiooni modelleerimise (BIM) 2. tasandi saavutamiseks.

PAS 1192-2:2013 soovib koostada projekti elluviimise haldamiseks BIMi elluviimise kava (BIMi rakenduskava):

1. Lepingueelse BIMi rakenduskava koostab potentsiaalne tarnija, tuues välja enda töömeetodi, oskused, võimalused ja pädevuse tellija infonõuetele (EIR) vastamiseks.

- PAS 1192-2:2013 soovib koostada lepingueelse BIMi elluviimise kava otsese vastusena **tellija infonõuetele** (EIR). EIR on ülimalt tähtis dokument, milles kirjeldatakse tähtsamate otsuste tegemise punktide või projekti etappide lõikes, missugust teavet tööandja vajab. Selle võib lisada projekti lühikokkuvõttele. Kui projekti lühikokkuvõttes kirjeldatakse, missugune on ehitatavate varaobjektide iseloom, mida tööandja soovib osta, määratlevad tellija infonõuded, missugune teave ehitatava varaobjekti kohta, mida tööandja soovib hankida, on vajalik selleks, et tagada tööandja vajadustele vastav projekteerimine ja valmis objekti tõhus ja efektiivne kasutamine.
- Lepingueelne BIMi elluviimise kava võib hõlmata:
 - projekti elluviimise kava (PIP), milles kirjeldatakse potentsiaalse projekti elluvijaks kandideeriva tarnija võimekust, pädevust ja kogemusi ning millele on lisatud kvaliteeti kinnitavad dokumendid;
 - koostöö ja teabe modelleerimise alaseid eesmärke;
 - projekti programmile vastavaid projekti vahe-eesmärke;
 - rakendatavat strateegiat.
- 2. Lepingujärgne BIMi rakenduskava: kui leping on sõlmitud, esitab edukaks osutunud tarnija täiendava BIMi elluviimise kava, millega kinnitatakse tarneahela võimalusi ja esitatakse **teabe esitamise peakava** (MIDP). MIDP on esmane plaan, milles sätestatakse, millal ja kelle poolt, missuguste protokollide ja protseduuride abil projekti puudutavad andmed koostatakse. See põhineb eraldiseisvatel ülesandepõhistel teabe esitamise kavadel, milles sätestatakse vastutus spetsiifiliste infoga seotud ülesannete täitmise eest.
- Lepingujärgses BIMi elluviimise kavas kirjeldatakse, kuidas esitatakse tööandja teabenõuetele nõutavat infot:
 - juhtimine:
 - rollid, vastus ja volitused;
 - projekti programmile vastavad projekti vahe-eesmärgid;
 - elluviidav strateegia;
 - uurimisstrateegia;
 - olemasolevate andmete kasutamine;
 - teabe kinnitamine;
 - volitamise protsess.
 - kavandamine ja dokumenteerimine:
 - ülevaadatud projekti elluviimise kava (PIP), milles kinnitatakse tarneahela võimalusi;
 - kokkulepitud koostöö ja modelleerimise protsessid;
 - kokkulepitud vastutusmaatriks;
 - ülesandepõhine teabe edastamise kava (TIDP), milles sätestatakse kõigi tarnijate teabe edastamise kohustused;
 - teabe edastamise peakava (MIDP), milles sätestatakse, millal, kelle poolt ja missuguste protokollide ja protseduuride abil tuleb projekti kohta teavet edastada.
 - standardne meetod ja protseduur:
 - mahustrateegia;
 - päritolu ja suundumus;
 - failide nimetamise konventsioon;
 - kihtide nimetamise konventsioon;
 - ehituslikud tolerantsid;
 - joonestusmallid;
 - märkmed, mõõtmed, lühendid ja sümbolid;
 - tunnusandmed.

- IT-lahendused:
 - tarkvaraversioonid;
 - andmevahetusformaadid;
 - protsesside ja andmete haldamise süsteemid



Lae alla tasuta mall **lepingueelse** BIMi rakenduskava jaoks CPIC poolt (Ehitusprojektide informatsiooni komitee)



Lae alla tasuta mall **lepingujärgse** BIMi rakenduskava jaoks CPIC poolt (Ehitusprojektide informatsiooni komitee)

1. Moodul 1 – BIMi levik

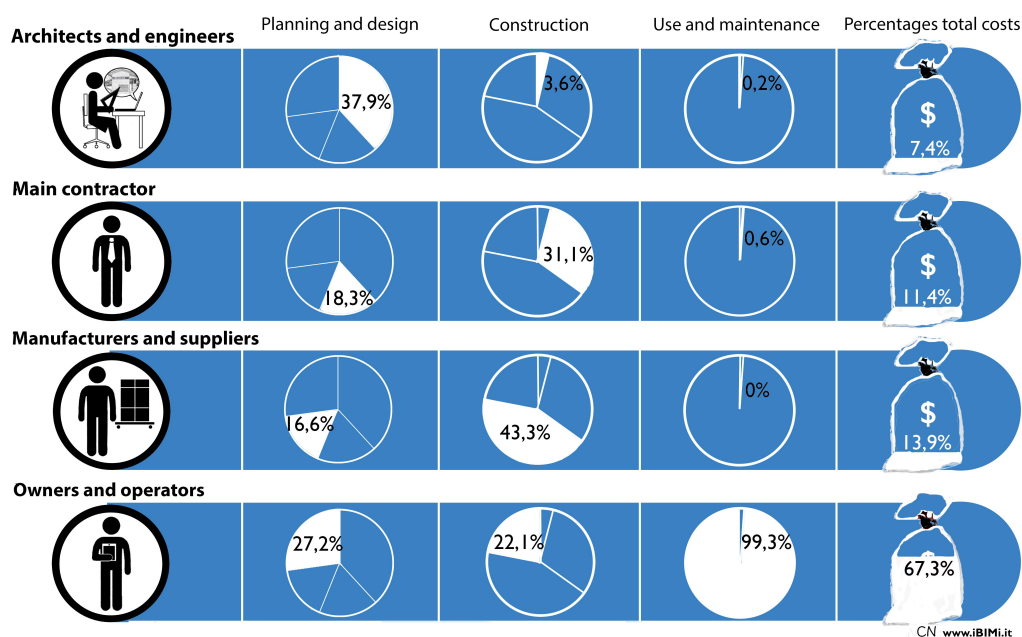
1.1 Investeeringutasuvus

Järgnevas jaotistes on kirjeldatud Autodeski tehtud uuringut. Sarnastele järeldustele on jõudnud ka spetsialistid, kes on kasutanud muud tarkvara. BIM-tehnoloogia majanduslikku väärtust hinnatakse sageli investeeringute tootlikkuse (ROI) suhet mõttes. Ettevõtted, mis soovivad võtta kasutusele BIM-tehnoloogia, on alati otsinud usaldusväärseid tegureid, mille abil mõista, kuidas tehnoloogia ja tarkvara üleminek nende ettevõtet mõjutab. Pärast rohkem kui kümneaastast kogemust BIM-iga on projekteerimis- ja ehitustööstus lõpuks mõistmas BIM-i väärtust ja finantsmõju. ROI arvutamine on muutunud vajalikuks hindamistoiminguks enne paljusid kapitali- ja töömahukaid äriinvesteeringuid, nagu BIM-i kasutuselevõtmine. Samas, kui osad ettevõtted arvutavad investeeringute tootlikkuse suhet, et hinnata protsessi muutusega seotud majanduslikke eeliseid, on see arvutus teiste arvates liiga keeruline või koormav.

Probleem seisneb selles, et ROI analüüsis ei saa sageli arvestada projekti või ettevõtte jaoks tähtsate immateriaalsete teguritega, näiteks välditavate kulude või suurema ohutusega. ROI mõõtmiseks ja jälgimiseks vajalikud süsteemid võivad olla ka aeganõudvad ja kulukad ning personalikulud võivad olla suured. Praegu ei ole olemas konkreetset standardset sektoris kasutatavat BIMi ROI arvutamise meetodit ja paljud firmad ei ole kasutusele võtnud järjepidevat mõõtmismeetodit, ehkki sellest ollakse huvitatud ning usutakse BIMi investeerimisse otsustamisel ROI kasutamise potentsiaalsesse väärtusesse.

NIST-i poolt USA-s korraldatud uuringus, mis hõlmas kogu tarneahela tööstust, hinnati koostöövuse puudumise kulu, mille tulemused olid äärmiselt huvitavad. Põhikuluks osutus koormus varale, mitte niivõrd projekteerijatele. See on peamisi põhjuseid, miks on oluline harida riiklikke haldusorganeid kui ehitiste omanikke.

Järgmises teabegraafikus on näidatud, kuidas on koostöövuse puudumise kulu jaotatud tarneahela vahel ja erinevate ehitiste elukaare vahel.



Selles kontekstis analüüsime ROI-d ainult projekteerimise ja ehitusega seotud spetsialistide puhul.

BIMi majandusliku mõju väljaselgitamine ehitiste projekteerimise ja ehitamise sektoris on väljakutse, mis on ärritanud akadeemilises teadustöös palju huvi. See huvi hõlmab BIMi ROI uurimist projekti terve elukaare lõikes, mitmesuguste ehitiste tüüpide uurimist ja BIMi mitmesugustel määradel kasutamise kaalumist ning käsitletud on ka mitmesuguseid erinevaid arvutamismeetodeid. Investeeringud BIMi jagunevad kolmeks:

- 1 Käivitamiskulud tehnoloogia kasutuselevõtmise edukuse tagamiseks: ehkki üle 50% küsitlusele vastanutest peavad investeeringut tehnoloogiasse, eriti käivitamisfaasis, oluliseks kuluks, arvatakse sektoris, et see on konkurentsivõimeliseks ja kaasaegseks jäämise tagamiseks vältimatu. „BIMi kasutamine nõuab võimsamat arvutustehnikat ja võimsamaid võrke kui tavapärase CADi kasutamine ja see võimsus maksab“. Vastanud töid mistahes nii BIMi kui tavapärase CADi projekti suurima komponendina välja otsesed tööjõukulud. „Teadsime kohe, kui hakkasime BIMile mõtlema, et personali seda kasutama ja tõhusalt kasutama koolitamine nõuab hiiglaslikku investeeringut. Projekt pidi hõlmama tervet käivitamisperioodi, mille ajal kõik töötavad aeglasemalt, kui CAD Architecture't kasutades“.
- Investeeringu maksumuse arvutamisel tuleb ka arvesse võtta professionaalse arendamise kulu, sh personali esialgse BIMi toode kasutamise alase koolituse ja edasiste uute töömeetodite kasutamise alaste koolituste kulusid.
- 2 BIMi spetsiifilise projekti jaoks kohandamise kulud: kui BIMi kasutatakse projektides aina laialdasemalt, väitsid 32% küsimustikule vastanutest, et BIMi ettevõtte protsessidele vastavaks muutmiseks tuleb investeerida täiendavasse tööjõudu, näiteks värvata BIMi juht või täiendav IT tugipersonal. Üks elektriteenuseid osutav töövõtja väitis: „Üks asi, millest peame sektorina teadlik olema ja mida peame püüdma muuta, on ekspertteadmiste tehnoloogia edusammudega samal tasemel hoidmine“.
- 3 Arvutustesse tuleb lisada ka pikemaajalised plaanid ettevõttes strateegiliste muudatuste tegemiseks, näiteks investeeringud standardite väljatöötamise või kohandamise, ent seesuguste kulude kvantitatiivne mõõtmine võib olla keeruline. Tervikliku investeerimist puudutava arvutuse puhul tuleb mõelda ka ettevõttesiseste protsesside muutumisele – näiteks andmete ja teabe projekti väljatöötamise varasemas etapis mudelisse integreerimisele või modelleerimise integreerimisele ehituseelses etappi. Ettevõtetel on BIMi kasutuselevõtmisel ja juurutamise varases järgus keeruline mõõta ka töövoos tekkivate häirete ja ebatõhususega seotud kulusid.

Peaaegu kõik BIMi kasutajad, kellele esitati ROId puudutavaid küsimusi, nõustusid, et BIM võimaldab ehitisi tõhusamalt projekteerida ja lubab tagada projektis osalejatele ja selle omanikule projekti elukaare jooksul palju mitmesuguseid eeliseid. „See ei olnud tegelikult majanduslik otsus... kõik liigub sellesse suunda. Kui soovime olla ajakohased ja püsida konkurents, peame samuti liikuma samas suunas“. „Omaniku jaoks on kõige tähtsam ehitise võimalikult kiire valmimine. Mida varem haigla käiku antakse, seda varem hakatakse teenima tulu. Keegi ei ehita ehitisi lihtsalt lõbu pärast“.

Loomulikult hõlmab BIMi ROI arvutamine lisaks nimetatud kolme tüüpi investeeringutele veel palju muud. BIMi investeeringutasuvuse üksikasjalikus ülevaates võetakse arvesse kolme järgmist mõõdet:

- ORGANISATSIOONILINE MÕÕDE – kas eeliseid mõõdetakse projekti tasandil või ettevõtte tasandil?
- HUVIGRUPPIDE MÕÕDE – missuguseid spetsiifilisi rolle kasutab ettevõtte projekti ökosüsteemis?
- KÜPSUSE MÕÕDE – kui põhjalikud on meeskonna ja ettevõtte kogemused BIMi alal?

BIMi kasutuselevõtmisel ja ROI hindamisel nimetatud kolmele mõõtele mõeldes võivad ettevõtted saada parema ettekujutuse, kuidas saab strateegiliselt ühendada mõõtmise ja tehnoloogilise innovatsiooni, et heita valgust liikumisele BIMi tulevaste küpsusastmete suunas. „BIM on võimaldanud meil püsida turul seal, kus soovime olla, ja kui ka teised ettevõtted on BIMi kasutusele võtnud, soovime tagada, et püsime konkurents. Arvan, et oleme turuosa poolest ja

lihtsalt sellepärast, et oleme valmis teostama projekte, mille teostamiseks nüüd võimalised oleme, oma positsiooni parandanud“.

1.1.1 BIMi ROI organisatsiooniline mõõde

Kui ettevõtte otsustab hakata kasutama BIMi, sätestavad selle kasutuselevõtmise eestvedajad olulised eesmärgid, millest sõltub, kuidas hakatakse töötama tulu saavutamise nimel ja kuidas see saavutatakse. Mõnel puhul väitsid BIMi ROI osas küsimustele vastanud kliendid, et selle kasutusele võtmise aluseks olid kliendi nõuded projektile. Seesugusel juhul soovib ettevõtte tõenäoliselt kasu lõigata BIMi abil ellu viidud projekti edukusest ja kasumlikkusest.

Iga organisatsiooni esimene samm, mis soovib võtta kasutusele BIM-i, on analüüsida ettevõttesisesed ja ka -väliseid protsesse klientide ja tarnijatega. See analüüs võimaldab ettevõttel mõista sujuva teabevahetuse eelist ilma arusaamatuste, viivituste, vigade, vaidlusteta jne. See oleks valmiduse nulltase. Sellest esimesest analüüsist hakkab ilmnenema vajadus nii graafilise kui ka mittegraafilise teabe digitaliseerimise järele. Alguses võivad spetsialistid isegi jätkata CAD 2D kasutamist, kui kogu informatsioon seotakse selle mudeliga andmebaasi kaudu vastavalt rahvusvahelistele standarditele, et võimaldada informatsiooni vahetamist ettevõttesiseselt ja -väliselt igal ajal.

1. taseme BIM hõlmab juhitud raalprojekteerimist (CAD) koos suureneva ruumilise koordineerimise, standardiseeritud struktuuride ja formaatide osakaaluga, mida lähemale liigutakse 2. taseme BIM-ile. See võib hõlmata 2D-teavet ja 3D-teavet, nagu visualiseerimised või kontseptsiooni arendamise mudelid. Sellel valmiduse tasemel on eraldi teabeallikad, mis hõlmavad erinevat varade teavet poolstruktureeritud elektroonilistes dokumentides. Failipõhine koostöö saavutatakse ühtse infokeskkonna (ÜIK) kaudu. See on põhimõtteliselt digitaalne koht, kuhu koondatakse kõik koostatava projekti osad (mitte ainult joonised ja mudelid, vaid ka ajakavad ja spetsifikatsioonid). Seega võib mis tahes ettevõtte alustada BIM-i kasutuselevõtmist lihtsalt informatsiooni digitaliseerimisega ja selle jagamisega tarneahelas. Nüüd on võimalik hinnata ROI-d suurema jõudlusega riistvara-/tarkvarasüsteemide kasutamise ja töötajate koolitamise puhul.

Autodeski kasutavad kliendid väitsid, et BIM pakub projekti tasandil nii käegakatsutavaid, mõõdetavaid eeliseid – näiteks väiksem RFIde (infopäringute) arv – kui immateriaalseid eeliseid, mille mõõtmine on keerulisem. Need annavad võimaluse tõhusalt välja töötada ja analüüsida täiendavaid projekteerimisvõimalusi ja suurendada projekti väärtust selle parameetripõhise tõhustamise teel:

- ✓ **vähem raiskamist ja väiksem risk** (näiteks olulised säästud BIMi abil väljatöötatud teraskonstruktsioonide pakettide projekteerimisel, ehitamisel ja püstitamisel);
- ✓ projekteerimise kõrgem kvaliteet;
- ✓ **vähem vigu**, mis võimaldab vähendada personalikulusid ja viia projekti ellu kiiremini ja vähemate vigadega. Sektori küpsedes valmistab BIMi kasutuselevõtt meid ette integreeritud projektide elluviimiseks, sest ettevõtte võtab omaks erineva riskimudeliga töötamise tarkvara õppimiskõvera ja vaimse õppimise kõvera. Pikemas perspektiivis on selle eeliseks see, et ettevõtte on valmis tegema seesugust tööd, mida soovitakse teha majanduslikest kaalutlustest lähtuvalt;
- ✓ **kliendi, projekteerimis- ja ehitusmeeskonna suurem vastastikune mõistmine ja tõhusam kommunikatsioon** tänu võimalusele kergesti näidata otse tarkvarast genereeritavat animatsiooni;
- ✓ kiirem ametiasutustelt kinnituste ja lubade saamise protsess ja väiksem risk omanikule;
- ✓ projekti tõhusam elluviimine tänu tõhusale ressursikasutusele, suuremale ohutusele ja täpsemale ajakavale, mis vähendavad hilisemalte kohtumenetluste ja nõuete tekkimise võimalusi.

Kui ettevõtte laiendab BIMi kasutamist mitmele projektile või laiendab BIMi kasutamist äristrateegiana, tuleb ka ROI-d laiendada nii, et see hõlmab kasutegureid ettevõtte tasandil, näiteks võimalusi töötada uute klientidega. Eeliste seas on

ka personali pädevus ja töötajate säilitamine. Samuti on ettevõtte tasandi eeliste seas võimalused ärimudeli laiendamiseks või uute teenuste pakkumiseks, näiteks kvaliteedi tagamine või mudeli arendamine.

Rikkalikult andmeid sisaldavad mudelid annavad ettevõttele võimaluse pakkuda klientidele pidevalt andmeid, sest andmed integreeritakse rajatiste käitamise ja hooldamise protsessi ladusamalt.

Ettevõtte tasandil saadud kasu sidumine ainult BIMi kasutuselevõtmisega võib olla keeruline. Kui ettevõtte kasutab äritegevuse tugevuse jälgimiseks tavapäraseid mõõdikuid, näiteks kasumlikkust, riskitegureid, nõuete ja kohtumenetluste arvu, võidetud või kaotatud projektipakkumiste arvu ja uusi tehinguid võtmeklientidega, võib BIMi reaalset mõju nende mõõdete osas olla raske eraldada teiste tegurite mõjust.

1.1.2 BIMi ROI huvigruppide mõõde

Intervjueeritavad vastasid, et hindavad BIMi kasutegureid erinevalt sõltuvalt sellest, missugune on nende roll projektis – seisukohta mõjutab see, kas BIMi kasutatakse projekteerimise, ehitamise või käitamise vahendina. Näiteks omanikud kalduvad tähtsaimateks eelisteks pidama mitmete osapoolte vahelist kommunikatsiooni ja tõhusamaid projekti protsesse ja tulemusi. Töövõtjad nimetavad BIMi peamiste eelistena tootlikkust ja projekti väiksemaid kulusid. Paistab, et omanikud on ROI arvutamisest palju rohkem huvitatud ja projekteerijad on – nagu ka omanikud – ROIst huvitatud põhjalikuma teabe saamiseks võimaluste kohta. Paljud projekteerimisettevõtted võtavad BIMi kasutusele varakult, sest arvatakse, et see annab neile parema positsiooni koostöös BIMi kasutusele võtnud avaliku sektori asutustega.

	Spetsialist	Tehnik	Omanik
BIMi kasutuselevõtt	Laialdaselt levinud	Esile tõusmas ja aina enam hinnatud	Paljud nimetavad BIMi, ent vähesed kasutavad seda ja saavad sellest täielikult aru
Tähtsamad kasutegurid	Tõhusam koostöö projektis osalejatega Vähem ümbertegemist, vähem tellimuste muutumist	Minimeerib muudatuste arvu / kõrvaldab rohkete muudatuste tegemise vajaduse Tõhustab ehitustööde juhtimist Väga kasulik koguste ja materjalikulu hindamiseks	Võib lühendada projekti üldist valmimisaega Võimaldab tõhusamat juhtimist, töös hoidmist ja täiendamist
Seotud kulud	Mudeli täielikult andmetega varustamisele kulub rohkem aega Projekteerijatel võib kuluda rohkem aega alternatiivsete projektivõimaluste uurimisele	Nõuab töömeetodite ja protsesside muutmist ja täielikuks rakendamiseks vajalikke tehnoloogilisi investeeringuid	Hetkel on päris selge ainult tarkvarasse tehtava investeeringu osa
Huvi ROI vastu	Sellest ei ole BIMi kasutamise või mitte kasutamise otsuse tegemisel palju abi Huvitatud nii varjatud kuludest kui tulu teenimise võimalustest aru saamisest	Ei puuduta neid otseselt, sest tavaliselt ei tee nemad otsust BIMi kasutada	Huvitatud ja vajavad koolitamist BIMi abil projekteeritud varaobjektidest kõige enam kasu saamise alal
BIMi väljavaated	Jääb kasutusse. Teeb töö keerumiseks, ent on „õige tee“	Teretulnud tõhusus, mida tuleks kasutada kõigi projektide puhul	Märkimisväärne potentsiaal ja aina sagedamini projektis osalevatele isikutele esitatav nõue

1.1.3 BIMi ROI küpsuse mõõde

Ettevõtted arvutavad 2D kasutamiselt esialgse BIMi rakendamise juurde liikumisel välja ROI, et otsustada, kas tehnoloogiline investeering tasub ära. BIMi rakendamise esialgselt etapist edasi liikudes nihkub ROI arvutamine aga edasi üksikasjalikumale töövahendile, et hinnata spetsiifilisi ettevõtte strateegiaga seotud algatusi. Hiljuti läbi viidud

teadustöös on leitud korrelatsioon BIMi kasutamise erinevate tasandite ja ROI vahel. Enamik väga küpsetest ROI kasutajatest hindavad ROI kõrgeks, ent väheküpsetest BIMi kasutajatest on samal arvamusel ainult 20%. „BIMiga seotud kulutused annavad kogenud projekteerijate käsutusse suurepärase tööriista. Olles saanud väljaõppe, suudavad seesugused väga kogenud inimesed teha sama ajaga rohkem tööd“.

Paljud suure BIMi kasutamise kogemusega kliendid räägivad, et nad on kehtestanud ettevõttesisesed protseduurid kogemuse mõõtmiseks, ettevõtte pädevuse hindamiseks ja töötajate vajalikke oskusi omandama motiveerimiseks. Regioonides, kus valitsus on kehtestanud BIMi kasutuselevõttu julgustavaid poliitikaid, näiteks Ühendkuningriigis, määratletakse kogemuse või küpsuse tase sageli ametlikult, et suurendada selgust ja suunata spetsialiste oma oskuste taset suurendama.

Huvi ROI kasutamise vastu BIMi spetsiifiliste eeliste hindamisel säilib ka siis, kui ettevõtted on jõudnud esimesele küpsustasemele. Huvitav on see, et 7% ettevõtetest väitsid, et ei vaja BIMi kõrgemale küpsustasemele jõudes enam ROI arvutamist, mis on kooskõlas tähelepanekuga, et tehnoloogia muutub üldlevinuks saades nähtamatuks. Kasutegureid puudutavate eesmärkide seadmine, aja jooksul investeeringute käekäigu jälgimine ja tasuvuse mõõtmine aitavad ettevõtetel teha tehnoloogia/protsesside alaste algatuste portfelli põhjendatud valikuid ja äritegevuse muutmist strateegiliselt kavandada. Lisaks on ettevõtted nõus, et ettevõttesisesed huvigrupid saavad ROI-d kasutada strateegilise tööriistana ettevõttesisestele meeskondadele, juhtidele ja töötajate rühmadele protsesside muutmise propageerimiseks või uue meetodi potentsiaalse väärtuse tutvustamiseks.

Kes saab sellest kasu? BIMi vallas suurte kogemustega ettevõtted märgivad, et ROI üksikasjalik ja asjatundlik kasutamine on saamas tähtsaks teguriks edukas koostöös ehitiste omanikega, kuna selle mõjuvõimsa rühma teadmised BIMist suurenevad, nad hakkavad aru saama BIMi abil ellu viidud projektide eelistest ja kasutavad ära võimaluse muuta ehitiste kasutamise ja hooldamise protsesse. Teenusepakkujad mõistavad, et ROI strateegilist rakendamist saab kasutada klientidele oma pädevuse tõestamiseks, andmepõhise otsustamise läbi väärtuse suurendamiseks ja konkurentsidest eristumiseks. Ettevõtete juhid võivad välja töötada personaalse teekonna strateegilise BIMi ja ROI rakendamise meetodi väljatöötamise teel protsessi muutmiseks – pühendudes võrreldavuse tagamiseks mõõtmisele, võrdlemisele ja juurdepääsetavates formaatides teabe säilitamisele ja tulemuslikkuse põhinäitajate pidevale mõõtmisele. Strateegiline ROI rakendamise protsess ei ole pelgalt mehhanism rakendamise/mitterakendamise otsuse tegemiseks, vaid võib toetada protsesside muutmise alaste algatuste prioriteetsuse määramist ja ettevõttesisest sotsialiseerimist ning tõhustada ettevõtte tegevust.

Üksikisikute ja meeskondade tegevuse tõhustamisele suunatud BIMi algatuste hindamiseks ROI kasutamine võimaldab ettevõtetel seada investeeringud nende organisatsiooni tõhususe alase kasuteguri alusel tähtsuse järjekorda, mis toetab äritegevuse jätkusuutlikku tõhustamist, või rakendada mudeleid BIMi küpsuse hindamiseks ja pädevuse suurendamiseks. ROI abil saab välja selgitada ettevõtte suundumuse BIMi kolme dimensiooni raames ning määrata paljulubavad meetmed BIMi esialgseks kasutusele võtmiseks ja potentsiaalse kava selle hilisemaks arendamiseks. Tähtsad strateegilised tegurid ettevõttele on:

- töötajate pädevus;
- koostöökultuur;
- meeskondade võimekus.

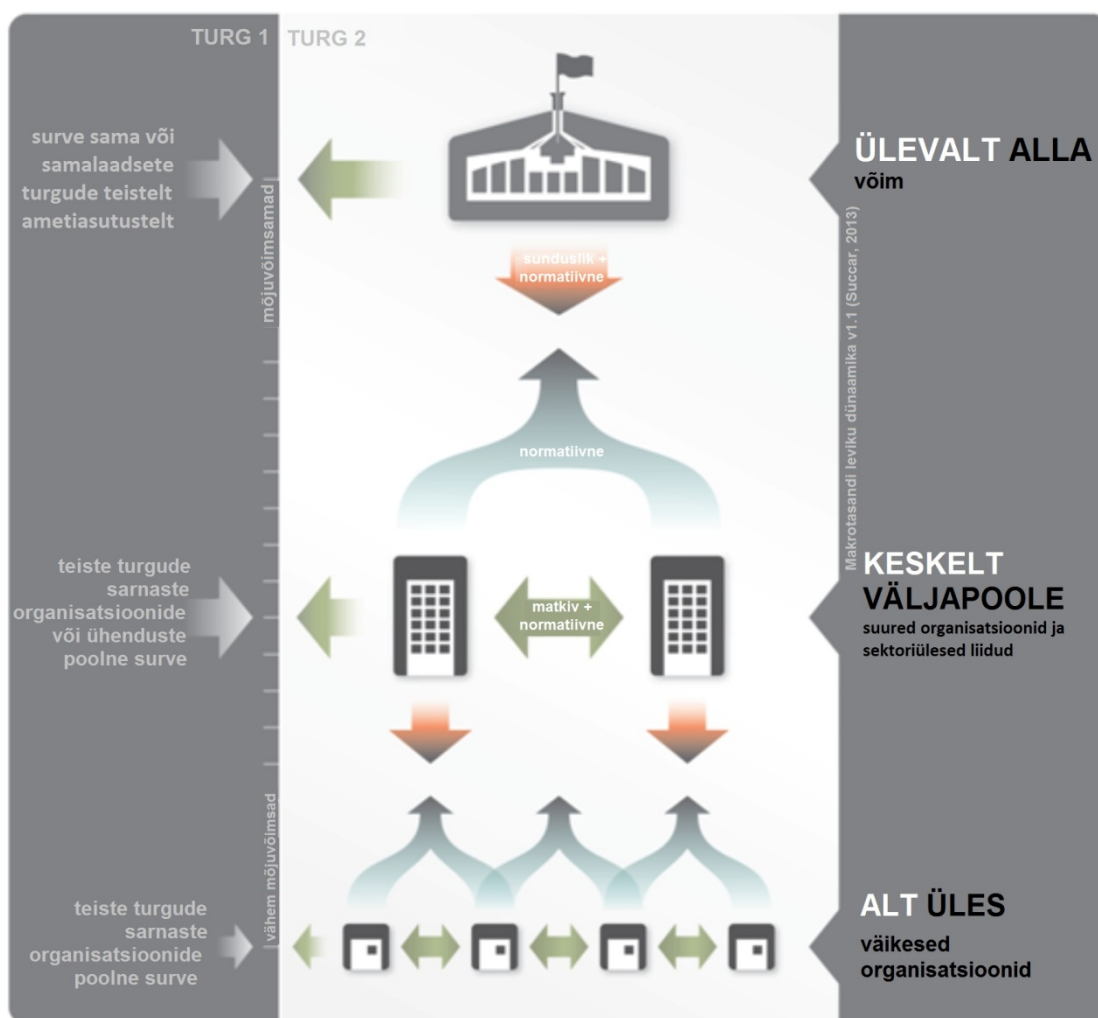
1.2 BIMi levitamise strateegiad

BIMi organisatsioonis (mikrotasand) või üle terve turu (makrotasand) levitamisest rääkides kerkivad tavaliselt esile kaks mõistet – ülevalt alla ja alt üles:

- **Ülevalt alla levitamine** tähendab ametiasutuse survet spetsiifilise selle hinnangul eelistatud lahenduse jõustamiseks. Hea näide makrotasandi ülevalt alla BIMi dünaamikast on Ühendkuningriigi BIMi 2. tasand. Mikrotasandil on ülevalt alla levitamisega tegemist siis, kui organisatsiooni tippjuht (sõltumatult selle suuruselt või kohast tarneahelas) propageerib spetsiifilise lahenduse kasutusele võtmist. Seesuguste, mõnikord sunduslike survete läbi hakkavad lahendused levima mööda võimuahelat alla ja võetakse koolitamise ja motiveerivate teguritega sidumise korral kasutusele.
- **Alt üles levimine** tähendab tehnoloogiate, protsesside või poliitikate kasutusele võtmist rohujuure tasemel ilma kohustusega. Makrotasandil leiab see aset siis, kui võimu-/tarneahela alumises otsas asuvad organisatsioonid võtavad kasutusele uuendusliku lahenduse või kontseptsiooni ning seesugune lahendus saab peagi levinud töömeetodiks ja levib järkjärgult mööda tarne-/võimuahelat üles (nagu toimub Austraalias). Mikrotasandil toimub alt üles levimine samalaadselt siis, kui võimuahela alumises otsas asuv töötaja võtab kasutusele innovaatilise lahenduse ja – aja jooksul – tunnustavad seda lahendust ja võtavad selle kasutusele ka keskastme ja tippjuhtkond.

Ehkki kaks kirjeldatud dünaamikat on kergesti märgatavad, peitub nende taga ka kolmas dünaamika – KESKELT VÄLJAPOOLE levimise muster:

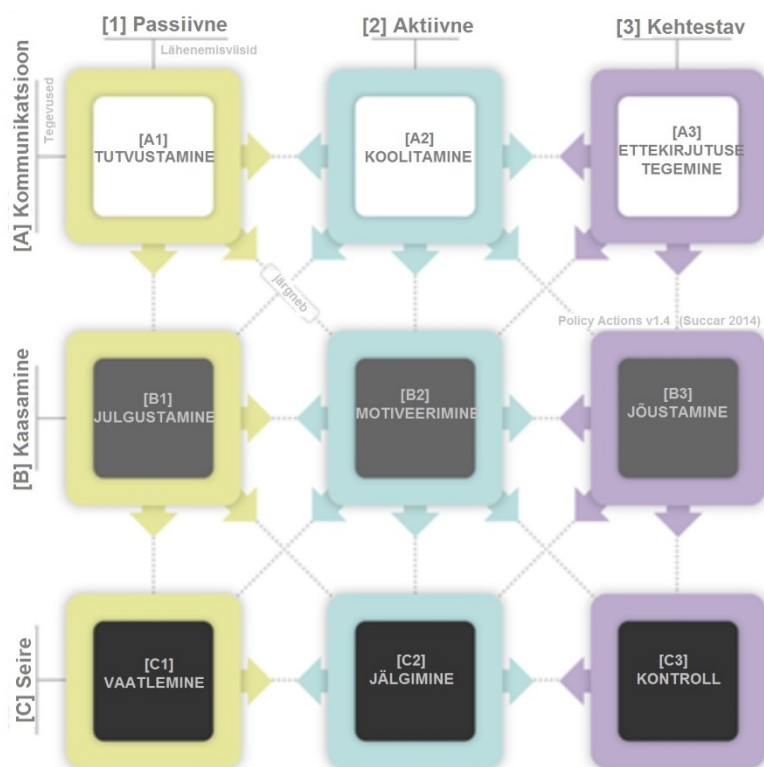
- **Keskelt väljapoole levimine** kehtib kõigi „alumist“ otsa „peamisest“ eraldavad keskosas asuvate organisatsioonide ja üksikisikute puhul. Mikrotasandil, konkreetses organisatsioonis, suruvad meeskondade juhid, osakonnajuhid ja liinijuhid enda poolt isiklikult kasutusse võetud võimuahelas üles ja alla. Makro- ehk turutasandil on keskelt väljapoole suunatud dünaamikaga tegemist siis, kui keskmise suurusega organisatsioonid (turust sõltuvalt – nt Ameerika Ühendriikides suured töövõtjad) mõjutavad väiksemaid, neid võimuahelas madalamal asuvaid organisatsioone soovitud kasutusele võtma. Samuti mõjutavad nad neist tarne- või võimuahelas kõrgemal asuvaid suuremaid organisatsioone, ühendusi ja ametiasutusi oma lahendust kasutusele võtma ja viimaks standardiseerima.



Mitmesuguste turust sõltuvate ja sotsiaalsete muutujate tõttu esinevad dünaamika erinevatel organisatsioonidel ja turgudel erinevatel määradel. Ülevaalt alla, alt üles ja keskelt väljapoole levimise dünaamikad täiendavad aga teineteist ja isegi kattuvad. Arvamus, et üks dünaamika võib olla teistest parem, on ekslik. Ehkki mõned tõendid viitavad sellele, et ülevaalt alla dünaamika soodustab lahenduse kiiremat kasutuselevõttu organisatsioonis või turul, ei toeta tõendid seisukohta, et see toob kaasa BIMi töövoogude ja väljundite järjepideva kasutuselevõttu.

Üks levimise mudelitest on **poliitikasuundade mudel**, milles kirjeldatakse kolme rakendamistegevust (kommunikatsioon, kaasamine ja seire) koos kolme rakendamisviisiga (passiivne, aktiivne ja kehtestav) ning saadakse üheksa poliitikasuunda:

Kolm nimetatud tegevust esinevad sageli turgudel, kus BIMi tööriistade ja töövoogude levitamiseks tehakse tahtlikult ülevalt alla suunal tööl. Varieeruvad tegevuste elluviimise intensiivsus ja poliitika elluviimisega tegelevate osalejate (nt valitsus, erialaühendused ja spetsialistide kogukonnad) segu [ii]. See tähendab, et kõigile kolmest tegevusest (kommunikatsioon, kaasamine ja seire) on võimalik läheneda kolmel intensiivsuse tasandil (passiivne, aktiivne ja kehtestav), võttes arvesse erinevate turgude kultuurilisi erinevusi ja võimu dünaamikat. Ühes riigis (nt Kagu-Aasia riigis) tegutsevad spetsialistid võivad nõuda valitsuselt kehtestavat tegutsemist, teise riigi (nt Ameerika Ühendriikide või Austraalia) spetsialistid võivad aga eelistada aktiivsemat või veelgi passiivsemat lähenemist.



	Passiivne [1]	Aktiivne [2]	Kehtestav [3]
Kommunikatsioon [A]	Tutvustamine: poliitika kujundamises osaleja teavitab huvitatud isikuid süsteemi/protsessi tähtsusest, eelistest ja sellega seotud väljakutsetest ametlike ja mitteametlike kommunikatsioonikanalite kaudu	Koolitamine: poliitika kujundamises osaleja loob huvitatud isikute süsteemi/protsessi konkreetsetest väljunditest, nõuetest ja töövoogudest teavitamiseks informatiivseid suuniseid	Ettekirjutuste tegemine: poliitika kujundamises osaleja kirjeldab täpset süsteemi/protsessi, mille huvitatud isikud peavad kasutusele võtma
Kaasamine [B]	Julgustamine: poliitika kujundamises osaleja viib läbi töötubasid ja võrgustiku loomise üritusi, et julgustada huvitatud isikuid süsteemi/protsessi kasutusele võtma	Motiveerimine: poliitika kujundamises osaleja pakub huvitatud isikutele preemiaid, rahalist motivatsiooni ja eelistatud kohtlemist, et motiveerida neid süsteemi/protsessi kasutusele võtma	Jõustamine: poliitika kujundamises osaleja kaasab (eelistab) huvitatud isikuid või jätab nad kõrvale (karistab) sõltuvalt sellest, kas nad võtavad süsteemi/protsessi kasutusele
Seire [C]	Jälgimine: poliitika kujundamises osaleja jälgib, kuidas (või kas) huvitatud isikud on süsteemi/protsessi kasutusele võtnud	Jälgimine: poliitika kujundamises osaleja uurib, jälgib ja teostab järelevalvet süsteemi/protsessi huvitatud isikute poolt kasutusele võtmise üle	Kontroll: poliitika kujundamises osaleja sätestab ettenähtud süsteemi/protsessi jaoks majanduslikud käivitustegurid, nõuetele vastavuse piirid ja kohustuslikud standardid

Nagu tabelis kirjeldatud, tähistavad kolm poliitikasuunda poliitika kujunduse intensiivsemat osalemist BIMi kasutusele võtmise hõlbustamisel: passiivsest jälgijast kehtestavamaks kontrollijaks. Siinkohal on poliitikasuundi kirjeldatud pealiskaudselt. On selge, et kõik üheksast suunast on jaotatavad väiksemateks poliitikasuundadeks. Näiteks motiveerimise [B2] saab täiendavalt jaotada mitmeks motiveerimise alaseks tegevuseks: nt [B2.1] BIMi kasutusele võtmise soodustamine maksurežiimi abil, [B2.2] BIMi hankepoliitika väljatöötamine ja [B2.3] BIMile suunatud innovatsioonifondi loomine.

Poliitikasuundade mudelis on välja toodud mitmed erinevad meetmed, mida iga turu poliitikakujundajad kasutavad (või saavad kasutada) BIMi kasutusele võtmise soodustamiseks. Tähtis on mõista, et kõik suunad on samaväärsed. Poliitikakujundajad peavad siiski valima poliitikasuundade kombinatsiooni, mis vastab kõige paremini nende turu ainulaadsetele nõudmistele.

Poliitikasuundade mustrite näidiskaardil võrreldakse kokkuvõtlikult erinevate turgude poliitikakujundajate poolt rakendatud levitamismeetmeid. Iga muster tähistab poliitikakujundajate poolt rakendatud meetmeid (või meetmeid, mida nad saavad rakendada). Näiteks ülemine vasakpoolne muster vastab täiesti passiivsele lähenemisele (tutvustamine + julgustamine + jälgimine), alumine parempoolne muster aga kehtestava ja aktiivse lähenemise segule (ettekirjutuste tegemine + motiveerimine + jälitamine).

2. Moodul 2 – teabehalduse rakendamine

2.1 ÜIKs (ühtne infokeskkond) teabe haldamise põhimõte

Ühtne infokeskkond (ÜIK) on tsentraalne hoidla, kus majutatakse ehitusprojektiga seotud informatsiooni. ÜIK sisu ei piirdu „BIMi keskkonnas“ loodud varadega ja hõlmab seega dokumente, graafilist mudelit ja mittegraafilisi varasid. Ühe informatsiooniallika kasutamine peaks parandama projekti liikmete vahelist koostööd, vähendama vigade arvu ja hoidma ära duplikaatide tekke. (Inglismaa olukord: ÜIK loomine on küpsuse tasandil 1 keskel kohal. See on koostöövahend, mida kirjeldatakse standardis BS-1192 hoidlana, mis võimaldab informatsiooni jagada kõigi projektimeeskonna liikmete vahel.)

Kõige tähtsam eesmärk on tõhustada projekti elluviimise aluseks oleva informatsiooni loomist, jagamist ja väljastamist. Ehitusprojektides ehitusinformatsiooni modelleerimise (BIM) rakendamise südames on idee, et koostöö aitab saavutada paremaid tulemusi.

Ehitamisel kasutatakse paljude erinevate valdkondade esindajate oskusi ja ÜIK koondab kõigilt laiemas projektimeeskonnas töötavalt inimestelt saadud teabe.

BIM-i kasutuselevõtmisel mängib ÜIK olulist rolli informatsiooni jagamises erinevate valdkondade vahel ja tarneahelas. Informatsiooni haldamiseks tuleb teha mõned tähtsad toimingud.

Projekti kavandamisstaadiumis tuleb luua projekti standardmeetodid ja -protseduur, millega peavad nõustuma ja järgima kõik projektiga seotud asjakohased osapooled.

Põhitegevused:

- Leppida kokku rollid ja kohustused.
- Leppida kokku ja rakendada nimetamistavad.
- Luua ja hallata projektipõhist klassifikatsiooni ja ruumilist koordineerimist.
- Võtta kasutusele ühine andmekeskond (ÜIK), et võimaldada infomatsiooni jagamist kõigi projektimeeskonna liikmetega, näiteks projekti suhtevõrk või elektrooniline dokumendihaldussüsteem.
- Leppida kokku sobiv informatsiooni hierarhia, mis toetab ÜIK kontseptsiooni.
- Määrata projekti algatamisel üks ühine projekti identifikaator, mis on teistest üksikutest ettevõttesisestest töönumbritest sõltumatu ja märgatavalt erinev.
- Määrata projektiga liitumisel igale organisatsioonile ainulaadne identifikaator.

Kehtestada kvaliteedipoliitika, et tagada mudelite haldamine kogu nende elukaare jooksul.

Kehtestada tuleb andevahetusprotsess.

- Leppida kokku võimalikult varakult, milliseid andmeid vahetatakse, millal ja millises formaadis.
- Leppida kokku andmevahetuseks kasutatava formaadi versioon.
- Kehtestada protseduur andmeedastuse täpsuse testimiseks, jälgimiseks ja sellest teavitamiseks ning teha esialgsed andmeedastuse katsed.
- Leppida kokku meetod iga probleemi registreerimiseks ja digitaalandmete vastuvõtuks ning määratleda, mida peetakse aktsepteeritavaks andmeedastuseks.

Projekteerimise juhtimine

- Täita kontroll-leht juhtimisülesannetega.
- Luua tööandja informatsiooni nõuded (EIR) esialgse kavandamise osana.
- Määratleda kasutatav klassifitseerimissüsteem.

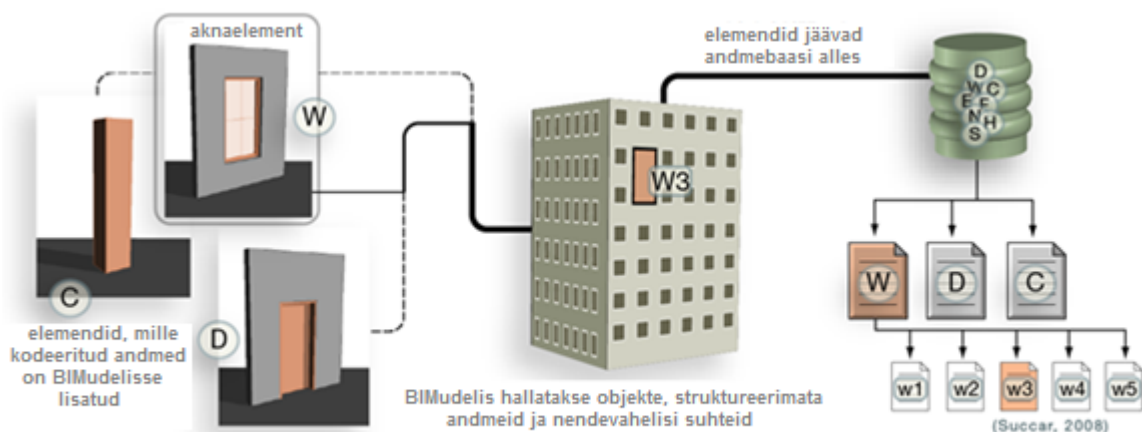
Ainult ühe informatsiooniallika kasutamise korral on selge, missugusele informatsiooni versioonile tuleb viidata. ÜIK peab täitma täiesti usaldusväärse „tõe“ allika rolli ja annab kõigile osalejatele mitmeid eeliseid:

- Jagatud informatsiooni tulemuseks teaksid olema koordineeritud andmed, mis vähendab nii projektile kuluvat aega kui selle maksumust.
- Kõik projektimeeskonna liikmed saavad erinevate peamiste varade kombinatsioonide kasutamise läbi ÜIK abil luua oma töös vajalikke dokumente/vaateid ning olla kindlad, et kasutavad alati uusimaid varasid (mida kasutavad ka teised).
- Tsentraliseeritud mudeli kasutamise ideega kaasneb automaatselt ruumiline koordineeritus.
- Eeldades, et osalejad kasutavad informatsiooni jagamisel sätestatud protsesse, peaks juba esimene tootmisinformatsioon olema korrektne.

Kõigi mudelite ja modelleerijate puhul ei ole tegemist BIMiga. Ehkki ehitusinformatsiooni modelleerija mõiste ei ole sõnaselgelt defineeritud ja puuduvad vastavasisulised katuslepingud, kasutavad nii teadlased kui tarkvaraarendajad väikseimat ühist nimetajat.

See vaikimisi sätestatud ühine nimetaja on BIMi mudelite (ehitusinformatsiooni mudelite) tehnoloogiliste ja protseduuriliste omaduste kogum, kusjuures need omadused:

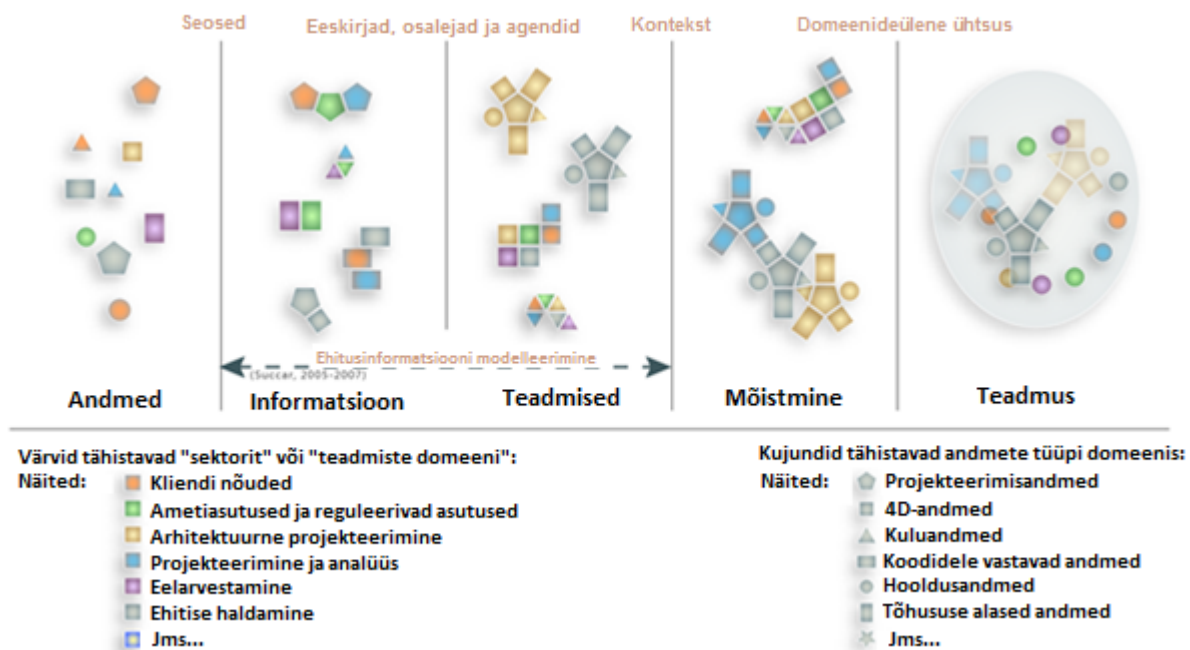
- peavad olema kolmemõõtmelised;
- peavad koosnema objektidest (kolmemõõtmeline modelleerimine – objektikeskne tehnoloogia);
- peavad olema varustatud kodeeritud ja integreeritud valdkonnapõhise teabega (pelgalt andmebaasist ei piisa);
- objektide vahel peavad olema lõimitud suhted ja hierarhiad (reeglid ja/või piirangud: seina ja ukse vahelise suhte laadsed, mille puhul uks loob seina avause);
- kirjeldavad teatud tüüpi ehitist.



BIMi modelleerijad ei kujuta ega kodeeri ka konkreetse sektori raames (arhitektuur, projekteerimine või ehitus) kõiki sektoris kasutatavaid teadmisi. Kõnealuse küsimuse teisel viisil selgitamiseks peame esmalt lahti seletama, mida „info“ ehitusinformatsiooni modelleerimises tegelikult tähendab. Aru saada tuleb viiest tähenduse tasemest:

- Andmed on esmased tähelepanekud ja kogutav materjal. Andmed on nähtavad ja kogutavad;
- Informatsioon tähendab teiste andmete või kontekstiga seotud andmeid. Informatsioon on nähtav ja väljendatav (esmalt koguge, siis väljendage);
- Teadmised seavad informatsioonile eesmärgi. Teadmised väljendavad regulaarsust. Teadmised on nähtavad, väljendatavad ja rakendatavad;
- Mõistmine on nähtuse ülekandmine ja selgitamine kontekstis. Mõistmine on nähtav, väljendatav, teostatav ja õpetatav;
- Tarkus on heterogeensetes domeenides esinevate nähtuste põhine tegutsemine. Tarkus on nähtav, väljendatav, teostatav ja õpetatav erinevates valdkondades ja kontekstides.

Ehitusinformatsiooni modelleerimine puudutab ainult andmeid ja informatsiooni, ehkki mõned müüjad sooviksid BIMi modelleerijaid reklaamida teadmistepõhiste lahendustena. Vastavalt ülaltoodud definitsioonidele ja eeldades, et eesmärgid on sünonüümsed kodeeritud eeskirjadega, võivad BIMi mudelid olla teadmistepõhised mudelid või süsteemse mõtlemise põhised mudelid.



BIMi modelleerijate abil saab jagada vähest või suurt osa meeleheitel sektorites kasutatavatest andmetest. Optimaalne BIMi modelleerija võimaldab kuvada, arvutada ja jagada kõiki erinevate valdkondade vahel vajalikke andmeid ilma, et sellega kaasneks kadusid või konflikte töövoos. See võimalus või selle puudumine on kasutatava tehnoloogia, rakendatava protsessi ja kaasatud poolte (teadmiste kasutajate) funktsioon.

Eeldades, et kõik domeenid (sektor: arhitekt, projekteerija ja ehitaja) kasutavad erinevat BIMi modelleerijat, võidakse modelleerijate vahel andmeid jagada järgmistel viisidel:

1. **Andmevahetus:** kõik BIMi modelleerijad jäävad püsima muutumatul kujul, ent ekspordivad mõned „jagatavatest“ andmetest formaadis, mida teised BIMi modelleerijad saavad importida ja arvutustes kasutada (nt XML, CSV või DGN). See on väidetavalt aegunud andmevahetusmeetod, millega kaasneb kõige suurem andmete juhuslik kaotamine. Andmete kaotamine tähendab siin mittejagatavate andmete osakaalu kõigis BIMi mudelites kasutatavate andmete seas. Kõiki andmeid aga ei tohi või ei ole alati tarvis BIMi modelleerijate vahel jagada. Osaline andmevahetus võib olla (juhusliku andmete kaotaminekuga võrreldes) efektiivne meetod andmete jagamiseks.
2. **Andmete koostalus:** koostalus võib esineda paljudes erinevates vormides, siinkohal kirjeldatakse vaid ühte näidet. Failipõhise andmete koostaluse (mitte serveripõhise koostaluse) korral on üks selle andmevahetusmeetodi puhul esinev stsenaarium järgmine: BIMi modelleerija₁ genereerib IMudeli (koostalusmudeli), mis imporditakse BIMi modelleerijasse₂, kus seda töödeldakse ja seejärel eksporditakse IMudeliks v.2 (versioon 2), mis imporditakse BIMi modelleerijasse₃, kus seda töödeldakse ja seejärel eksporditakse IMudeliks v.3, mis imporditakse... Modelleerijate, mudelite ja mudeli versioonide vahel kaotaminevate/juurde tekkivate andmete hulk sõltub modelleerija importimise ja eksportimise võimalustest ja koostalusüsteemi omadustest (näiteks IFC). Seesuguse failipõhise koostaluse üks suur puudus on töövoog lineaarsus – jagatavat ei ole võimalik üheaegselt muuta erinevate valdkondade poolt.
3. **Andmeföderatsioon.** Hea andmeföderatsiooni näide on failide ühendamine: ühes BIMi mudelis sisalduvad andmed ühendatakse teises BIMi mudelis sisalduvate andmetega. Faile ei impordita ega ekspordita, ent BIMi modelleerijad (tarkvararakendused) suudavad neid lugeda ning kasutada ühendatud failides sisalduvaid andmeid arvutustes. Kaotaminev andmehulk sõltub loetavate või arvutustes kasutatavate andmete hulgast. Ka viitemudelid (RMudelid) on näide BIMi andmeföderatsioonist. RMudelid on eraldiseisvad või fõdereeritud mudelid, milles hoitakse linke süsteemivälise andmehoidlate juurde – sarnaselt hüperlinkide ja veebilehtedega. Sellega on tegemist näiteks aknast viiteobjektiga virtuaalse ehitise korral: BIMi mudelisse salvestatakse ainult tähtsamad parameetrid ja üksikasjalik informatsioon (väärtused) on vajaduse korral kättesaadavad süsteemivälisest hoidlast [3] (nt akna maksumus ja kättesaadavus reaalajas, paigaldusjuhend, hooldustööde teostamise graafik).
4. **Andmete integratsioon:** mõistet „integratsioon“ võib mõista mitmel erineval moel, näiteks on tegemist madalatasemelise võimega tarkvaralahenduste vahel andmeid vahetada. BIMi kontekstis tähendab integreeritud andmebaas võimalust ühtse mudeli valdkonna erinevate sektorite vahel informatsiooni jagada [4]. BIMi mudelis jagatavad andmed võivad olla arhitektuurilised, analüütilised (projekteerimisalased) ja juhtimisalased või seotud projekti, kulude või koodeksitega. Integreeritud BIMi mudeli tähtis omadus on valdkondadevahelise informatsiooni paigutamine ühte kohta, mis võimaldab neil ühes arvutipõhises raamistikus teineteisega suhelda.
5. **Andmete jagamise hübriidlahendus:** mistahes eespool kirjeldatud andmete jagamise vormide kombinatsioon. Enamus patentitud ja patentimata BIMi modelleerijatest kasutavad AEC-sektorites genereeritud informatsiooni koordineerimiseks informatsiooni jagamise meetodite hübriidlahendust.

Järgmises tabelis on välja toodud ühtses infokeskkonnas (ÜIK) jagatavate dokumentide loetelu:

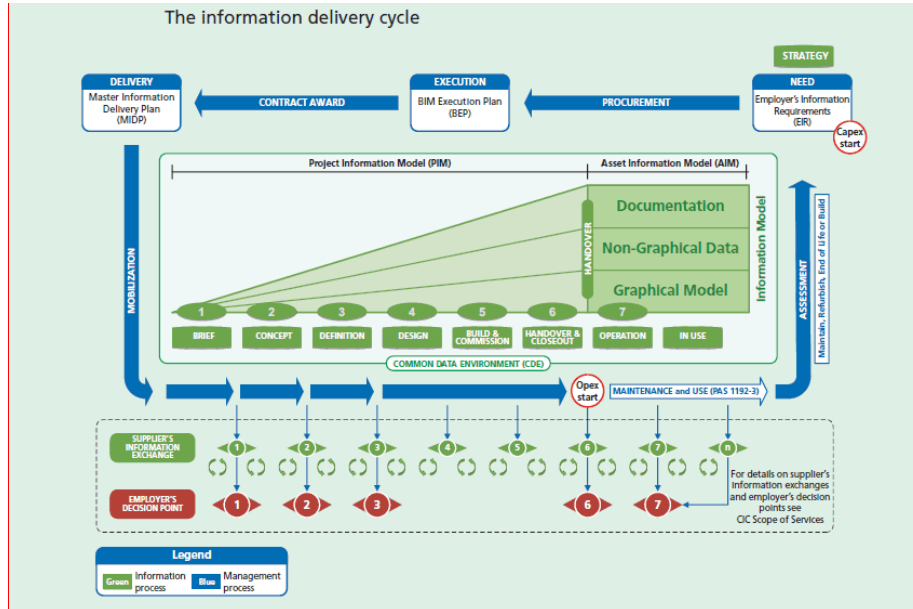
Kliendi teavitamine ja tehnilised nõuded	Testide sertifikaadid
Kohtumised ja lepingud	Tooteohutuse alane teave / hädaolukorra protseduurid
Võlakirjad ja kindlustuslepingud (sh hoone lõplik hindamisaruanne kindlustamiseks)	Toote varuosad, tööriistad ja ressursid

Projekti etappide aruanded	Toote hooldamine / puhastamisprotseduurid / käsiraamat
Tehnilised aruanded (planeerimine, projekteerimine, keskkonnamõjude hinnang jms)	Toote paigaldusjuhend
Analüüsid, hindamised ja arvutused	Tootepartii / jälitamise andmed
Säästlikkuse sertifitseerimine, hindamine, avaldus, sertifikaat	Tehnilised andmed
Uuringud (topograafilised mõõdistamised, seisukoha uuring jne)	Toote keskkonnadeklaratsioon (EPD)
Koosolekute protokollid	Toote toimivusdeklaratsioon (DoP) ja CE-märgis
Projektfaili märkused	Euroopa tehnilised hinnangud (ETA)
Infopäringud (RFId)	Kokkulepete sertifikaadid (NSAI, BRE jms)
Meetodikirjeldused	Toodete tehnilised andmed
Kirjavahetus	Väikeste rikete loetelud ja kvaliteedikontrolli protseduurid
Meediamaterjal (fotod, pildid, esitlused, video jms)	Kontrollide kavad ja kontrollide dokumentatsioon
Reguleerivatele asutustele esitatud taotlused /sertifikaadid (planeerimine, ehitusjärelvalve, tuleohutus, erivajadustega inimeste juurdepääs)	Sertifitseerimise ajakavad, võrdlusandmed, projektimuudatused, mittevastavused
Mittekohustuslikud taotlused / esitatud materjalid / sertifikaadid (LEED, BREEAM jms)	Nõuetele vastavuse sertifikaat / sertifikaadid / arvamused nõuetele vastavuse kohta
Mudelid (3D-mudelid, 2D-mudelid, liidetud mudelid, analüütilised mudelid)	Nõuded ehitusprojektile (testid, sertifikaadid, näidised jms)
Projekti joonised, tehnilised andmed, graafikud ja andmelehed	Projekteerimise vastutusmaatriks
Kulukavad ja kogusarved	Tervishoiu ja ohutuse alaste riskide hindamine ja ohutuskavad
Maksesertifikaadid	Teostusjoonised, tehnilised andmed, graafikud ja andmelehed
Lepingute lõpparuanded	Ehitus- / valmistamisjoonised, tehnilised andmed, graafikud ja andmelehed
Projektide kavad ja programmid	Esitatud tehnilised materjalid ja kinnitused
Kontrollide dokumentatsioon	Käikuandmise sertifikaat
Seadmete „vaikseseadmed“ (seadepunktid)	Tarnija garantii (osad)
Tarnija garantii (töö)	Tarnijaga sõlmitud lepingu andmed

2.2 Graafilise ja mittegraafilise informatsiooni 3D-mudel

BIM on vahend (digitaalse) informatsiooni loomiseks, haldamiseks ja jagamiseks ehitise elukaare jooksul. BIM-i üks eesmärk on täiustada koostööd osapoolte vahel ning vähendada vigu ehitusprotsessis ja nendega seotud kulusid.

Digitaliseeritud ehitusinformatsiooni voog võimaldab ehitusinformatsiooni modelleerimise (BIM), masinõppe, nutika infrastruktuuri jne kaudu suuremat integreeritust praktikate ja mastaapide lõikes, mida kunagi käsitleti eraldi. See muudab suhtlust paljude asjakohaste avaliku ja erasektori organisatsioonide vahel ning mõjutab seadusandlust.



BIM-i mudel võib hõlmata järgmist teavet.

- Dokumentatsioon – joonised ja PDF-failid tootjatelt, näiteks ohutuskaardid jne, mis tavaliselt antakse klientidele ja nende ehitiste haldusmeeskondadele üle kasutus- ja hooldusjuhendite kaudu.
- Mittegraafilised andmed – BIM-i 2. taseme puhul on need kooskõlas Briti standardiga BS1192-4, mis kasutab andmevahetuse formaati COBie.
- Geomeetrilised, graafilised mudelid – hoone ning selle süsteemide ja komponentide 3D-mudelid.

BIM-iga töötamise süsteemil on palju funktsioone, mille arv üha kasvab.

- 3D-mudeli projekteerimine
- 2D-jooniste koostamine 3D-mudeli põhjal
- Visualiseerimine ja animatsioon
- Mudelite vahetamine ettevõttesiseselt ja ehituspartneritega
- Vastuolude kontroll
- Koguste (sh osade loendite) määratlemine
- Simuleerimisvõimalused (sh evakuatsioonitee simuleerimine, aruka võrgu lahendused, energeetikamudeli arvutamine)
- Sidumine kavandamisega (4D)
- Sidumine kuludega (5D)
- Protsessijuhtimine

BIM-i korraldiku rakendamise korral on igal osapoolel ülevaade samast projekti informatsioonist infomudeli kaudu. See on võimalik ainult traditsioonilise protsessi puhul. Lisaks infomudelile on ehitusprotsessis veel kokkulepped kvaliteedi, korralduse, suhtluse ja teabe esitamise osas.

BIM on suunatud erinevatele osapooltele, kelleks on arhitektid, (paigaldus)konsultandid, ehitajad, paigaldajad, töövõtjad, tootjad ja hooldusettevõtted. Need osapooled moodustavad BIM-iga töötava sihtrühma.

Tähelepanekud BIM-i kohta

BIM-i kasutamine keskendub järgmistele punktidele:

- Ootuste haldus klientide, ostjate ja kohalike elanike suhtes.
- Parema ülevaade üksteise tööst.
- Suhtlus ja koostöö partnerite ja tarnijatega.
- Vähem vigu või sihtkohti, väiksemad vigadest tingitud kulud, kõrgem kvaliteet.
- Lühem projekteerimise ja realiseerimise ooteaeg.
- Tõhusamad protsessid.
- Eeltingimused seoses hoiatamiskohustusega pakumiste puhul on läbipaistvad.
- Kvantitatiivselt keeruline kvantitatiivne finantseelis kliendile.
- Olemasolevate organisatsioonide kohandamisvajadus.
- Infomudeli suhteliselt töömahukas juhtimine.
- Töömahukad ettevalmistusstaadiumid.

BIM-i abil saab eelkõige vähendada vigadest tingitud kulusid. Hetkel jäävad hinnangulised vigadest tingitud kulud koos praeguste ehitusmeetoditega vahemikku 10–35% projekti käibest. Majanduslanguse korral, nagu näiteks 2009-2013, jäävad ehitusettevõtete marginaalid märkimisväärse surve alla. See suurendab oluliselt vigadest tingitud kulude vähendamise vajadust. Vigadest tingitud kulude vähendamiseks tuleb rakendada tõhusust suurendavaid meetmeid, nagu LEAN-süsteem, vertikaalne integreerimine ja BIM. BIM-iga töötamine võimaldab lisaks rakendada uuendusi ja väikese hooldusvajadusega ehitusmeetodeid. Selle eelduseks on nõue, et BIM-iga töötamist võetaks kui koostöömudelit.

Ehitusprojektides võib tekkida mitmeid ettenägematuid kulusid ja vigu. See on tagajärg teostatavusuuringu halvast korraldusest ja ebapiisavast üksikasjadele tähelepanu pööramisest.

Tüüpilised vigade põhjused:

- Ehitusprojekti ebatõhus juhtimine.
- Progressi mittejälgimine sihtmärkide suhtes.
- Kvaliteedinõuete mittetäitmine ja ajakavade mittejärgimine.
- Ebavajalikud parandus- ja asendustööd, mis on tingitud kehvast kavandamisest või haldusest.

Vigadest tingitud kulud on asjatult kulukad ning võivad suurendada kulusid ka kaudselt. Töövõtjad näevad, et tehakse ebavajalikke kulusid, ja mõistagi lasevad sel juhtuda, arvestades need oma lepinguhinna sisse. Osapooltel, kes suudavad neid võimalikke vigadest tingitud kulusid tänu BIM-i kasutamisele vähendada ja kontrollida, on oma konkurentide ees suur eelis.

Digitaalset ehitusinformatsiooni enam ei koguta, analüüsita ja muudeta kättesaadavaks suure organisatsiooni ühes suuraruvis, vaid äärmiselt hajutatud viisil. Andmete kogumine toimub automaatselt asjade internetis integreeritud andurite ja väikeste tarbeseadmete, nagu nutitelefonide kaudu. Neid mahukaid andmeid talletatakse pilves, kus see on jaotatud mitme virtuaalse andmehoidla vahel. Analüüsialgoritmid töötavad ööpäevaringselt piiramatus hulgas keskseadmetes. Samas tekivad uued probleemid, kuna digitaalandmete maht kahekordistub iga kahe aastaga ja 2013. aastal oli ülemaailmselt talletatud andmemaht 4,4 ZB (= 10^{21} baiti).

BIM-i abil loodud projekt koostab ehitise mudeli, mis koosneb sadadest või tuhandetest BIM-i objektidest, mida saab jälgida kogu ehitise elukaare jooksul, kus neid kasutatakse. Digitaliseeritud objektid moodustavad tootmisettevõtete BIM-i tootekataloogid, mille kaudu saavad projekteerijad iga projekti jaoks joonestada.

BIM-i tootekataloogi nõuetekohane loomine eeldab põhjalikke teadmisi kaubamärgist, toote omadustest (vorm, toimivus, rakendamine jne) ning kuidas see seostub teise objektiga/tootega, mis moodustab koostatud töö. Need

seosed määravad objekti geomeetrilise ja mittegeomeetrilise keerukuse taseme ning selle esitusviisid lisaks kasutatavate kolmemõõtmeliste tööriistade ja mallide tüübile.

Lisaks teadlikkusele valdkonnast ja osapooltest, kes tootekatalooge kasutavad, peavad BIM-i objektide valmistajad oskama kasutada ka BIM-i põhitarkvara ja klassikalist modelleerimistarkvara. See peab eristama, mida on kasulik esitada, ja seeläbi vältima geomeetria üleküllust. See koormaks mudelid tarbetult ja võib tootmisettevõtete oskusteabe ohtu seada, levitades teadmatult tähtsat tehnilist ja tootmisalast teavet.

Arvestades BIM-i tootekataloogi tähtsust (projekteerijatele, ehitajatele ja tootjatele), on kasulik teada, kuidas toimub reaalselt kataloogis olevate BIM-i objektide loomine.

BIM-i objekti valmistamise keerukustaseme määrajaks on selle suhteline geomeetriline koostis (nt kas objekt koosneb mitmest omavahel kombineeritud komponendist või on see kindel eraldiseisev üksus) ja selles sisalduvate metaandmete hulk (tekstilised andmed ja matemaatilised valemid).

BIM-i objekt/toode võib sisaldada erinevaid tootetüüpe, mis on kõik seotud erinevate tähtsusega andmetega. Need atribuudid võivad viidata geomeetrilisele mudelile või kuuluda materjalile, mittegeomeetrilisele elemendile, millest toode koosneb ja mis on määratud arhitektuursele mudelile. Salvestatud, valitud ja sisestatud atribuudid peavad vastama arengutasemele, mis on vajalik projekteerimis-, ehitus- ja hooldusprotsessi staadiumite nõutud eesmärkide täitmiseks.

BIM-i tootekataloogi loomise järel avaldatakse digitaliseeritud objektid veebis, et tagada maksimaalne levitamine ning kasutamine BIM-i projektides projekteerijate ja ehitajate poolt. BIM-i objekte saab avaldada nii ettevõtete veebisaitidel kui ka spetsiaalsetes andmebaasides BIM-i tootekataloogide avaldamise ja levitamise käigus.

Ettevõttesisesed või -välised tehnikud, kes vastutavad BIM-i tootekataloogide loomise eest, peavad olema kogenud isikud, kes tegelevad terve protsessiga alates ettevõtte vajaduste analüüsist kuni failide loomiseni. Protsess peab olema kooskõlas kvalitatiivsete ja kvantitatiivsete standarditega, et tagada vastavus regulatiivsetele nõuetele ja lõppkasutaja (projekteerija ja tootja) vajadustele ning toetada toote kasutamist ja ostmist. Näiteks, BIM-i projekteerimismeeskond peab koosnema erialaspetsialistidest, kes loovad BIM-i tootekatalooge. Need pakuvad sobivaimaid lahendusi BIM-i objektide eesmärgipäraseks kasutamiseks tarneahela igas etapis (alates teabe ekstrapoleerimisest tootelehtedel kuni geomeetriliste andmete loomise ja sisestatavate metaandmete valimiseni vastavalt eeskirjadele) kuni BIM-i objektide realiseerimiseni. Projekteerija saab tasuta alla laadida mis tahes BIM-i faili veebisaitidelt või tarkvarasse installitud pistikprogrammide kasutamise kaudu. Sedasi luuakse kontaktide võrgustik tootjate ja projekteerijate vahel. Lisaks on osadel veebisaitidel võimalik leida tuntud sertifikaadi märgiga BIM-i faile, mis tagavad mudelite vastavuse BIM-i projektis kasutamiseks vajalikele miinimumnõuetele (geomeetrilised ja mittegeomeetrilised).

Arhitektuurse BIM-i mudeli loomiseks võib kasutada modelleerimistarkvara. Mudelis loodi kõik seinu, põrandaid, lagesid katust, uksi, aknaid ja käsipuid kujutavad elemendid olemasolevate parameetrite 3D-objektide kohandamisega tarkvarakataloogi jaoks. Dekoratiivse iseloomuga komponente ja sisseseadeid, nagu diivaneid, toole, WC-potte ja laudasid, kasutati otse, arvestades nende mudelisse lisamisel ainult mõõtkava teguriga. Alumises tabelis on toodud näide arhitektuurse BIM-i mudeli loomise järjestikulised sammud.

Järjekord	Tegevus
1. samm	Lävepakude kõrguste määramine põrandakattest
2. samm	DWG-failide importimine
3. samm	Ehitusplatvormi määramine
4. samm	Piirjoonte muutmine

5. samm	Seinte loomine, redigeerimine ja sisestamine
6. samm	Uste ja akende loomine, redigeerimine ja sisestamine
7. samm	Kõnniteede ja ripplagede loomine, redigeerimine ja sisestamine
8. samm	Katuse loomine, redigeerimine ja sisestamine
9. samm	Trepi loomine, redigeerimine ja sisestamine
10. samm	Kaitsereelingute loomine, redigeerimine ja sisestamine
11. samm	Komponentide sisestamine

Osad joonised ja projektsioonid saab hankida loodud mudelist. Alumisel joonisel on näidatud plaan ja lõige ning see kujutab põhifassaadi, mudeli üldvaadet ja ühte siseruumi vaadet.

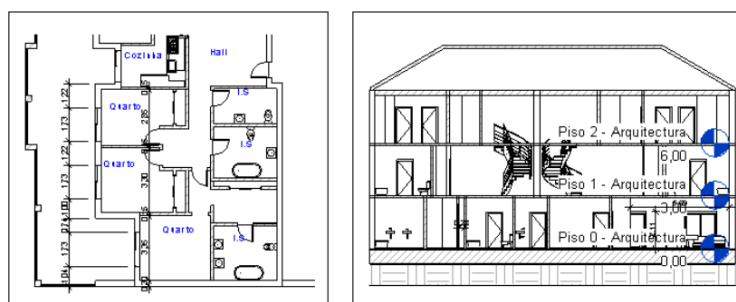


Figure 2.1 – Ground floor plan and vertical cut.

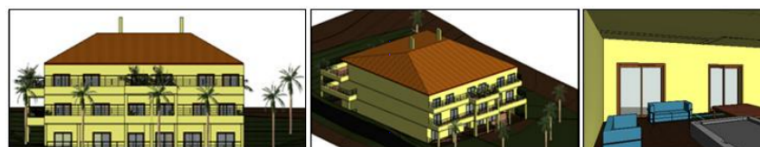
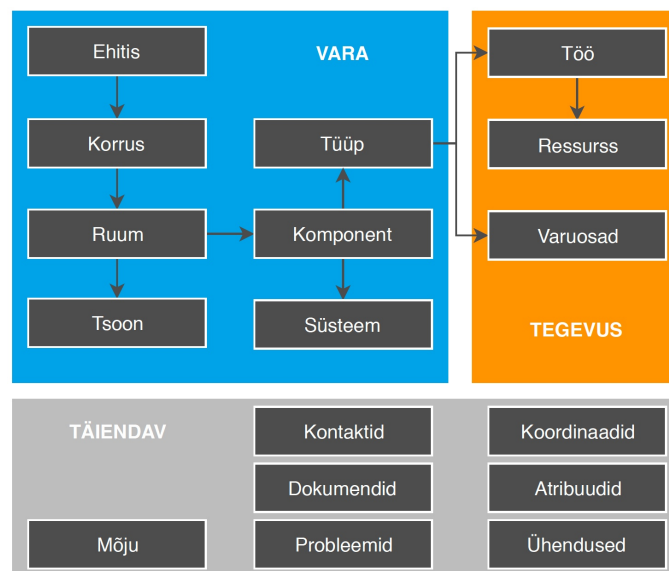


Figure 2.2 – Main façade, general perspective of the model and interior projection of the 3D model.

Standardi UK PAS 1192-2 lisas A on toodud näide graafilise ja mittegraafilise teabe jaotamise kohta. See standard määratleb BIM-i dokumentatsiooni perioodi, mõisted ja lühendid.



2.3 Energiatulemuslikkuse lepingu (EPC) hoolduskava

EPC (energiatulemusleping) on hoone omaniku või kasutaja (sh avaliku sektori asutuste) ja energiatõhususe teenuseid pakkuva ettevõtte (ESCO) vaheline leping hoone energiatõhusamaks muutmiseks. Investeeringukulud katab tavaliselt ESCO või kolmas isik (näiteks pank) nii, et avaliku sektori asutus ei pea rahalisi kulusi tegema. ESCO saab tasu, mis on tavaliselt seotud garanteeritud energiasäästuga. Pärast täpsustatud lepinguperioodi lähevad energiatõhususe suurenemisega seotud säästud üle avaliku sektori asutusele. Energiatulemuslepinguid sõlmitakse sageli hoonerühmadele, et lepingud oleksid potentsiaalsete investorite jaoks atraktiivsemad.

Hoone haldamise eest vastutab selle omanik, kes peab vajaduse korral kontrolli läbiviimiseks kasutama tehniku abi. Tõhus hooldus sõltub hoone kontrollimise käigus tuvastatud anomaaliade analüüsist.

Lepinguperioodil teostatavad hooldustööd sõltuvad EPCs renoveerimisettepaneku teinud energiateenuseid osutavast ettevõttest. On tõestatud, et isegi liginullenergiahoone projektiga võivad kahel peamisel põhjusel kaasned prognoositust suuremad kulud: esiteks võidakse ehitustööde käigus teha energiatõhusust vähendavaid muudatusi ja teiseks ei pruugi elanikud teada, kuidas tehnoloogiat kasutada, mis toob kaasa suuremad halduskulud. Mõlemal juhul leevendab BIMi kasutamine neid probleeme või isegi kõrvaldab probleemid. BIMi nõuetekohase rakendamise korral rajatakse koos füüsilise ehitisega selle virtuaalne kaksik, mis hõlmab kogu hooldamiseks vajalikku teavet. Lisaks saab kasutada ehitise funktsioonide, näiteks ehitise automaatikasüsteemi kaugjuhtimist, mis võimaldab hoonehalduril ebaõige kasutamise täheldamise korral alati sekkuda.

Lisateavet EPC kohta vaadake veebisaidilt <https://guarantee-project.eu>.

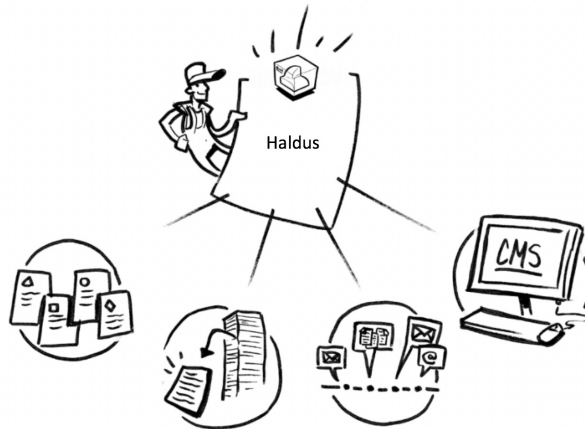
Lisaks saate alla laadida Eurostati juhendi „[ENERGY PERFORMANCE CONTRACTS IN GOVERNMENT ACCOUNTS](#)“

Väga oluline on määratleda varade haldus- ja hooldusnõuded kohe alguses EIR-ides, et projekteerijad saaksid rakendada BIM-i objektide puhul detailsust, mis on energiateenuse ettevõtete (ESCO-d) ja/või omanike poolt nõutud haldus- ja hoolduskava jaoks vajalik.

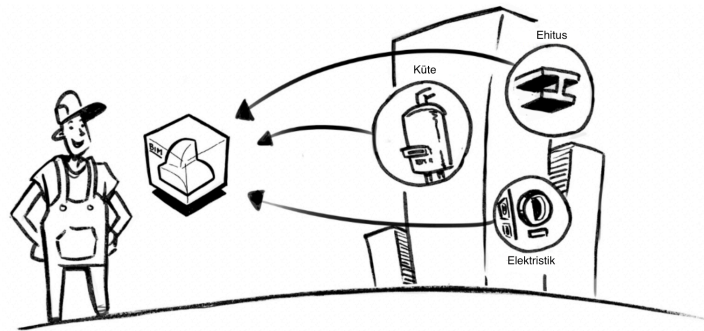
Head digitaalsed tööriistad on tõhusaks halduseks, hoolduseks ja/või varahalduseks hädavajalikud. Nõuded olenevad hoone suuruselt, varade keerukusest ning tegevuste demonstreeritavuse ja jälgitavuse nõuetest. Üldiselt on vaja andmebaasipõhist lahendust, kuhu sisestatakse andmed hoone funktsiooni jaoks oluliste ettevõtte varade kohta. Lihtsa hoone puhul piisab tõenäoliselt Exceli failist. Kui tegemist on millegi keerulisemaga, näiteks on vaja hallata rohkem projekte või planeeritud on kontrollimist või jälgimist vajavad tegevused, tuleb kasutada spetsiaalselt selleks loodud FMIS-pakette või spetsiaalseid hooldus- ja haldustarkvara pakette. Need pakettid koosnevad tavaliselt moodulitest. Järgnevalt on esitatud loend levinud moodulitest ja/või funktsioonidest.

- Perioodilise hoolduse kavandamismoodul
- Varahaldus
- Lepinguhaldus
- Töökorralduse juhtimine
- Kulude registreerimine
- Arveldus
- Tunnipõhine aruandekohustus
- Inimeste juhtimine
- Inventari haldus
- Mitme aasta hoolduse kavandamine (MJOP)
- Tingimuste mõõtmine

Hooldus- ja haldusteave



BIM-i mudelist on endiselt võimalik saada teatud teavet halduse ja hoolduse ning eelkõige üksikute varade kohta. Kasutusstaadiumis on sageli vaja mitmeid muid funktsioone, mida 3D-mudel kuidagi ei võimalda lisada. Samuti ei ole see võimalik tarkvaraga, mida kasutatakse ehitusprotsessi käigus uues ehitusstaadiumis. Uue BIM-i protsessi käigus kasutatav 3D-tarkvara on liiga spetsiifilise hoonepõhise lähenemisviisiga.



Vajalik informatsioon seoses haldusega

Kokkuvõttes on hooldus- ja haldusstaadiumis endiselt vaja tarkvara, mis on spetsiaalselt selle staadiumi jaoks loodud. Seepärast on veelgi olulisem, et osapooled valiksid standardid, mis võimaldaks head tarkvarapakettide ja andmebaasilahenduste vahetamist. Kõige levinumad klassifitseerimisstandardid on NL-sfB ja Cobie standardid. BuildingSMART International hõlmab spetsiaalset tegevust rohkemate turule vajalike standardite loomiseks. Neid standardeid luuakse nn tooteruumi keskkonnas.

BIMi mudelid on osutunud hooldustegevuse toetamisel suurepäraseks töövahendiks, sest nende abil saab ühte kohta salvestada piisavalt teavet ning kasutajal on võimalik saada realistlikke väljavaateid ja täpseid jooniseid. Hoolduseks läbiviidava kontrolli käigus võimaldab põhjalikku andmebaasi hõlmav väljatöötatud rakendus kasutajal tuvastada kõik hoone komponentides esinevad anomaaliad, suunata need BIMi mudelisse ja siduda need automaatselt võimalike põhjuste, parandamismeetodite ja lehele üles laetud anomaalia fotoga. Seeläbi on võimalik suurendada tootlikkust ja vähendada probleemide esinemise sagedust. Pdf-formaati konverteeritud kontrollide andmed salvestatakse BIMi mudelis ja nendega saab tutvuda hooldustööde planeerimisel. Lisaks on uuritud BIMi modelleerimise ja visualiseerimistarkvara koostalitust seoses teabe säilitamisega, eelkõige IFC-formaadis.

Konkreetselt integreeritud tarkvara abil loodud interaktiivse kontrollitoimingute lehe peamine eesmärk on toetada kontrolli läbiviimist. Selle koostamisel kasutatud tarkvara koosnes teistel hoolduseesmärkidel välja töötatud andmetel. Selle töö käigus esitatud teave on seotud konstruktsiooni elementidega – välisseinu, siseseinu, viilkatuseid – puudutavate anomaaliatega, põhjuste, lahenduste ja parandamise meetoditega.

Seega võib hooldustehnik anomaalia täheldamise korral lasta andmebaasi tugiteenindusel täita kontrollilehed ja valida objektile tuvastatud anomaalia. Hiljem konverteeritakse täidetud kontrollileht pdf-formaati ja sisestatakse BIMi mudelisse. Mudelit tuleb pidevalt uuendada, et see toetaks täpselt ruumide remondi- ja hooldusplaane. Väljatöötatud arvutirakenduse kasutajaliidest kujutatakse alltoodud joonisel.

Kontrolli läbiviimise leht peab hõlmama teatud esialgset teavet, näiteks tehnika isikuandmeid, kontrolli läbiviimise kuupäeva ja hoone andmeid (aadress, linn, korruste arv, ehitusaasta jne). Enamus nimetatud andmetest valitakse ComboBoxi elementide seast, mis tähendab, et registreerimine toimub kiiresti. ComboBoxi element määratletakse tekstikasti ja loetelu kasti abil, mis võimaldab tekstikasti täita ühe rippmenüüs toodud variandiga.

Rakendus võimaldab lisada ka objektile tehtud foto anomaaliast ja konverteerida lehel toodud andmed pdf-formaadis dokumendiks. Seesugused võimalused on kontroll-lehe koostamisel väga tähtsad, sest foto lisamine võimaldab kasutajal ära tunda anomaalia, selle raskusastme ja asukoha, ja pdf-formaati muundamine võimaldab kasutajal salvestada kontroll-vorm universaalses formaadis.

Praktilised nõuanded

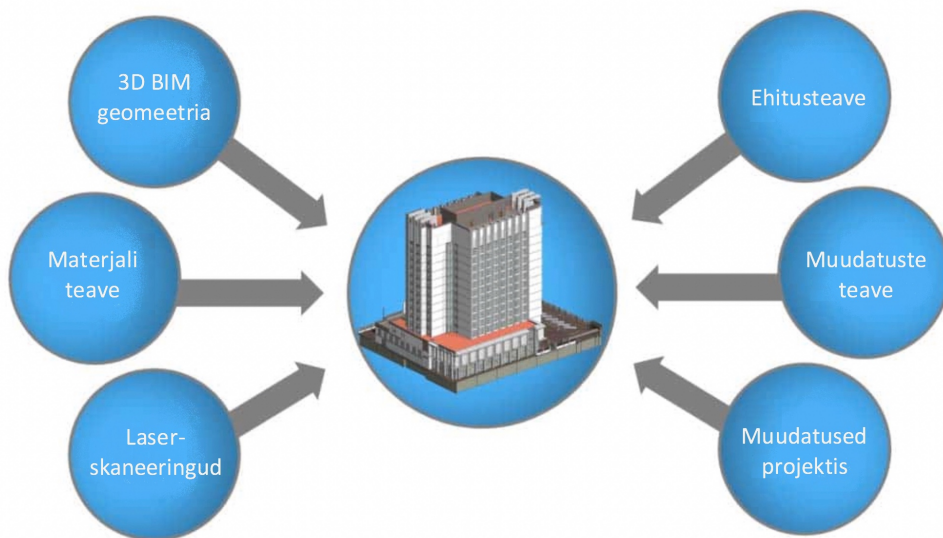
Varahaldussüsteemi jäävate varade määratlemisel saab kasutada järgmisi nõuandeid ja valikukriteeriume.

- Lisage varahalduse loendisse ainult komponendid, mis võivad realselt katki minna.
- Võtke kriteeriumiks kõik toiteallika või signaalikaabliga komponendid. Lisage see igal juhul varade andmebaasi.
- Suurte projektide puhul määrake levinud toodetele asendustooted. Näiteks kaasake tootja haldama ajakohast vahetabelit (vana → uus).

- Tagage üldiselt aktsepteeritud ja aktsepteeritud (klassifikatsiooni) struktuuri kasutamine. Kontrollige, kas see struktuur sobib ettenähtud hooldus- ja halduspaketi jaoks.
- Valige teadlikult detailsustase varade puhul, mida eelduste kohaselt realselt objektil hooldatakse.
- Uurige hoolikalt kulude ja eeliste suhet, kui tekib küsimus, kas teatud informatsiooni tuleks või ei tuleks hooldus- ja halduseesmärkidel säilitada.
- Valige hooldus- ja halduspakett, mis toimib lihtsalt ning on hästi ligipääsetav. Mõelge inimestele, kes peavad seda kasutama.
- Pakkuge asjatundlikku juhendamist varahaldussüsteemi andmestruktuuri seadistamisel. See seadistus tuleb organiseerida tegeliku informatsiooni nõuete põhjal ja sageli esinevad teemad peavad olema lihtsalt ligipääsetavad.
- Pikaajalise hoolduse kavandamine vajab erilist tähelepanu. Varajases staadiumis (enne võimalikku hindamist) tuleb kaaluda, millist informatsiooni on selleks vaja, millist klassifikatsiooni kasutatakse (Hollandi NL-sfB standard) ja millist detailsustaset see eeldab (kas 3D-mudel on vajalik?).

2.4 BIM-i teostusmudel hoonete energiatõhususe suurendamiseks

Teostusmudel on muudetav osa, mis hõlmab ehitise lõppstaadiumit koos sellele ehitusprotsessi käigus tehtud muudatustega ja mille alusel tehakse kinnisvara puhul tulevikus ehitusalaseid sekkumistegevusi.



Need võimalikud sekkumistegevused peavad lähtuma ehitise energiatarbimisest ja kuni tänaseni hõlmavad need tegevused igat tüüpi ehitust ning kõiki geograafilisi piirkondi. Silikoonist fotogalvaaniliste paneelide integreerimine pilvelõhkujasse on sama oluline kui soojustuse täiustamine araabia stiilis kivikatuste all väikelinna ajaloolises hoonekompleksis. Kui omaenda initsiatiivist ei piisa, võib abi olla toetuste kaudu saadavatest stiimulitest.

Seetõttu ei ole algne mudel töö- ja hooldusstaadiumi puhul rakendatav enne, kui see tõhusalt teostusmudeliks muudetakse. Teostusmudelil on mitmed nõuded: esiteks peab see olema geomeetriliselt võrdväärne tegeliku

ehitusobjektiga ja teiseks peab sellel olema asjakohane põhiteave kõigi hoone komponentide kohta, mida saab hiljem 6D-tasemetel täiustada. Tänapäeval saab vabalt öelda, et projekteerijad peavad ehitama kaks identset hoonet, millest üks on päris hoone ja teine virtuaalne mudel, mis hõlmab projekti algusest saadik loodud detailsustasemeid.

Olemasoleva rajatise saab genereerida täpselt ja mõõtmiste toorandmetele võimalikult lähedaselt mitme erineva meetodi abil. Essential BIM on ekspert igat tüüpi mõõtmiste toorandmete põhjal BIMis kasutamiseks valmis teostusmodelite genereerimise alal.

1. **3D-laserskaneerimise abil saadud andmete punktipilve alusel koostatud BIMis kasutatav mudel:** arhitektuurilise mõõdistamisega tegelevate ettevõtete seas on nüüd levinud rajatiste/ehitiste laserskaneerimine. Selle meetodi abil saadakse miljarditest reaalses maailmas esinevatele koordinaatidele vastavatest punktidest koosnev punktipilv, mis moodustavad kõigest skänneri vaatevälja jäävast koosneva keskkonna. Seesuguseid pilvi on aastaid kasutatud täpsete 2D CAD-jooniste tegemiseks, mida kasutati seejärel 3D teostustingumuste modelleerimiseks. Essential BIM hakkas nende mudelitega töötama kohe, kui need kasutusele tulid, ja on välja töötanud töömeetodid äärmiselt täpsete mudelite genereerimiseks.
- 3D-laserskännerid skaneerivad kõik skänneri vaatevälja jääva ja paljusid skänneripositsioone mitu korda kasutades (või hiljuti kasutusele tulnud mobiilset skännerit kasutades) saab skaneerida peaaegu 100% keskkonnast. See võimaldab modelleerida just nii üksikasjalikult, kui soovitakse, ilma objekti täiendavate andmete saamiseks korduvalt külastamata. Klient võib esmalt küsida vaid põhiandmeid ning vastavalt vajadusele hiljem soovitud valdkondade kohta täpsemaid andmeid ja need saab esitada objekti täiendavalt häirimata – varem kasutatud traditsiooniliste mõõdistamise meetodite puhul oli see võimatu.
2. **2D CAD-jooniste põhjal koostatud BIMi kasutatav mudel:** on äärmiselt tõenäoline, et ehitistest on varasematel aastatel juba tehtud 2D-joonised. BIMis kasutamiseks sobiva 3D-mudeli genereerimine juba kogutud ja viimistletud andmete alusel võib olla äärmiselt kulutõhus lahendus. See on üldjuhul kõige kiirem viis mudeli loomiseks, kuna suurem osa andmeanalüüsist on juba teostatud. Kui joonised on juba loodud, on see lahendus üldjuhul uute mõõdistamiste läbiviimisest kulutõhusam (eeldusel, et miski ei ole pärast jooniste koostamist muutunud). 3D BIMis kasutatav mudel piirdub loomulikult ainult 2D CAD-joonistes kasutatud üksikasjadega.
3. **Tavapärase mõõtmise teel kogutud toorandmete alusel koostatud BIMis kasutatav mudel:** kuna laserskännerid on äärmiselt kallid, kasutab enamik arhitektuurilise mõõdistamisega tegelevatest ettevõtetest andmete saamiseks tavapäraseid meetodeid. See võib hõlmata objektil lasermõõteriistadega ühendatud pihuarvuti abil CAD-jooniste loomist. Seda kõike saab kasutada 3D BIMis kasutatava mudeli genereerimiseks. Essential BIM on seesuguste andmete alusel väga edukalt koostanud palju mudeleid, mis võimaldavad väiksema seadmete soetamiseks eraldatud eelarvega ettevõtet konkureerida suurte turuliidritega.
4. **Arhitektuuriliste/struktuurijooniste alusel koostatud BIMis kasutatav kava:** kuna suurem osa ehitistest/rajatistest ehitatakse üldjuhul jooniste ja plaanide alusel, on üsna tõenäoline, et neid saab kasutada BIMis kasutatava teostusmudeli genereerimiseks (eeldusel, et ehitist ehitati vastavalt joonistele). Seesugused joonised on kergesti konverteeritavad BIMis kasutatavaks mudeliks. See võib olla täiuslik lahendus ehitise haldamiseks, kuna BIMi mudelit saab ehitise elukaare raames kasutada ruumi planeerimiseks, materjalikulu arvestamiseks, elementide tabelite koostamiseks ja isegi juurdeehituste projekteerimiseks tulevastele arhitektidele üleandmiseks.

Olemasoleva hoone ning eriti ajaloolise hoone puhul on äärmiselt oluline olemasoleva seadmestiku kontrollimine, et vältida probleeme renoveerimise ajal. Pildil on kujutatud tavapärased tööriistad HVAC-seadmestiku renoveerimiseks järjekorras: termokaamera, endoskoop, skleromeeter, magnetomeeter, sarruse kattekihi mõõtur, seisandur ja georadar.



Kui ehitus ei ole veel püstitatud, saab seesuguste jooniste alusel BIMis kasutatava mudeli genereerida varaobjekti müümist või turustamist hõlbustavate fotolaadsete realistlike visuaalsete esitluste või animatsioonide loomiseks. Mudelit saab kasutada rajatise haldamise varases järgus ning seda saab viimistletud ehitise väljatöötamiseks jagada sisekujundajate, ruumiplaneerijate, maastikuarhitektide ja teistega, et lõppkasutaja saaks oma ruumidest palju parema ettekujutuse kui 2D jooniste abil. Töövõtja võib mudelit kasutada ka selleks, et saada ülevaade ehitamist vajavast ning töövõtja ehitustöö hõlbustamiseks saab mudelis modelleerida/sellesse integreerida isegi ehituslikke ja struktuurilisi elemente.

Lisaks peavad hoonete energiatõhususe sertifikaadid kindlasti hõlmama nn soovitusi energiatõhususe suurendamiseks. Vastavus sellele lihtsale standardile eeldab simuleerimisprotsessi. See protsess peab tagama tulemused, mis kirjeldavad üksikasjalikult mitte üksnes tehtavaid tegevusi ja tabelina esitatud tõhususe suurendamist, vaid ka ehitise ajalooliste tarbimisandmete põhjal reaalses tingimustes tehtud energiasäästumeetmete majandusliku analüüsi detailset uuringut.

BIM-i töömetoodikal puudub pädevus simuleerimisprotsesside osas. Tegelikult võib öelda, et BIM-i mudel on loodud simuleerimise jaoks. BIM-i mudel, mis hõlmab informatsiooni välispiirde soojusomaduste kohta ning elementide hinnal põhinevat 5D informatsiooni, võimaldab saada tõhususe ja kuluaruanded peaaegu kohe. Alternatiivsete elementide (mille saab integreerida üheks mudeliks) kasutamisest ja/või asendamisest piisab mudeli puhul võimalike tehtavate tegevuste tõhususe/kulu võrdluse saamiseks. Need tegevused, mida saab BIM-i mudelis teha peaaegu kohe, kasutades tavapärasemaid meetodeid (mis põhinevad arvutustabelitel, andmebaasidel ja integreerimata mudelitel), eeldaksid tülikaid katse ja eksituse protsesse.

Välispiirde soojusomaduste uuringute puhul toodud näide on analoogne kõigi tõhusust suurendavate paigaldistega. Kui BIM-i mudelisse on integreeritud vajalikud süsteemid, saab teha simulatsiooni ilma igasuguste piiranguteta, välja arvatud mudelisse integreeritud informatsiooni piiranguga.

BIM-i mudeli mitmekülsus tuleneb selle võimekusest koguda muudatusi ja prognoosida tulevikustsenaariume. See mitmekülsus võimaldab mudeli kohandamist projekti elukaare erinevatele staadiumitele, alates selle projekteerimisest kuni lammutamiseni, ning energia osakaal saavutab erilise tähtsuse selles elukaares.


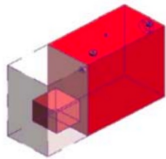



BIM-i teostusmudelist saab varade informatsiooni mudel (AIM), mis on ehitatud varaga seotud kinnitatud ja heakskiidetud informatsiooni ühtne allikas. See päris mudeli koopia, mis on palju paremini hallatav ja kus saab kasutada liitreaalsuse mehhanisme, on koondmudel varaga seotud teadmistest. Kõiki võimalikke vara energiatõhususe suurendamise võimalusi saab hõlpsalt mudelis testida, simuleerida ja kinnitada.

Detailsustase/arengutase (LoD)

Projekteerimine toimub suurematest detailidest väiksemateni. Kuna kõik andmed ei pea olema projekteerimise alguses kohe saadaval, tehakse tavaliselt ligikaudne projekt. Mida edasi projekti arendatakse, seda detailsemaks see muutub. Ehitus- ja oskustöölise valdkond hõlmab erinevaid projekti staadiume enda detailidega. BIM-iga projektis on samuti lubatud kasutada erinevaid projekti staadiume.

Detailsustase tähendab infomodelis olevat vajalikku informatsiooni hulka teiste ehituspartneritega jagamiseks. Detailsustase näitab detailsustaset, samas arengutase rõhutab BIM-i arengut. Sageli kasutatud vahe-eesmärkidega klassifikatsioon hõlmab viit detailsustaset: LoD 100, LoD 200, LoD 300, LoD 400, LoD 500, kus arv viitab detailsustasemele. Sadades kasutatakse numbreid seepärast, et kasutajad saaksid määratleda vahepealseid detailsustasemeid. Siin saab ära kasutada selliseid nimesid nagu LoD 250.

Riiklik BIM-i juhend NATSPEC (koostatud Austraalias) on dokumentide kogum, mida saab kasutada BIM-i rakendamiseks projekti puhul ja mis annab LOD tähendusest graafilise selgituse. Paljudes teistes riikides on loodud sarnane klassifikatsioon.

LOD 100 Kontseptsioon	LOD 200 Ligikaudne geometria	LOD 300 Täpne geometria	LOD 400 Tootmine	LOD 500 Teostus
				
Mudeli element võib olla kujutatud modelis graafilise sümboli või muu üldise kujutisega , kuid see ei vasta LOD 200 nõuetele. Mudeli elemendiga seotud informatsiooni (st maksumus ruutmeetri kohta jne) saab tuletada teistest mudeli elementidest.	Mudeli element on kujutatud modelis graafiliselt üldise süsteemi, objekti või komplektina koos ligikaudse koguse, suuruse, kuju, asukoha ja suunaga. Mudeli elemendile võib lisada mittegeomeetrilist informatsiooni.	Mudeli element on kujutatud modelis graafiliselt konkreetselt süsteemi, objekti või komplektina koos täpse koguse, suuruse, kuju, asukoha ja suunaga. Mudeli elemendile võib lisada mittegeomeetrilist informatsiooni.	Mudeli element on kujutatud modelis graafiliselt konkreetselt süsteemi, objekti või komplektina koos täpse koguse, suuruse, kuju, asukoha ja suunaga ning detaile, tootjate, komplekteerimise ja paigalduse informatsiooniga. Mudeli elemendile võib lisada mittegeomeetrilist informatsiooni.	Paigalduse täpsusega ja kontrollitud mudeli element, mille suurus, kuju, asukoht, kogus ja suund vastavad teostusele. Mudeli elemendile võib lisada mittegeomeetrilist informatsiooni.

LOD tabel: ehitusvaldkonna erinevad detailsustasemed erinevates riikides

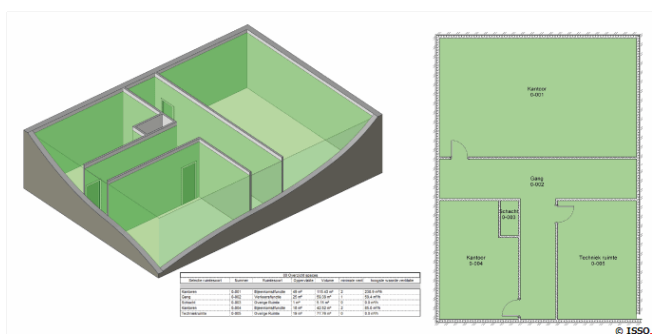
Holland (tavapärane)	RIBA	Taani	USA (AIA)	CityGML	NEN 2699	NEN 2574
Nõuete programm	Staadium 1	Tase 0	-	LoD 0/1	Tase 1, 2, 3	Staadium 1, 2 ja 3 (algatus, teostatavusuuringud ja projekti määratlemine)
Eskiisprojekt/ehituslik kavandamine	Staadium 2	Tase 1	LoD 100	LoD 2	Tase 3, 4	Staadium 4 (ehituslik kavandamine)
Eelprojekt	Staadium 3	Tase 2	LoD 200	LoD 3	Tase 4, 5	Staadium 5 (eelprojekt)
Tööprojekt	Staadium 4	Tase 3	LoD 250/300	LoD 4	Tase 4, 5	Staadium 6 (tööprojekt)
Leping	Staadium 4	Tase 4	LoD 350/400	LoD 4	Tase 5, 6	Staadium 7 (leping)
Tööde ettevalmistus	Staadium 5	Tase 5	LoD 400/450	-	-	Staadium 9 (tööde ettevalmistus)

Realiseerimine	Staadium 5	Tase 6	LoD 400/450	-	Tase 5, 6	Staadium 10 (realiseerimine)
						Staadium 11 (projekti üleandmine)
Teostus	Staadium 6	-	LoD 500	-	-	-
Kasutamine	Staadium 7	-	-	-	-	-
Lammutamine	-	-	-	-	-	-

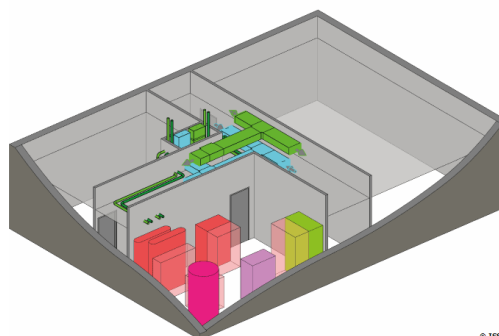
Vahe-eesmärkide kasutamist teatud ehitusstaadiumites arutatakse eelnevalt ehitusmeeskonna poolt ja märgitakse projekti koostööplaani. Samas ei pea kõigi valdkondade tegevus toimima teatud ajahetkel samal detailsustasemel. See oleneb partnerite vahel tehtud kokkulepetest ning mõistagi peavad kõik kindlal ajal erialatööd tegeva BIM-i meeskonna liikmed seda teadma.

Lisaks on võimalik kasutada BIM-i projektis vahe-eesmärke tööde etappideks jagamiseks. Praegune ehitus- ja oskustöölise valdkond ei kasuta (veel) tööde etappideks jagamist detailsustasemel. Joonisel on esitatud detailne tehnosüsteemi näide

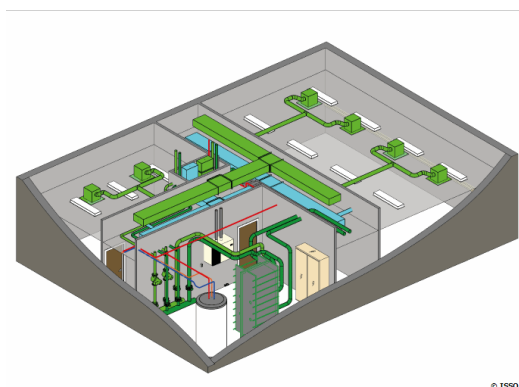
Detailsustaseme/arengutaseme näide



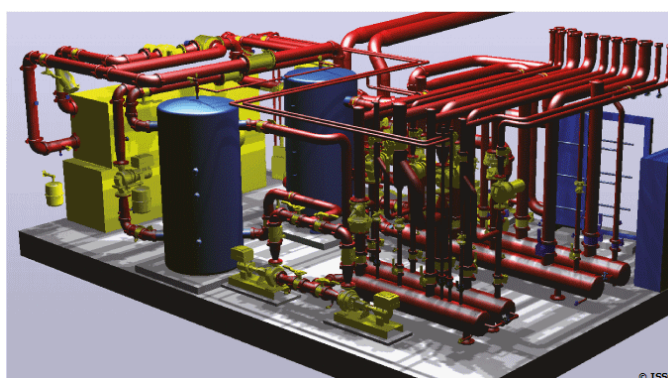
A.1 näide LoD 100 [15]



A.2 näide LoD 200 [15]



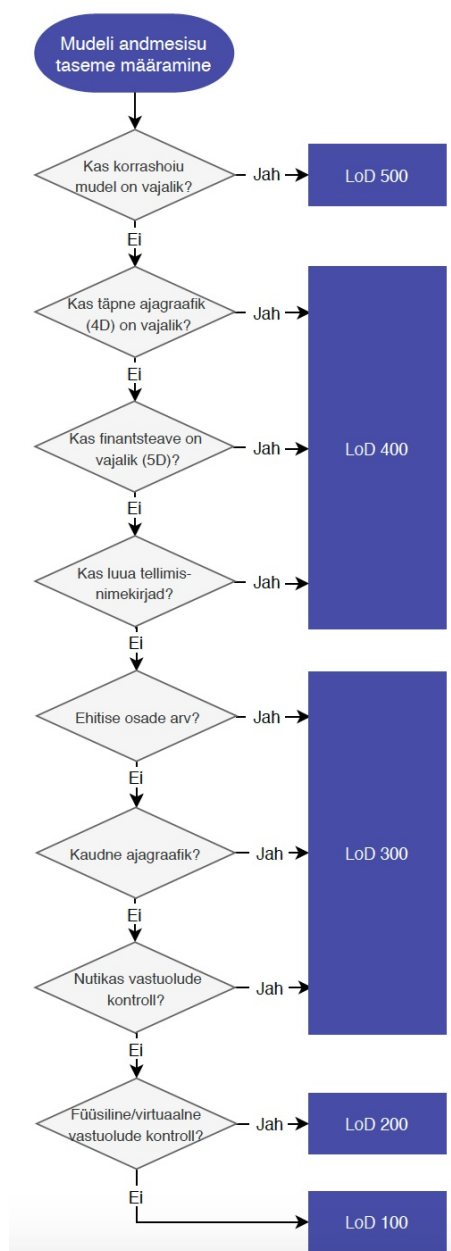
A.3 näide LoD 300 [15]



A.4 näide LoD 400 [16]

Klient või teised BIM-i partnerid võivad vajada teatud väljundit. See võib olla halduse ja hoolduse infomudel või tarnijalt tellitavate materjalide tellimisnimekirjad. Lisaks võib see olla eelarve planeerimine või selgus. Selleks peab infomudel olema minimaalse detailsustasemega. Soovitud detailsustaseme saavutamiseks on järgmisel joonisel näidatud vooskeem. Seega on konsultandil või paigaldajal tööriist soovitud väljundi ja sellele vastava detailsustaseme määramiseks koos klientide või teiste osapooltega.

Järgmine vooskeem selgitab, kuidas valida õiget detailsustaset:

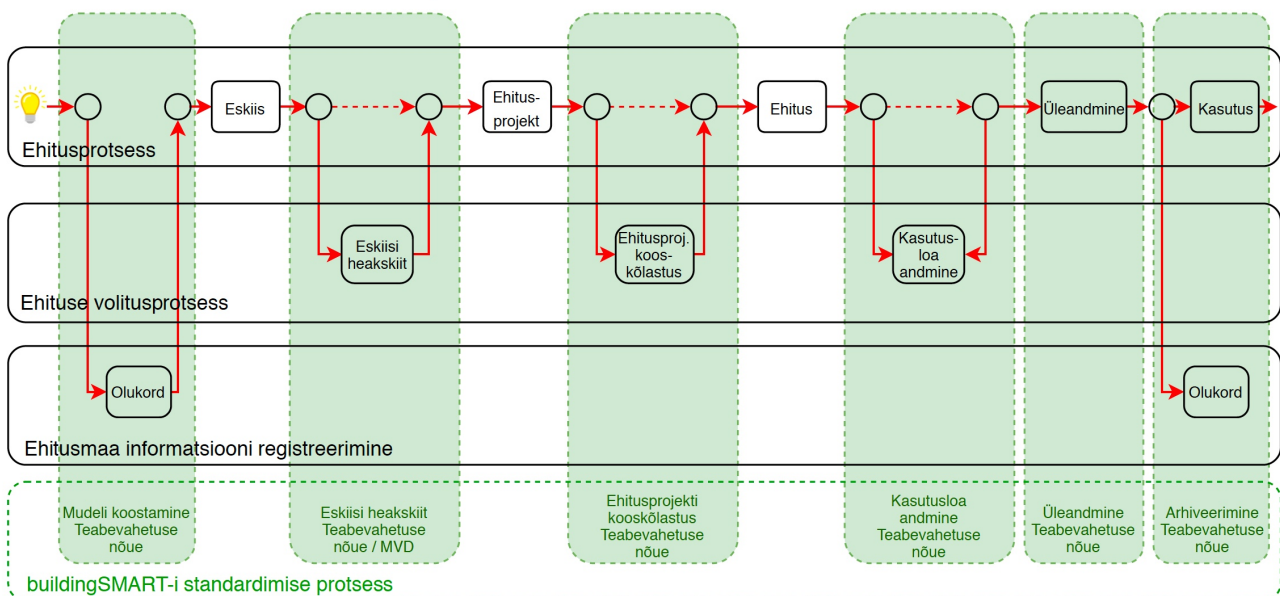


3. Moodul 3 – hangete haldamise rakendamine

3.1 Kvaliteetsed pakkumised ja lepingud, garantiid ja muutuste juhtimine

BIM-i pakkumises tagab kasutamise nõue kõrge kvaliteedi ja garanteerib tulemused energiatõhususe osas nii uute, kui ka olemasolevate ehitiste puhul. Võrreldes tavapärase ehitusprotsessidega tutvustab BIM erinevaid kontrollimeetmeid, mis on kasulikud energiatõhususe eesmärkide saavutamise kontrolli all hoidmiseks. Klientidel ja tellijatel on oluline mõista, et BIM-i protsessi põhieelis on võimalus teha koostööd kõigi osapooltega, leidmaks parim ühine lahendus virtuaalmaailmas olles. Erinevad kontrollid ehitise projekteerimise käigus ja sellest tulenevalt ehitusstaadiumites hoiavad protsessi õigel teel ilma arusaamatuste, suuremate muudatuste ja võimalike pretensioonideta.

Üldine kehtestatud ehitusloa protsess



Ülaltoodud skeemi kohaselt on eelprojekti käigus oluline määratleda parimad lahendused objekti informatsiooni põhjal. Kliimavööndit ja teiste ehitiste olemasolu, mis võivad mõjutada soojustust või tekitada varje fotogalvaanilistele või päikesepaneelidele, tuleb hoolikalt analüüsida, et leida parim lahendus. Projekti kontseptsiooni kontroll tagab vastavuse riiklikest ja kohalikest seadustest tulenevatele põhinõuetele. BIM-i mudeli kasutamine lihtsustab analüüsi mitteasjatundjate poolt ja võimaldab erinevate lahenduste uurimist enne kokkulepitut tehnilise lahenduse määratlemist.

Enne ehitusstaadiumi algust saab BIM-i 4D, 5D ja 6D tööriistadega hinnata aja ja kulude juhtimist, et tagada kavandatud tööde valmimine õigeaegselt ettenähtud kuludega ja kavandatud energiatõhususega.

Ehitusstaadiumis peab kontrollija veenduma, et BIM-i mudel oleks täpne koopia päris mudelist, mida kasutatakse hoone halduseks pärast tellijatele üleandmist.

Ettenähtud eesmärkide saavutamiseks tuleb pakkumist korrektselt hallata. Järgnevalt on määratletud mõned üldpõhimõtted.

Kõik osapooled peavad alati tegutsema vastavalt järgmistele standarditele:

- ✓ ausus ja õiglus: osapooled teostavad kõik hankeprotseduurid ja käituvad kõigis ärisuhetes ausalt ja õiglaselt ja väldivad teguviise, mis annavad ühele osapoolele teise ees ebaõiglase eelise;
- ✓ vastutus ja läbipaistvus: hankeprotseduuride võitjate väljaselgitamise protsess on avatud, selge ja põhjendatav ning ükski pool ei tohi sõlmida salakokkuleppeid, maksta salajast vahendustasuga ega rakendada muid konkurentsi takistavaid meetmeid;
- ✓ huvide konflikti puudumine: huvide konfliktiga pool avaldab konflikti ja püüab selle lahendada kohe, sellest teada saades;
- ✓ õiguspärasus: pooled järgivad kõiki õigusaktide nõudeid;
- ✓ konkurentsi pärssiva tegevuse vältimine: pooled väldivad konkurentsi pärssivat tegevust;
- ✓ kavatsus koostööd jätkata: osapooled ei tohi püüda esitada pakkumist, kui neil ei ole kindlat kavatsust asuda lepingut täitma;
- ✓ koostöö: osapooled hoiavad alal omavahelist avatud ja tõhusal suhtlusel, lugupidamisel ja usaldusel põhinevat ärisuhet ja püüavad vaidluste lahendamisel vältida vastasseise.



Lae alla pakkumismenetluste ja lepingute haldamise parimate praktikate juhend

Rahvusvaheliste ehitusprojektide korral on tellijatel tavaks nõuda garantiisid, mis tagavad töövõtja kohustuste täitmise. Kõige sagedamini antakse garantiisid järgmistes vormides:

- **Pakkumisvõlakiri** väljastatakse tellija nimele, et tagada töövõtja/pakkuja kohustuste täitmine pakkumiste esitamise faasis või hiljem. Pakkumisvõlakiri tagab eelkõige, et (i) töövõtja ei võta oma pakkumist tagasi enne tellija poolt määratud pakkumiste vastuvõtmise perioodi lõppu või (ii) töövõtja täidab pakkumisprotsessi võitjaks osutumise korral kohustuse sõlmida leping või (iii) töövõtja esitab garantiid, mille esitamiseks ta on pärast hankeprotseduuride võitmist lepinguliselt kohustatud (näiteks täitmisgarantii esitamine).
- **Ettemaksugarantii** antakse kõigi töövõtjale enne tööde alustamist tasutud summade tööde lõpetamise ajaks tagasi tellijale tagasi maksmise tagamiseks. Tellija maksab töövõtjale tavaliselt (pärast lepingu allkirjastamist) ette summa, mis moodustab umbes 10% lepingu kogusummast. Töövõtja kasutab ettemakset hanke- ja/või mobiliseerimisprotsessi alustamiseks.
- Tavaliselt makstakse ettemakse tellijale projekti elluviimise käigus tagasi tellijapoolsetest vahemaksetest mahaarvamise teel. Kui ettemakset tagasi ei maksta (näiteks lepingu enneaegse lõpetamise tõttu), kasutab tellija tasumata ettemakse summa tagasi saamiseks ettemaksugarantiid.
- **Täitmisgarantii** on garantii, mis kindlustab tellija juhuks, kui töövõtja ei teosta (või ei teosta nõuetekohaselt ja/või õigeaegselt) lepinguga sätestatud töid. Kui töövõtja rikub mõnd konkreetset kohustust, on tellijal juhul, kui rikkust ei kõrvaldata või ei saa kõrvaldada, täitmisgarantii (mitmesugustest asjaoludest sõltuvalt tervikuna või osaliselt) sisse nõuda.

- **Garantiitagatis** kaitseb tellijat töövõtja poolse lepingu alusel teostatud tööde garantiiajal tekkivate töödega seotud defektide kõrvaldamata jätmise korral.
- Kui töövõtja ei paranda garantiiajal defekte või ei täida oma garantiikohustust õigeaegselt, on tellijal õigus sisse nõuda garantiitagatis.

Ehituslepingutes kasutatakse peamiselt kahte suurde kategooriasse jagunevaid tagatisi. Need on (A) kohustuste mittetäitmise tagatis ja (B) nõudmisel tagatis. Nagu nimedest ilmneb, rakendatakse neid erinevalt:

- **kohustuste mittetäitmise tagatist** nimetatakse ka „tingimisi tagatiseks“ ja väga üldistatult kirjeldades makstakse see välja siis, kui tellija on tõestanud töövõtja poolset tegelikku lepingutingimuste rikkumist. Tagaja võib omakorda ehituslepingu alusel tellija vastu esitada kõiki vastuväiteid, mille esitamise õigus oleks töövõtjal;
- **nõudmisel tagatis** on aga sissenõutav lihtsalt tellija nõudmisel, kes ei pea tõestama töövõtja poolset rikkumist. Tagaja ja töövõtja ei saa esitada nõudmisel tagatise vastu (tagatise väljastamise aluseks oleva lepingu alusel) vastuväiteid (ehkki tagatis ei ole teatud juhtudel välja makstav, näiteks juhul, kui tagatise tellijapoolse väljanõudmise näol on tegemist pettusega).

Selleks, et selgitada välja, kas garantiid nõutakse nõudmisel tagatise kujul, võib hoolikalt analüüsida tagatise ja selle väljastamise aluseks oleva lepingu vahelist suhet. Kui tagatis on suuresti lepingust sõltumatu, nõutakse tõenäoliselt nõudmisel tagatise esitamist.

Töövõtjalt nõutavate tagatiste tüübid ja summad on tavaliselt välja toodud hankedokumentides ja ehituslepingus.

Kasutatud sõnastusel on äärmiselt tähtis roll ja vähemalt lepingus peaks kindlasti olema tagatise üksikasjalikult kirjeldatud, näiteks peaks leping täpsustama, missuguste asjaolude korral ja missugustel tingimustel võib tellija iga konkreetse tagatise sisse nõuda. Nii saab ära hoida suurema osa tavaliselt tagatiste tellija poolse sissenõudmisega kaasnevatest vaidlustest.

Tingimused on tavaliselt välja toodud tagatiskirjas endas ning võib juhtuda, et tagatist ja ehituslepingut reguleerivad erinevad seadused. See võib eelkõige ette tulla juhul, kui tagatise väljastab rahvusvaheline pank või käendusettevõtte.

Kui tagatist reguleeriv õigus ei ole sõnaselgelt välja toodud, reguleerib seda tavaliselt tagatise väljastanud tagaja asukohariigi õigus. Soovituslik on siiski kontrollida, kas reguleeriv õigus on sõnaselgelt tagatises välja toodud, ja küsida nõu kohalikult nõustajalt.

3.2 Keskkonnahoidlikud riigihanked

Projekteerijad ja ehitajad, kes soovivad suurendada ehitise energiatõhusust, peavad vaatama kõigi ehitises kasutatavate elementide kogu elukaart. Näiteks puidu mõju on betooniga võrreldes väiksem, eriti kui puit pärineb kohalikest metsadest. Kaugelt pärinevate toodete asemel tuleb eelistada kohalikke tooteid jne. Keskkonnahoidlikud riigihanked kohustavad riiklikke haldusorganeid arvestama avalikes pakkumistes keskkonnasõbralike toodete kasutamisega. See on põhjus, miks spetsialistid peavad tundma keskkonnahoidlike riigihangete direktiivi ning arvestama projekteerimisel toodete kogumõjuga, mitte üksnes hindama energiatarbimist ehitise kasutamise ajal. BIM võimaldab kasutada BIM-i objekti, mis võib sisaldada teavet ka keskkonnamõju kohta, et lihtsustada toote valimist, mida saab kasutada kõigil asjaoludel. Need võivad muutuda ühest kohast teise kohalike toodete eelistusvajaduse tõttu. Tänapäeval arendatakse ja populariseeritakse igas riigis kohalikke tooteid, nagu puuvill, põllumajandusliku tootmise kõrvaltooted jne, eriti soojustuse puhul. Projekteerijad ja ehitajad peavad valima hoolikalt, millist toodet kasutada.

Keskkonnasõbralik riigihange (GPP) on tähtis tööriist kliimamuutuste, ressursside kasutamise ja tootmisega seotud keskkonnapoliitika alaste eesmärkide saavutamiseks – eriti võttes arvesse Euroopa avaliku sektori kulutusi kaupadele ja teenustele. Avaliku sektori hoonetele kehtivad minimaalsed energiatõhususe alased nõuded, mis on riiklikul tasandil sätestatud ühtse ELi metodoloogia alusel. Alates 1. jaanuarist 2019. a peavad kõik avaliku sektori asutuste poolt kasutatavad ja neile kuuluvad hooned olema „liginullenergiahooned“ (direktiiv 2010/31/EL hoonete energiatõhususe kohta, uuesti sõnastatud). Energiatõhususe direktiiviga sätestatakse ka kohustuslikud nõuded avaliku sektori käsutuses olevate hoonete renoveerimisele ja minimaalsed energiatõhususe alased nõuded uutele rendipindadele.

Keskkonnasõbraliku hanke aluseks on saasteennetuse alased põhimõtted ja tegevused. Seda nimetatakse ka roheliseks või keskkonnasõbralikuks ostmiseks ning see seisneb toote, teenuse või lepingu hinna, tehnoloogia, kvaliteedi ja keskkonnamõju hindamises. Keskkonnasõbraliku hanke eeskirjad kehtivad kõigile organisatsioonidele sõltumata nende suurusest. Lihtsad keskkonnasõbraliku hanke programmid võivad seisneda taastuenergia või taaskasutusse võetud kontoripaberi kasutamises, keerukamad programmid võivad hõlmata nõuete seadmist tarnijatele ja töövõtjatele.

Keskkonnasõbralikele toodetele ja teenustele kulub vähem ressursse, need on välja töötatud nii, et need kestaksid kauem ja mõjutaksid oma elukaare lõikes keskkonda võimalikult vähe. Lisaks on „rohelistel“ toodetel ja teenustel väiksem mõju inimestevisele ja need võivad vastata kõrgematele ohutuslastele standarditele. Ehkki mõnede „roheliste“ toodete või teenuste eest tuleb esialgu maksta rohkem, võimaldavad need toote või teenuse elukaare jooksul raha säästa.

Enne keskkonnasõbraliku hanke programmi rakendamist tuleb üle vaadata kehtivad ostupraktikad ja -eeskirjad ning neid hinnata. Hinnata tuleb toodete ja teenuste keskkonnamõju nende elukaare lõikes ja välja töötada tuleb keskkonnasäästu alased kriteeriumid, mille alusel hakatakse tegema otsuseid ostude sooritamiseks ja lepingute sõlmimiseks. Kirjeldatu tulemuseks on regulaarselt uuendatav keskkonnasõbralik ostupoliitika, mis on integreeritud organisatsiooni teiste plaanide, programmide ja poliitikatega. Keskkonnasõbralik ostupoliitika hõlmab ajatempliga prioriteete ja eesmarke, kohustuste ja vastutuste jagamist ja kommunikatsiooni ning propageerimise kava.

Keskkonnasõbralikud hankepoliitikad ja -programmid võivad vähendada kulusid ja jäätmeid, suurendada ressursitõhusust ja mõjutada tootmist, turge, hindu, kasutatavaid teenuseid ja organisatsiooni käitumist. Riikidel võib neist abi olla ka mitmepoolsete kokkulepete, nt Kyoto protokoll ja Rotterdami konventsiooni nõuete täitmisel. Keskkonnasõbraliku hanke programme on koostanud Rahvusvaheline Standardiorganisatsioon ja teised organid.

BIM 5D kasutamine koos sobiva LOD-ga vähendab jäätmeid, kuna kõiki ehituses kasutatavaid tooteid on õigesti hinnatud.

Võimalik on alla laadida Euroopa Komisjoni poolt 2016. aastal välja antud keskkonnahoidlike riigihangete käsiraamat järgmiselt [lingilt](#).

Keskkonnasõbraliku hankeprogrammi rakendamist võivad takistada näiteks kättesaadavate keskkonnasõbralike toodete vähesus, keskkonnasõbralike alternatiivide kulukus või puudumine, ebatäpsed uuringud, korraldusliku toetuse puudumine ja tootjate ja tarnijate ebatäpsed või tõendamata keskkonnaalased seisukohad.

BIM-i tootekataloogi kasutamine koos sertifikaadiga toodetega muudab andmed usaldusväärsemaks. Vabatahtliku keskkonnasõbraliku toote sertifikaadi kasutamine võib soodustada ehtsate keskkonnasõbralike toodete levikut.

Õigusaktid, organisatsiooni poliitikad, direktiivid, keskkonnajuhtimissüsteemid ja mitmepoolsed kokkulepped kohustavad sageli organisatsioone keskkonnasõbralikke hankeprogramme rakendama.

Toodete ja protsesside väljatöötamist mõjutavad oluliselt standardid ja paljud standardid hõlmavad keskkonnasõbralikke omadusi, näiteks materjalikasutuse, vastupidavuse või energia- või veekulu osas. Seesuguseid

keskkonnasõbralikke omadusi hõlmavaid tehnilisi standardeid võib nimetada otse toote tehnilises kirjelduses, mis aitab selgelt määratleda vastava temaatika. Hankealastes direktiivides viidatakse ühe tehniliste andmete määratlemise viisina Euroopa Liidu, rahvusvahelistele ja riiklikele standarditele ja mitmesugustele tehnilistele võrdlussüsteemidele.

Standardile viitamise korral tuleb sellele lisada sõnad „või muu samaväärne“. See tähendab, et aktsepteerida tuleb samaväärsele standardile vastamist kinnitavaid tõendeid. Seesugused tõendid võivad olla esitatud testi aruande või vastavust hindava organi väljastatud sertifikaadi kujul. Kui pakkujal ei õnnestu temast sõltumatutel põhjustel ettenähtud aja jooksul saada tõendmaterjali kolmandalt isikult, võib ta samuti kasutada tootja tehnilist toimikut. Sel juhul peab hankija otsustama, kas seeläbi on tagatud nõuetele vastavus.

Sektori keskkonnanalase, majandusliku ja sotsiaalse tähtsuse tõttu on paljud avaliku sektori asutused pühendunud säästlikuma ehitamise suunas liikumisele. Kõige suuremad keskkonnamõjud on seotud hoonete kasutamise ja eelkõige energiakuluga. Tähtsad tegurid, mida tuleb silmas pidada, on ka ehitustöös kasutatavad materjalid, hoonesisese õhu kvaliteet, veekulu, mõjud liiklusele või maakasutusele ja ehitustööde käigus tekkivad jäätmed.

Maailma Terviseorganisatsioon (WHO) on öelnud järgmist.

Meie hingatavat õhku võivad saastada mootorsõidukite heitgaasid, tööstus, kütteallikad ja kaubanduslikud allikad (välitingimustes) ning lisaks tubakasuits ja majapidamises siseruumides kasutatavad kütused.

- Üksnes WHO Euroopa piirkonnas lühendab kokkupuude tahkete osakestega iga inimese eeldatavat eluiga keskmiselt umbes ühe aasta võrra, enamasti südame-veresoonkonna ja hingamisteede haiguste ning kopsuvähi suurenenud ohu tõttu.
- Lisaks näitas hiljutine uuring, mis hõlmas andmeid 25 Euroopa Liidu linna kohta, et eeldatavat eluiga saaks pikendada kõige enam saastatud linnades kuni umbes 22 kuu võrra, kui pikaajalist kokkupuudet tahkete osade kontsentratsiooniga PM2.5 vähendatakse WHO suunistes ettenähtud aastasele tasemele.
- 33 Euroopa riigi 357 linna hõlmavast WHO keskkonna- ja tervisealasest teabesüsteemist Environment and Health Information System (ENHIS) saadud andmed näitavad, et 2009. aastal puutus ligi 83% nende linnade elanikkonnast kokku PM10-osakeste saastatuse tasemega, mis ületab WHO suunistes ettenähtud taset. Kuigi see osakaal oli endiselt kõrge, näitab see eelnevate aastatega võrreldes paranemismärke, kuna keskmised PM10-osakeste tasemed langesid viimase 10 aasta jooksul aeglaselt enamikus riikides.
- Umbes 40 miljonit inimest 115 suurimas Euroopa Liidu linnas puutuvad kokku õhuga, mis ületab WHO õhukvaliteedi suunistes esitatud väärtusi vähemalt ühe saasteaine puhul. Suure liikluskooormusega teede ääres elavatel lastel on kaks korda suurem oht haigestuda hingamisteede haigustesse kui neil, kes elavad väiksema liiklusega tänavatel.
- Õhusaaste kaudsed mõjud, nagu kliimamuutus, on muutumas üha silmnähtavamaks. Transport on kõige kiiremini kasvav fossiilkütuste heitmete (süsihappegaasi) allikas ja suurim kliimamuutusi põhjustav tegur.
- Osoonisaaste põhjustab hingamisraskusi, astma sümptomeid, kopsu- ja südamehaigusi ning on statistika kohaselt piirkonnas seotud umbes 21 000 enneaegse lapse surmaga aastas.
- Siseruumide õhus olevatest bioloogilistest teguritest tingitud õhusaaste, mis on seotud niiskuse ja hallitusega, suurendab hingamisteede haiguste ohtu lastel ja täiskasvanutel 50% võrra.
- Passiivne suitsetamine põhjustab lastel hingamisteedega seotud raskeid tervisehädaasid, nagu astma ja vähendatud kopsutalitlus. Lisaks põhjustab see täiskasvanutel kopsuhaigusi, südame-veresoonkonna haigusi, vähki ja enneaegset surma.

Hooned on väga keerulised süsteemid, mis koosnevad arvukatest komponentidest, mis kõik mõjutavad rajatise üldist töökindlust. Keskkonnasõbraliku hanke programmide abil püütakse tavaliselt muuta nii hoone üldist keskkonnamõju kui

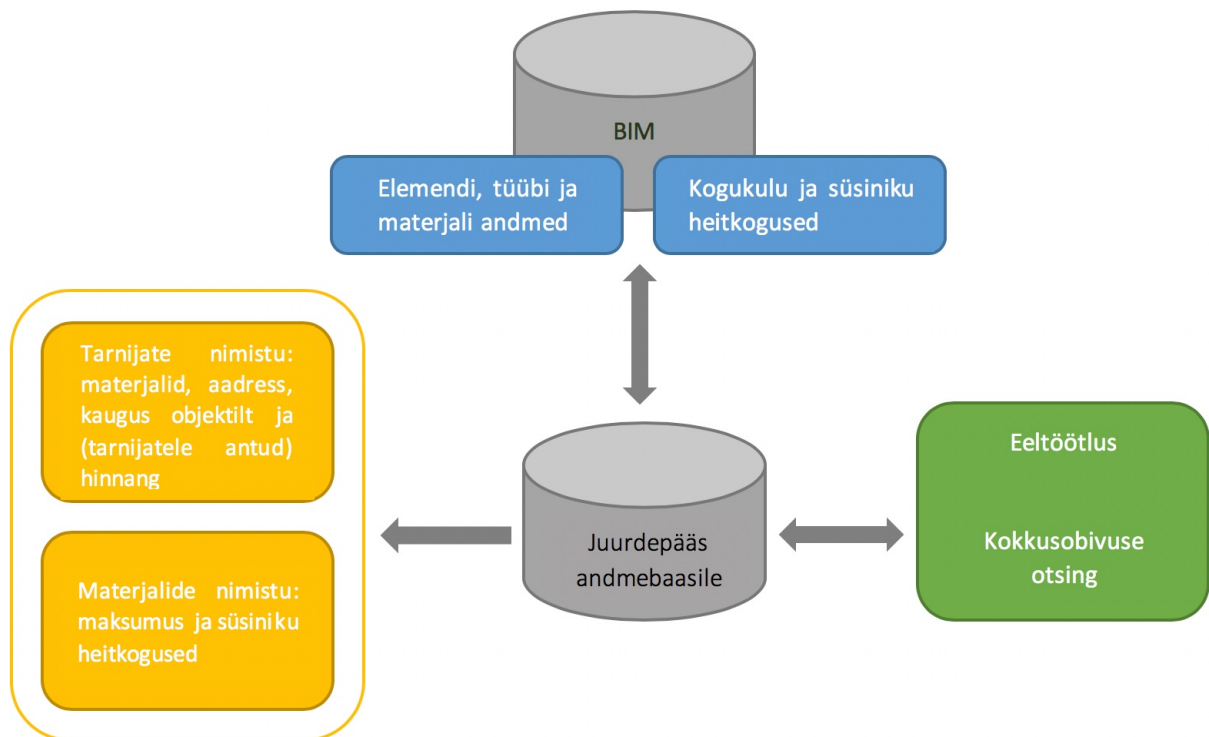
üksikute komponentide keskkonda mõjutavaid omadusi. Kõikehõlmava pildi saamiseks võib olla palju kasu spetsiifilise keskkonnamõju hindamise töövahendi kasutamisest.

ELi keskkonnasõbraliku hanke programmidele kehtestatud kriteeriumid on konkreetselt seotud kontorihoonetega (täiendavaid kriteeriumeid on kehtestatud hoonete komponentidele, näiteks sisustusele) ja hõlmavad järgmisi aspekte:

- ✓ Hõlmata projektijuhtide, arhitektide ja inseneride valimise kriteeriumite sekka säästlike hoonete projekteerimise kogemus ja töövõtjate valimise kriteeriumite sekka tõhustatud ehitusprojektide ja tehniliste andmete rakendamise kogemus.
- ✓ Täpsustada minimaalsed energiatõhususe alased standardid, mis peavad olema rangemad ehitiste energiatõhususe direktiiviga sätestatust.
- ✓ Hõlmata kõikidesse hankeprotsessi etappidesse meetmed töökindluse suurendamiseks ja tagamiseks. Kaaluda hankekonkursside võitjate valimisel lisapunktide andmist miinimumnõuetest suurema keskkonnasõbralikkuse eest.
- ✓ Hõlmata materjalide valimisse kriteeriumid nende keskkonnamõjude ja ressursikulu vähendamiseks (need võivad põhineda tervele elukaarele antud hinnangul).
- ✓ Eelistada ehitusprojekte, mis hõlmavad väga tõhusaid või taastuvenergiapõhiseid süsteeme.
- ✓ Väärtustada siseruumide õhukvaliteeti, loomulikku valgust, mugavat töötemperatuuri ja piisavat ventilatsiooni.
- ✓ Nõuda veesäästlike sanitaarseadmete kasutamist (kraanidele, tualetipottidele ja pissuaaridele kehtivad eraldi keskkonnasõbraliku hanke tingimused).
- ✓ Paigaldada füüsilised ja elektroonilised süsteemid, mis aitavad vähendada hoonete haldurite ja kasutajate energiakulu, veekulu ja jäätmete teket.
- ✓ Lisada lepingutesse energiasäästlike süsteemide, jäätmekäitluse ja materjalide haldamise ning siseruumide õhukvaliteedi hindamisega seotud sätted.
- ✓ Kohustada töövõtjad lepinguliselt õpetama hoonete kasutajatele säästlikku energiakasutust ja pikemaajaliste kohustuste korral mitu aastat pärast ehitustööde lõpetamist energiatõhusust jälgima ja haldama.

3.3 Materjalide ja toodete valimine BIM-iga

Materjalide ja toodete valimine on delikaatne protsess, mis sõltub tavaliselt mitmetest hinna või keskkonnaga seotud teguritest. See protsess muutub keerulisemaks, kui projekteerijad saavad valida mitmete erinevate ehitise elementide materjalide vahel ja iga kõiki variante pakuvad erinevad tarnijad, kelle valimise kriteeriumid võivad mõjutada projekti eelarvet ja vastavus keskkonnakaitse alastele nõuetele.



Aastate jooksul on hakatud aina enam aru saama vajadusest projekteerida ehitisi, mis on nii kulutõhusad kui keskkonnasõbralikud. Seesuguste ehitusprojektide keskkonnamõjude seas on keskkonda eralduva süsinikdioksiidi koguse ja hoone rajamiseks kuluva summaarse energiakoguse vähenemine ja siseruumide õhukvaliteedi paranemine. Projektile seatud eesmärkide täitmiseks seisavad projekteerijad tavaliselt silmitsi väljakutsega valida erinevate variantide ja alternatiivide seast kõige sobivamad materjalid ja tooted.

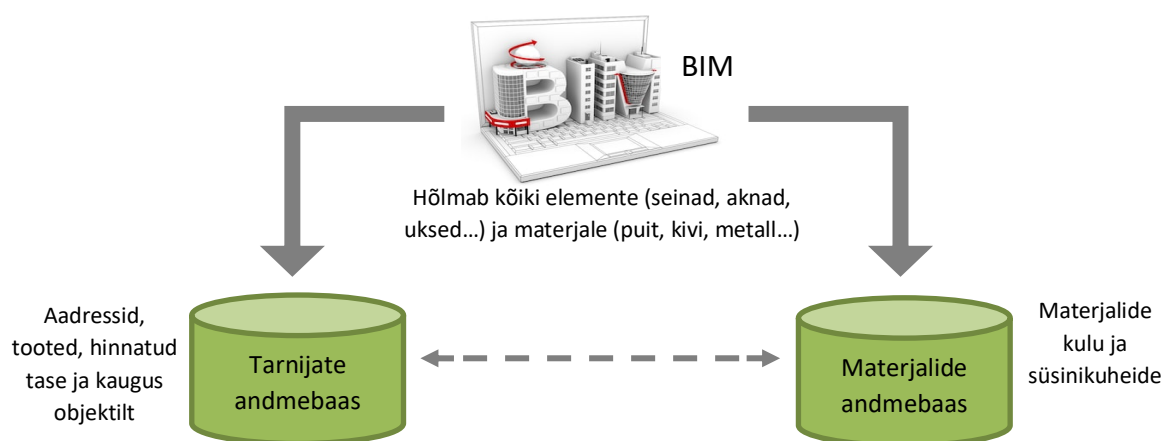
See otsus muutub keerulisemaks, kui iga variandi tarnib erinev tarnija. Lisaks võib iga konkreetse tarnija tase mõjutada erinevalt projektimeeskonna eelarvet ja keskkonnamõjudele vastavaust, näiteks hinna, materjalide ja teenuse kvaliteedi osas. Ehitusmaterjalid moodustavad teadaolevalt umbes 50% ehitustööde kogukulust. Uuringud on ka näidanud, et tarnija valimise kriteeriumitel on sellele kulule suur mõju. Samalaadne olukord esineb loodussõbralike ehitusprojektide loomisel, mille puhul on tähtsad ka näiteks lähedus objektile ja säästlikud materjalid. Siiski ei ole tehtud eriti palju tööd selleks, et selgitada välja nende kriteeriumide tähtsus materjalide valimisel otsuste tegemisel. Uuringud on ka näidanud, et tarnijat kaasamata ei pruugi otsustamisprotsessis optimaalne olla.

Tarnija valimise uurimine on arenenud ainult hinnakriteeriumi kasutamisest mitme kriteeriumiga probleemiks. Kõik kriteeriumid võivad sõltuvalt nende tähtsusest projekteerija jaoks avaldada mõju projekti eelarvele ja keskkonnamõjudele. Näiteks kui projekteerijale on tähtis materjali kvaliteet, on materjali ja projekti kulud suuremad, ja kui tarnija valitakse madalate kulude tõttu, võivad jääda mitterahuldavale tasemele muud kriteeriumid, näiteks materjali kvaliteet, kaugus ja keskkonnamõjud. Viimased võib mõjutada projekti summaarset süsiniku heitkogust ja transpordikulusid.

Hankijad peavad tarnijate andmebaasi, kelle tõhusust on teatud perioodi jooksul hinnatud. Kõige paremini sobiv tarnija valitakse tavaliselt nende kriteeriumite ja tegurite hindamise teel, mille eraldiseisvatel osakaaludel võib olla mõju iga variandi kasutamise hinnale ja keskkonnamõjudele.

Toote valimisel tuleks arvesse võtta ka selle kasutusaja lõpuga seonduvaid kulusid. BIMi mudeli andmebaasi tuleks tähelepanelikult lisada taaskasutusse võtmise või ümbertöötlemise maksumus nii, et hooldustehnikud saaksid seda teavet kasutada seadmete või materjalide kõrvale jätmisel.

Alltoodud joonisel on toodud ülevaade informatsiooni voost mitmesuguste kirjeldatud raamistikku kuuluvate rakenduste vahel:

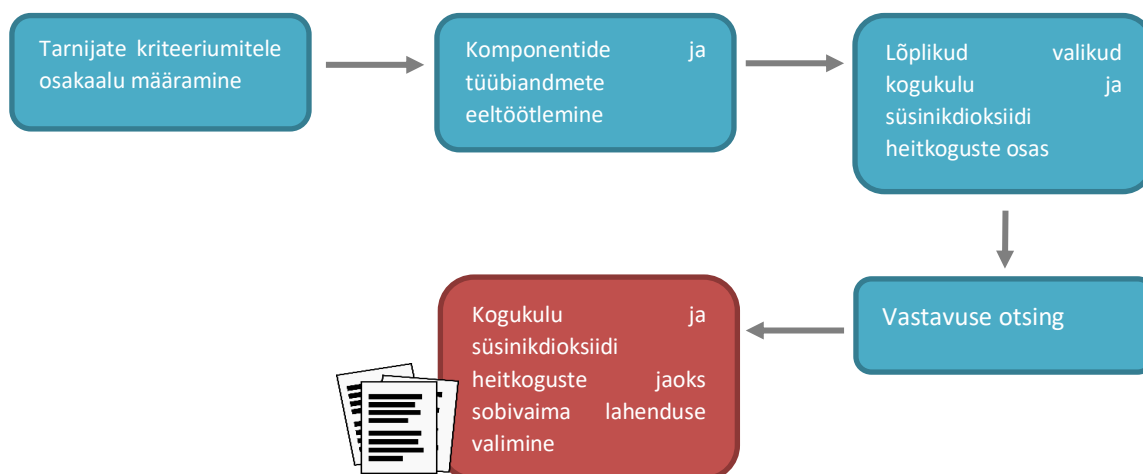


Alljärgnevalt selgitatakse mudeli etappe ja selles esinevate rakenduste rolle:

1. **Etapp 1 – BIMi mudel, ehitise elementide määratlused ja omadused:** selles etapis määratletakse ehitise elemendid ja materjalide alusel kõigi elementide tüübid. Teiste selles etapis määratletavate omaduste seas on iga materjali puhul kasutatavad alternatiivid, simulatsiooni lisatavad elemendid ja analüüsitavad elemendid. Iga BIMi tööriist võib võimaldada elemendi ja materjali määratlemist projektimudelites. Mõnede arhitektuuriliste projektide korral saab pärast ehitise elementide määratlemist elemendi omaduste raames määratleda ka materjalid. Kuna projekteerijale võib huvi pakkuda mitmete materjalide kulu ja süsinikuheide kokku, võib elemendi omaduste alla eraldi parameetritena lisada alternatiivsed materjalid. Võib väita, et kohalike ja ümbertöödeldud ehitusmaterjalide kasutamise eelisteks on väiksemad süsiniku heitkogused, tervislikumad ehitised ja lisaks toetatakse kohaliku piirkonna majandust. Tavaliselt antakse projekti asukohast 500 miili raadiusesse jäävate tarnijate materjalivariantidele teistest kõrgem hinne.
2. **Etapp 2 – BIMi ja Microsoft Accessi põhine andmebaas:** materjalide loetelud ja nende kulu, süsinikuheide ja tarnija andmed tuuakse välja Microsoft Accessi andmebaasis kahes eraldi tabelis, ent kasutada võib ka teisi lahendusi. Töövõtjad säilitavad tavaliselt andmeid tarnijate aadressi, nende poolt tarnitavate materjalide ja neile antud hinnangute kohta. Lisaks nimetatud teabele sisaldab tarnijate andmete tabel ka iga tarnija lähedust ehitusobjektile. Läheduse leidmiseks arvutatakse välja autosõidudistants iga tarnija aadressilt ehitusobjektile, milleks kasutatakse veebipõhiseid asukoha määramise süsteeme, näiteks Google Mapsi. Teises tabelis tuuakse välja ehitusmaterjalide loetelu, nende maksumused ja süsinikuheide. Viimase leiab avaldatud materjalidest, näiteks süsinikuheite ja energiakulu aruannetest. Kõnealuse andmebaasi sisu ja etapis 1 määratletud sisendeid kasutatakse sisendina sobiva lahenduse otsingu optimeerimiseks. Oluline on sisendid filtreerida ja korraldada nii,

et neid oleks võimalik kasutada otsingualgoritmis. Selleks võib kasutada pluginaid. Enamik BIMi tarkvaralahendustest on varustatud tarkvaraarendustööriistadega, mis võimaldavad arendajatel integreerida BIMi tööriistad tarkvaraväliste rakendustega. Etapis 1 määratletud ja andmebaasis toodud andmete hankimiseks võib kasutada pluginaid. Pluginad hangivad internetis leiduvatest ressurssidest akende ja uste hinnad. Seoses selle uurimustööga töötati BIMis välja plugin, mis võimaldab hankida hankijate andmebaasidest hankijate andmeid. Kui materjali kasutatakse analüüsis, tuleb see täpsustada materjali omaduste all. Iga materjalialternatiivi kõige sobivama tarnija välja selgitamiseks (tarnijate tabeli alusel) on tähtis tarnijaid hinnata ja neile hindad anda. Selleks on välja töötatud rida kriteeriume, mida saab kasutada tarnijate võrdlemisel.

3. **Etapp 3 – sobiva lahenduse otsingu optimeerimine:** sobiva lahenduse otsingu kriteeriumite abil.
4. **Etapp 4 – BIMi moodul, sobivaima variandi valimine:** selle BIMi mooduli eesmärk on esitada tipp-projekteerijale erinevad võimalikud projekteerimisvariandid ja nende kulu ja süsinikuheite väärtused. Igas projektivariandis kasutatakse erinevat materjalide kombinatsiooni. Projekteerija saab erinevad kogukulude ja summaarse süsinikuheite variandid visualiseerida. Valitud variant on tavaliselt eelistatud projektivariant. Selleks, et projekteerija saaks aru erinevate iga variandi kaalust tarnija valimise kriteeriumite määramisel, on välja töötatud viis stsenaariumit. Igas stsenaariumis on igale tarnija valimise kriteeriumile määratud erinev osakaal. Selles staadiumis saab peaprojekteerija sõltuvalt projekti eesmärkidest muuta igale kriteeriumile määratud osakaalu.



Kui sobiva variandi otsing on optimeeritud, saab projekteerija valida mitmete kogukulu ja summaarse süsinikuheite variantide seast.



Laadige alla materjalide ja toodete valimiseks kasutatav sobiva lahenduse otsingu mudeli variant

3.4 Energiasäästlikkuse alane koolitus

Arhitektuuri- ja projekteerimisettevõtted peavad BIMi alasest koolitusest rääkides sageli silmas oma ekspertide – igapäevaselt BIMi programme kasutavate inimeste, kelle oskused peavad olema kõrgetasemelised ja kes peavad püsima kursis uusimate arengutega – koolitamist. BIMi alaseid oskusi on vaja ka inseneridel, arhitektidel ja projektijuhtidel, et nad suudaksid ülejäänud projekteerimismeeskonnaga efektiivselt suhelda ja töötada lühikeste tähtaegade korral nende täitmiseks kiirendatud korras. Kuna BIMi kasutavad spetsialistid ja tavakasutajad ei pea läbima sama koolitust, on alljärgnevalt välja toodud kaheksa BIMi alaste koolituste korraldamist puudutavat nõuannet, mida saab kasutada kõigi töötajate asjadega kurssi viimiseks vajaliku programmi koostamiseks. Alljärgnevalt on välja toodud kaheksa nõuannet töötajate BIMi alaseks koolitamiseks:

- Seada selgelt sõnastatud eesmärgid. Igal edukal programmil peavad olema selgelt sõnastatud eesmärgid: kas vajatakse täielikke ekspertteadmisi või vaid üldist arusaama (et projekteerijad teaksid kliendikohtumisel, millest räägivad) või vaheastmel pädevust (et projekteerijad oskaksid mudelit probleemideta kasutada ja ise algtasemel projekteerida ja märkmeid lisada).
- Teemad tuleb valida targalt. Üks kõige raskem väljakutse on see, et materjali on palju ja ettevõtte ei saa kulutada palju aega projektijuhtidele eriti olulistele teemadele, näiteks lepingutele, väljunditele ja BIMi elluviimise kavadele. Ettevõtte peab otsustama, missugused teemad on väga olulised ja missuguste puhul piisab vaid ülevaate andmisest ja töötajate täiendavatele kursustele kutsumisest.
- Kavandada ajakava. Tuleb otsustada, millal koolitused läbi viia, kui pikad ja missugust tüüpi koolitused läbi viia (kursused, e-õppe kursused, töötoad, ümarlauakohtumised...).
- Pikal loengusarjal ei ole tõenäoliselt soovitud mõju (inimesed peavad tõhusalt õppimiseks rohkem ise õppetöös osalema). Seetõttu on soovituslik kasutada vaheldumisi loenguid, arutelusid ja praktilise töö sessioone ning laboritööd, et anda projekteerijatele vajalik praktiline BIMi programmide kasutamise kogemus.
- Kõigi kaasamine: koolitustel osalejad võiksid osaleda nende läbiviimisel. Kui koolitatavatel palutakse teha õppekava puudutavaid ettepanekuid, nad kaasatakse grupivestlustesse ja kõiki julgustatakse küsimusi esitama, tekib koolitajatel tunne, et koolitus on nende kontrolli all, mis suurendab selle efektiivsust. Samuti aitab see inimestele meelde tuletada, miks nad koolitusel osalevad.
- Mõnel osalejatest on varasemad teadmised. Koolitusel osaleb tõenäoliselt õpetatavaga erineval määral varem kokku puutunud inimesi. Eksperdid ja mitteeksperdid tuleks rühmadesse jaotada nii, et esimestel ei hakkaks igav. Kui kõiki tuleb koolitada koos, saab õppekava koostada ekspertide vajadusi arvesse võttes, ent tugevamatele koolitatavatele tuleb tõenäoliselt mainida, et mõned teemad on neile mõeldud vaid meeldetuletamiseks. Tugevamaid koolitatavaid võib kasutada vähemate kogemustega isikuid aitavate abilistena.
- Programmi vastavalt vajadusele kordamine. BIMi koolitusprogrammi koostamine nõuab palju eeltööd, ent õnneks tasuvad need jõupingutused kiiresti ära: kui materjal on kokku pandud, on selle kordamine lihtne. Suuremate ettevõtete korral on tõenäoliselt mõistlik jaotada osalejad rühmadesse, et rühmad oleksid kergemini hallatava suurusega, ent kui kasutada tuleb ühte rühma, on kindlasti vähemalt ühel koolitataval samal ajal täita teisi kohustusi. Kui BIMi koolitusi viiakse läbi regulaarselt, antakse kõigile projekteerijatele maksimaalselt hea võimalus nendel osalemiseks.
- Propageerida regulaarset koolitustel osalemist, sest kui oskusi pidevalt ei kasutata, võivad need ununeda. Sama kehtib BIMi puhul (nagu ka võõrkeelte puhul): kui seda mõnda aega ei kasutata, hakkab sõnavara kahanema ja soravus väheneb.

- Pärast ametlikku BIMi koolitamist võib tavakasutajate BIMiga kursis hoidmiseks julgustada neid osalema ettevõttesisestel kasutajarühmade kohtumistel. Päevakord peaks tasakaalustatult hõlmama nii lihtsaid kui keerukamaid teemasid ja olema koostatud nii, et kohtumised oleksid osalejate kulutatud aega väärt. Kui lähiümbruses saab kokku mõni kasutajarühm, võib töötajaid julgustada ka selle tegevuses osalema.

Projekteerijate ja projektijuhtide BIMi alane koolitamine ei ole lihtne ettevõtmine, et õige planeerimise ja jõupingutuste abil saab aidata kõigil töötajatel BIMi eeliseid paremini mõista.

3.5 Huvigruppide välja selgitamine ja nende vaheline koostöö

BIM on koostööpõhine lähenemine ehitustöödele, mis hõlmab virtuaalses ja visuaalses keskkonna rajatise ehitamisse mitmesuguste valdkondade kaasamist. BIMi rakendamise tuum on koostööpõhise tööprotsess kasutamine ehitustöodes. See annab projektis osalejatele võimaluse saada tõhusust ja efektiivsust suurendava koostöö läbi maksimaalselt kasu. Protsess võimaldab projektimeeskonnal efektiivselt töötada, eriti enne objektile ehitamise alustamise potentsiaalsete probleemide tuvastamisel.

BIM pakub koostööplatvormi, millel kõik huvigrupid saavad jagada oma teadmiseressurssi ja informatsiooni. Piisav informatsioon muudab kommunikatsiooni tõhusamaks. Tõhus kommunikatsioon võimaldab huvigruppidel vahetada täpset, ajakohast ja selget informatsiooni, mida otsustajad saavad kasutada kindlate otsuste tegemiseks. Kuna BIMi jagatakse avatud koostalitlusstandarditele rajatud digitaalse vastuvõtu põhimõttel, nõuab see BIMi rakendamise kasuteguri ära kasutamiseks ja huvigruppide investeeringutasuvuse maksimeerimiseks koostööd. Tähtis on arvesse võtta, et BIMi projekti korral tuleb rakendada spetsiifilist toimingute protsessi, mis hõlmab andmete, informatsiooni ja teadmiste kõrgetasemelist edastamist. BIMi projekti edukus sõltub suuresti projektis osalejate, sealhulgas omanike efektiivsest koostööst.

BIMist saab üks viis ehitussektori ees seisvate koostöö, integratsiooni ja koordineerimise alaste väljakutsete ületamiseks. Paljudes uuringutes soovitatakse ehitussektoril liikuda projekti integreeritud elluviimise (IPD) suunas, ent vähesed mainivad, et IPD kui kõrgeim tase ehitusprojekti teostamise meetodite seas nõuab kindlasti tihedamat koostööd ja tõhusamat kommunikatsiooni. On tõestatud, et BIMi puhul on koostöö ja informatsiooni jagamine võrreldes tavapärase ehitusprotsessidega tõhusamad. BIMi seostatakse kommunikatsiooni ja koostöö osas suurema tõhususega ja BIMi optimaalne kasutamine võimaldab saavutada valdkondadevahelise koostöö, üle saada tuleb aga tähtsate osapoolte rollide muutmise, uute lepinguliste suhete ja ümberprojekteerimise protsessiga seotud väljakutsetest.

35 BIMi kasutanud ehitusprojekti hõlmanud uurimuses tuvastati ka, et koordineerimisprobleemid on tarkvaraprobleemide järel projekti toimivusele negatiivset mõju avaldavate tegurite seas teisel kohal. Koostöökõusimus ei ole kirjeldatav ühegi konkreetse lepinguteooria või majandusteooria abil. Vähesed uurimused toovad esile koostöö keerukuse BIMi rakendamisel. Kõik projektis osalejad peavad silmas pidama enda huve, emaettevõtte nõudmisi ja projekti eesmärgi. Seega ei ole tegemist individuaalse meeskonnasisese koostöö ega ühissetevõtte sisese organisatsioonilise koostöö probleemiga. Koostööprotsess on üks tähtsamatest BIMi edu võtmetest. BIMi täieliku potentsiaali ära kasutamiseks tuleb arvesse võtta teadmisi, tehnoloogiat ja suhteid. Paljud teadlased keskenduvad BIMi tehnoloogia käsitlemisele. Vähesed käsitlevad koostööprotsessi tähtsust BIMi rakendamisel.

Alltoodud koostööraamistikul põhinev mudel viitab sellele, et kõik BIMi raames tehtavas koostöös olulist rolli mängivad tegurid jagunevad alamkategooriatesse jaotatud teguriteks.



Esmalt määratletakse neli koostöö eelduseks olevat meeskonna omadust: erialased teadmised, koostööoskused, suhtumine ja motivatsioon ja BIMi omaksvõtt. Erialaste teadmiste vallas on BIMi projekti puhul kõige tähtsamad tegurid osalejate erialased kogemused ja nende BIMi arusaamine (BIMi omaksvõtt). Organisatsiooni suhtumine koostöösse muutub sõltuvalt kogemustest varasemate partneritega. Erialaste teadmiste kõrval tagab ehitusprojekti edenemise ja organisatsioonide vahelise koostöö erinevate valdkondade panus. BIMi omaksvõtt väljendab seda, missugune on osalejate panus BIMi kasutamisel ja kui motiveeritud on nad BIMi kontekstis teiste spetsialistidega koostööd tegema. Koostööoskus viitab teistega koostöö tegemise kogemusele ja isiku sotsiaalsetele oskustele teiste projekti läbiviiva organisatsiooni meeskonna liikmetega suhtlemisel. Kui projektis kasutatakse uuenduslikku tehnoloogiat, näiteks BIMi, tekitab seesuguse tehnoloogia kasutuselevõtt organisatsioonis uusi, sh struktuure ja võimuvahetõrke puudutavaid väljakutseid. BIMi omaksvõtt tagab, et osalejatel on BIMi projektis kasutamisest ühtne ettekujutus. Missugusel määral võib osaleja poolne BIMi omaksvõtt mõjutada BIMiga seotud koostöö tõhusust? Suhtumine ja motivatsioon on BIMi tundmaõppimise ja selle kasutamiseks motiveerituse alused. Suhtumise vallas on kõige tähtsam määrav tegur usaldus, mis määrab koos vastastikuse lugupidamise ja ühtsete arusaamadega, missugused isikud sobivad meeskonnas koostööd tegema. Kultuurilistele küsimustele pööratakse vähe tähelepanu – kultuurilised erinevused eksisteerivad, ent ei mõjuta koostöötava projektiorganisatsiooni moodustamist.

Kuna Hongkong on pika ajalooga rahvusvaheline linn, järgitakse seal ehitussektoris tegutsevate spetsialistide seas sõltumata sellest, kas nad on välismaalased või Hongkongi ehitussektoris uustulnukad, teatud reegleid. Kõik leiavad kiiresti oma rolli ja oskavad suhelda teiste meeskonna liikmetega. Teisisõnu on vabad töökohad väga tiheda konkurentsi ja avatud turu tõttu automaatselt täidetavad sobivate isikutega. Seega töötavad ehitussektoris tegutsevad spetsialistid ehitusprojektide elluviimisel koos ajutise organisatsioonina, neil on piisavalt kogemusi kultuuriliste erinevuste ületamiseks ja omavahel kokkuleppele jõudmiseks. Kultuuriküsimusel võib olla aga tähtis roll teiste koostööd tegevate osapoolte ja sektorite korral. Teiseks võivad organisatsioonide vahelisi koostöösuhteid mõjutada üksikisikute teod.

Organisatsioonide vahelise koostöö edukust mõjutavad ka keskkonnatingimused. Vähesed teadlased on maininud koostöökeskkonna omaduste tähtsust, ent soodsa koostöökonteksti korral saavutatakse edu tõenäolisemalt. Organisatsioonid loovad organisatsioonide vahelise koostöö raames makrokeskkonnas avalduvaid jõudusid ja organisatsioonilised jõud mõjutavad koostöö edukuse määra. Isiku valmisolek projektile oma aega ja ressursse kulutada võib sõltuda koduorganisatsioonilt saadava toetuse määrast.

BIMi alane küpsus varieerub BIMi projektide rakendamisel projektide ja organisatsioonide lõikes. Mõnikord piirab BIMi alast küpsust ka tehnoloogia. BIMi alases koostöös on tähtis vahendav roll lepingustrateegial. Sellest sõltub otseselt terve BIMi rakendamise projekti edukus. Praktikas võib täheldada, et inimesed rakendavad BIMi traditsioonilise hankestrateegia raames, näiteks projekteerimisel, pakkumiste tegemisel ja eitamisel, mis tähendab, et BIMi ei kasutata

pakkumisprotsessi varasemates järkudes visualiseerimisvahendina. Teistel puhkudel on täheldatud, et negatiivsed lepingutingimused vähendavad majanduslikel kaalutlustel inimeste motiveeritust koostööks teise ettevõtte esindajatega ja nad annavad oma lepingulistest kohustustest sõltuvalt minimaalse panuse. Seoseliste lepingute keskkonnas muutub olukord aga märkimisväärselt. Spetsialistid töötavad meeskonnana koos ja on rohkem valmis suhtlema ja koos ning loominguliselt probleeme lahendama. Seetõttu uurisime meie uurimuses kontekstipõhise omadusena spetsiifilist lepingustrateegiat. Viimaks aitab sobivat tehnoloogiat hõlmav tööplatvorm spetsialistidel tõenäoliselt suhelda ja koostööd teha.

Teine koostööprotsessi mudel: probleemi püstitamine, tegevussunna valimine ja struktureerimine. Selle mudeli puhul püstitatakse spetsiifilised eesmärgid ja osalejatele määratakse selged rollid ja ülesanded. Seesuguse pikemaajalise jätkusuutliku koostöö raames saab koostööd tugevdada organisatsioonide vahelise koostöö protsessi arendamise tähtsuse välja selgitamise teel. See protsess on ka dünaamiline ja areneb aja jooksul. BIMi alane koostöö toimub peamiselt kirjeldatud protsessi teel. Selle tulemuseks on suur vajadus tarkvara koostalituse järele ja kõigi osapoolte selgete rollide ja vastutuse määramise järele. Ehkki see on keeruline, sõltub organisatsioonide vaheline koostöö individuaalsete liikmete spetsiifilistest sisenditest ja jõupingutustest erinevate organisatsioonide sisestest rollidest ja vastutusest ühtsel viisil aru saamiseks. Kommunikatsioon ja koostöö on omavahel seotud ja nimetatud kahe alltingimuse alusel saab protsessi tõhusa koostöö kontekstis probleemideta arendada.

Projekti edukas elluviimises on äärmiselt oluline roll nii ametlikul kui mitteametlikul kommunikatsioonil, millest joonistub välja koostöömudeli raamistik: ühine otsustamine hõlmavad nii struktureeritud ametlikku hindamist kui mitteametlikku alternatiivsete võimaluste uurimist. Otsustamine toetub olulisel määral koostööprotsessile ja osalejate kogemustele ja võib suurendada isiku rahulolutunnet ja pühendumist. Kuna ehitusprotsessis esineb ebakindlust ja konflikte, mängib otsustamine koostööprotsessis tähtsat rolli. Kui projektisisesed koostöösuhted on tugevad ja osalejad on valmis informatsiooni jagama ja suhtlema, konfliktid leevenevad.

BIMi rakenduskava on tähtis enne BIMi rakendamist koostatav kava. Hästi välja töötatud BIM rakenduskava võimaldab enamiku puhul BIMi projektidest tagada vastavuse projekti eesmärkidele ja vajadustele, vähendada ebakindlust ja määrata selged rollid ja vastutuse. BEP on väga tähtis ka informatsiooni haldamise seisukohalt lähtudes, sest sellega sätestatakse koostalituse protokollid, projekti elluviimise vahe-eesmärgid, mõõtmete täpsused ja muud üksikasjad. BIMi rakenduskavas tuuakse välja meeskonna liikmete rollid ja kohustused ning see tagab BIMi raames eduka koostöö. On selge, et BIMi rakenduskava ja eduka BIMi raames tehtava eduka koostöö vahel on korrelatiivne suhe. Koostöö tulemuste osas on seos projekti üldise tulemuslikkuse, organisatsioonide vahelise meeskonnatöö ja osalejate töörahulolu vahel.

Paljud teadlased on mõõtnud projekti tulemuslikkuse mõõdetena aega, kulusid ja kvaliteeti, testinud erinevaid projekti tulemuslikkusega seotud koostöötasemeid ja tuvastanud, et suurem koostöö tagab tõenäolisemalt projekti suurema tulemuslikkuse. Teised teadlased on uurinud ka tööalaste suhete positiivset mõju projekti kuludele ja kvaliteedile. Selles uurimuses mõtestatakse ja formuleeritakse koostöö BIMi projektides. Kui osalejad saavad ehitusprojekti teostamise käigus koostööd teha, töötavad nad tulemuslikumalt ja projekt on edukam. Ettevõtte kannab need kasutegurid teatud viisil üle individuaalseteks kasuteguriteks, näiteks preemiate maksmise ja täiendavate tehnoloogiasse ja koolitustesse tehtavate investeeringute läbi. See näitab, kuidas ettevõtte saab viia individuaalse rahulolu ühele joonele projekti edukusega.

4. Moodul 4 – BIMi tehnoloogia kasutamine

4.1 Säästlik ehitussektor

Ehitustegevusel ja ehitistel on maakasutuse, toorainete ja vee kulu, energia ja jäätmete tootmise ja sellest tingitud heitkoguste tõttu negatiivne keskkonnamõju. Ehitistega on üle maailma seotud:

- X 40 % aastasest energiakulust;
- X 30 % looduslikest toorainetest ja kaevandatavatest maavaradest;
- X 30 % - 40 % CO₂ heitkogustest. Kui lõpptarbimise sektoritele lisada elekter, on kodumajapidamised ja teenused 15 vanemas ELi liikmesriigis suurimad CO₂ heitkoguste allikad;
- X 12% veekulust;
- X ressursside säilitamine ja areng: 40 % kõigist tekitatud jäätmetest (92% lammutamisest ja 8% ehitustegevusest);
- X 42% energiakulust – ehitistega seotud kütmine ja valgustus on suurim eraldiseisev energiakuuallikas (millest 70% moodustab kütmine);
- X 22% ehitus- ja lammutusjäätmetest (kaalu alusel);
- X 35% kasvuhoonegaaside heitkogustest;
- X 50% kaevandatud toorainetest (kaalu alusel);
- X Ehitiste all on 10% ruumist.

Praegu elab 80% Euroopa elanikkonnast linnapiirkondades ja inimesed veedavad üle 90% elust ehitatud keskkonnas (võttes arvesse kodu, töökohta, kooli ja vaba aja veetmist). Sellel keskkonnal on suur mõju inimeste heaolule ja mugavusele, seetõttu mõjutavad ehitustegevus ja ehitised ka inimeste tervist.

Säästvat arengut tuleb rakendada terve ehitise elukaare lõikes ja selle eesmärgid on:

- ✓ vähendada ressursikulu (sästa vett ja energiat);
- ✓ võtta ressursid olemasolevate ehitiste renoveerimisel või ringlusest eemaldamisel taaskasutuse ja kasutada uute ehitiste rajamisel ümbertöödeldud ressursse. Ehitusobjekti ebaõige keskkonnajuhtimine soodustab vältimatavat jäätmete genereerimist;
- ✓ kõrvaldada ehitistest mürgised ained ja tagada nende tervislikkus, rakendada looduskaitse põhimõtteid (kliimamuutuste leevendamine, bioloogiline mitmekesisus, ökosüsteemiteenused);
- ✓ seada rõhk ehitiste kvaliteedile, maksimeerides nende vastupidavust, sest üldjuhul on olemasoleva ehitise renoveerimine lammutamisest ja uue ehitamisest säästlikum;
- ✓ kasutada ökoloogiliselt tõhusaid materjale (töötlemata) ja kohalikke materjale;
- ✓ suurendada elutingimuste mugavust (parandada õuealade ja siseruumide õhukvaliteeti).

Ehitussektoril on laialdaselt teadaolevalt säästva arengu saavutamisel võtmeroll. Seepärast on rahvusvahelisel tasandil ja Euroopas välja töötatud süsteemid säästlike ehitiste kirjeldamiseks, mõõtmiseks, hindamiseks ja sertifitseerimiseks. Euroopas ehitustööde säästlikkusele kohalduvad eeskirjad on sätestatud standardis CEN/TC350, „Ehitustööde säästlikkus“.

Ehitustehnika, komponentide ja ehitusmaterjalide valik tugineb üldiselt funktsionaalsusele, tehnilisele toimivusele, arhitektuursele esteetikale, rahalistele kuludele, vastupidavusele ja hooldamisvajadusele. Nende valikute tegemisel ei võeta aga arvesse keskkonnale ja inimtervisele avalduvat mõju. Säästliku ehitustegevuse puhul tagatakse sotsiaalsete, majanduslike ja keskkonnanalaste aspektidega arvestamine terve ehitise elukaare raames: materjali kaevandamisest projekteerimise, ehitamise, kasutamise, hooldamise, renoveerimise ja lammutamiseni.

Ehitise renoveerimisel tekib vältimatult lammutustööde ja ehitustööde tõttu jäätmeid, ent prügimäele toimetatavate või põletatavate jäätmete koguse piiramiseks tuleks kasutada kolme olulist suunist:

- tekke vältimine – töö käigus tekkivate ehitusjäätmete hulga võimalikult suures ulatuses piiramine ja mõtlemine ehitise tulevasele ümberehitamisele või lammutamisele;
- jäätmete ehitusobjektis sorteerimise abil jäätmete ümbertöötlemise ja taaskasutusse võtmise toetamine;
- kui ümbertöötlemine ei ole võimalik, jäätmete kõrvaldamine kahel viisil: põletamine nii, et tekkiv energia kasutatakse ära, ja jäätmete prügimäele toimetamine.

Alljärgnevalt on loetletud ehitamise ja lammutamise käigus keskkonnale ja inimeste tervisele avalduva mõju piiramiseks rakendatavad meetmed:

- ✓ ehitusprotsessis standardmõõtmete ja tehases valmistatud komponentide eelistamine;
- ✓ kergesti demonteeritavate ja sorteeritavate mehhaaniliste kinnitustahvrite kasutamine (kruvide ja naelte kasutamine) ja ulatuslik taaskasutusse võtmine – vältida süsteemide kinnitamist liimi, tsemendi, keevitamise või muude liimainete abil;
- ✓ ehitustööl ohtlikke jäätmeid genereerivate materjalide ja toodete kasutamise vältimine;
- ✓ teatud objektis olemasolevate materjalide ilma eeltöötluseta kasutamise kaalumise;
- ✓ ehitusobjektis genereeritud (ehitus- ja lammutus-)jäätmete põhjalik hindamine kasutatud materjalitüüpide kaupa ja objektis ehitusperioodil genereeritud jäätmete koguse hindamine.

Ehitusobjektis kasutatavate ja keskkonda eralduvate ainete puutuvad kõige rohkem kokku:

- ehitusmaterjale valmistavad töölised;
- ehitusmaterjale kasutavad töölised;
- ehitiste kasutajad;
- lammutustöölised.

Materjalidest keskkonda eralduvate ainete hulk on suur vahetult pärast tootmist, langeb esimese poole aasta jooksul 60-70% võrra ja kaob üldjuhul aasta jooksul pärast paigaldamist või kasutusse võtmist täielikult (näiteks biotsiidid, fungitsiidid, teatud lahustid, lenduvad orgaanilised ühendid ja teatud lisaained). Sekundaarne emissioon võib jääda püsima ja isegi aja jooksul suurened.



Ehitiste tõhusa kasutamise tagamiseks tuleb uued ehitised püstitada liginullenergiaehitistena ja vanad ehitised renoveerida „passiivsete majadena“, tõhustades soojustust, vähendades külmasildu, suurendades õhupidavust, kasutades suurepärase kvaliteediga aknaid, kasutades ventilatsioonisüsteemis tõhusat soojustagastust ja tõhusat küttesüsteemi ja kasutades taastuvaid energiaallikaid. Elamumajanduses ja arhitektuuris säästva arengu kontseptsiooni kasutusse võtmist nimetatakse üldistavalt **säästlikuks ehitamiseks**.

Spetsialistil peavad olema läbivad teadmised kõigist hoone energiatõhusust suurendavatest meetoditest, et leida renoveerimistöodeks parim lahendus.

4.2 Mudeli automaatne kontroll

„BIMi-keskne“ projekteerimine tagab mitmesuguste erinevate valdkondadega seotud mudelite koostalituse, mis võimaldab neid samaaegselt kasutada mitmesugustel erinevatel eesmärkidel: ühe valdkonna mudelite ühendamise haldamiseks, erinevate valdkondade elementide koos eksisteerimise kontrollimiseks ja mitut valdkonda hõlmava mudeli regulatiivseks kontrollimiseks.

Üldiselt seisneb BIMi mudeli valideerimine nõuetele vastavuse ja funktsionaalsuse kontrollimises, mis viiakse läbi samalaadsetel tavapärasel projekteerimisel nõutavaga. Selleks kontrollitakse vastavust projektile ja õigusaktide nõuetele (koodeksi kontroll) ja projekti ootustele vastamist (vastuolude tuvastamine).

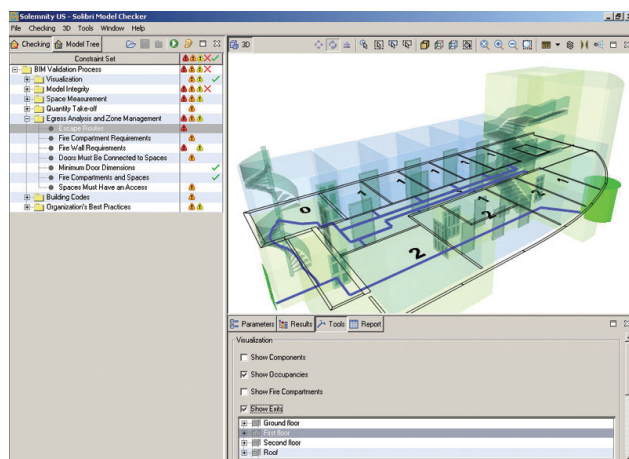
4.2.1 Koodeksi kontroll

Üldnimetatud kontrolli osas saab spetsiifilistes mudeli ülevaatamise tööriistades pärast mitmesuguste projekteerimisvaldkondade 3D IFC-mudeli üleslaadimist kontrollida selle vastavust konkreetsetele vajadustele ja võrdlusstandarditele, mis on kohandatud kontrolli läbiviimise eeskirjade parameetrite kaudu. Samas garanteeritakse eraldiseisvate valdkondade mudelite kvaliteet ilma andmeid kaotamata, mis juhtub samade mudelite 2D-formaatidest 3D-formaatidesse ülekandmisel. Tänu IFC-failiformaadile on garanteeritud 3D-mudelite geomeetria ja omaduste täpne üleviimine.

Koodeksi kontrolli läbiviimiseks on olemas spetsiifilised eeskirjad, nagu ka sellel järgneva regulatiivsete ja vastavuse kontrollide faasile, kuna erinevad võrdlusstandardid toovad automaatselt esile mudeli ja standardite vahelised erinevused ja liigitavad mudelid lahknevuste raskusastme alusel. Väikeste, keskmiste ja suurte lahknevuste määramiseks kasutatavad väärtuste vahemikud saab määrata kasutaja, mis võimaldab tal hallata kõiki piiripealseid olukordi.

Arvukate võimalike kontrollide seast võib esile tuua järgmised (loetelu ei hõlma kõiki standardversiooni puhul kasutatavaid kontrolle):

- hügieenieeskirjadele vastavuse kontroll (minimaalsed kõrgused, mahud, teenused jms);
- ruumide ja eluruumide minimaalse pindala kontroll vastavalt nende otstarbele;
- ruumide õhu ja valguse suhte kontroll;
- treppide ja sissepääsude minimaalsete mõõtmete kontroll;



- ruumide juurdepääsetavuse (koridorid, tualettruumid jms) ja arhitektuuriliste tökete kasutamise kontroll;
- tuleohutuse kontrollid (elementide ja tuletõkkesektsioonide, evakuatsiooniteede jms tulekindlus);
- tulekaitsevahendite olemasolu kontrollimine ruumides ja koridorides;
- spetsiifiliste elementide (tulekustuti, tuletõrjevoolik jms) ümber jääva vaba ruumi kontroll.

Energiatõhususe puhul tuleb tagada vastavus kolmele normide tasemele.

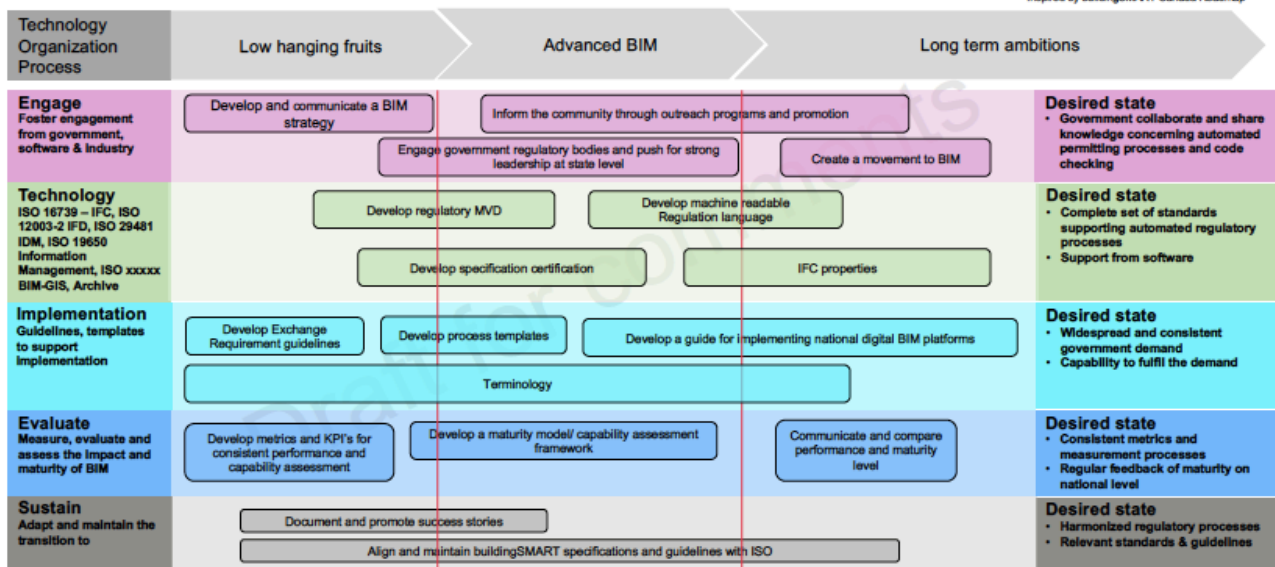
- Euroopa õigusnormid
- Riiklikud õigusnormid
- Kohalikud (omavalitsuse) õigusnormid

Oluline on, et kohalik omavalitsus, kus ehitusprojekt tuleb kinnitada, oleks varustatud riist- ja tarkvaraga, mis võimaldaks regulatsioonile vastavuse kontrollimist võimalikult automaatselt. Organisatsioonis BuildingSMART International (bSI) on töörühm arendamas rahvusvahelisi IFC parameetreid, mis on mõeldud kasutamiseks kõigis riikides. See tagab, et tarkvara arendamine on kooskõlas kõigi riikide vajadustega.

Järgmisel joonisel on kujutatud tegevuskava selle olulise tulemuse saavutamiseks, mis lisaks nõuetele vastavuse tagamisele suurendab ka projekti kvaliteeti ja energiatõhusust.

Roadmap to automated regulatory processes in construction through BIM

Inspired by buildingSMART Canada Roadmap



 **buildingSMART**
International home of openBIM

Töörühma töö algab reguleerivate organite kaasamisega, mis peavad tuvastama lihtsa keele, mida saab kasutada regulatsioonile vastavuse kontrollimise tarkvararakendustes. Lõppeesmärk on kaasata koostöösse valitsus, mis jagaks teadmisi seoses automaatse lubade väljaandmise ja regulatsioonile vastavuse kontrollimisega.

E-loa saamiseks on oluline tagada vastavus standarditele, mis toetavad automaatseid reguleerimisprotsesse. Üks peamisi väljundeid saab olema mudeli vaate definitsiooni (MVD) loomine, mis on IFC skeemi kokkulepitud alamkogumik või filter ning on vajalik e-loa jaoks vajaliku teabevahetuse nõude toetuseks.

Rahvusvahelise konsensuse saavutamiseks ja e-loa ulatuslikuks levitamiseks on vaja luua suunised ja vormid, mis toetaks selle rakendamist. Lõplik eesmärk on parimate tavade ulatuslik levitamine ja valitsuse nõude täitmine ühtlasel viisil ning vastamine digitaalse loa nõudele.

Üleminekustadiumis on oluline mõõta, hinnata ja analüüsida BIM-i mõju ning valmidust kohalikul, piirkondlikul ja riiklikul tasandil. Järgmine samm on ühtlustada reguleerimisprotsessid, mis koostavad asjakohased standardid ja suunised.

Kõik lahknevused eeskirjade nõuetest lisatakse automaatselt slaididele, millel selgitatakse lahknevust foto ja sellele lisatud üldiste ja spetsiifiliste tehniliste märkuste abil, viidates koodeksitele ja probleemi põhjustavatele komponentidele.

Tarkvarasse lisatud arvuannete abil saab lahknevustest teavitada mitmesuguseid projekteerijaid ja nõuda lahknevuste kõrvaldamist loometarkvaras, milles kontrollitud mudel genereeriti. Seesugused aruanded on eksporditavad tabeli või teksti kujul (Exceli fail või rtf, pdf).

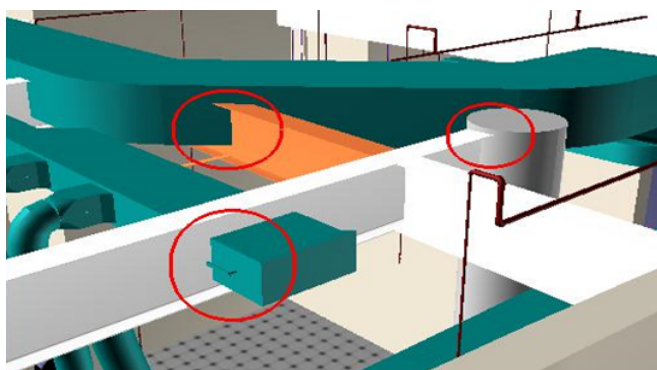
Genereerida saab ka kolmemõõtmelisi aruandeid: koostööformaad BIM Collaboration Format võimaldab loometarkvaras sobiva plugina abil lugeda esile toodud probleemidega seotud märkusi, 3D-mudelit kohandada ja tuua automaatselt esile probleemi põhjustavad, korrigeerimist vajavad elemendid, mis muudab need kergemini leitavateks. Viimane eksportimismeetod on kommunikatsiooni ja BIMi protsessis osalevas tarkvaras probleemi tuvastamise seisukohalt lähtudes tõhusam, kuna võimaldab erinevate valdkondade vahelist efektiivset koostalitust.

4.2.2 Vastuolude tuvastamine

Üks BIMi tähtsamatest eelistest on võimalus tuvastada „vastuolud“ projekti varases järgus, kui nende kõrvaldamine on palju lihtsam, odavam ja vähem aeganõudev. Projekteerimise kontekstis on vastuoluga tegemist siis, kui ehitatava objekti komponendid ei ole omavahel ruumiliselt koordineeritud ja on seetõttu vastuolus. BIMi protsessis on seesugused vastuolud kergemini tähteldatavad projekti projekteerimisfaasis, enne objektile töö alustamist.

Töös ehitusprojektide mitmesuguste erinevate aspektidega osalevad paljud erinevad valdkonnad. Struktuuride projekteerija, keskkonnainsener, mehhaaniline- ja elektriinsener (ja võimalik, et paljud teised) loovad arhitekti mudeli alusel oma mudelid. Iga „mudel“ koosneb tervest reast mudelifailidest, dokumentidest ja struktureeritud andmefailidest, mis sisaldavad mittegeomeetrilist informatsiooni ehitatava kohta. Kokku moodustab see informatsioon digitaalse koopia. Esialgu näitab see, mis on projekteeritud, ning lõpuks, mis on ehitatud ja paigaldatud. BIMi protsessi tasandil 2 integreeritakse eraldiseisvate meeskondade genereeritud fodeereeritud mudelid (kindlaksmääratud intervalliga) peamudelisse, mis asub ühtses infokeskkonnas (ÜIK). Kuna peamudelisse koondatakse kokku paljudest erinevatest mudelitest saabuval andmed, on seejuures vältimatult vajalik kõrvaldada vastuolud.

Vastuoludest mõeldes kujutame tavaliselt ette kahte samas ruumis asuvat komponenti. Seda nimetatakse sageli „**kõvaks vastuoluks**“ – näiteks sammast läbi seina või torustik terastala. Seesuguste vastuolude all objektil avastamise korral võib nende kõrvaldamine olla aeganõudev ja kulukas. „**Pehme vastuoluga**“ on tegemist siis, kui elemendi puhul ei ole jätud vajalikku ruumilist või geomeetrilist tolerantsi või kui selle puhvertsoonis on teine element. Näiteks võib kliimaseade vajada teatud ruumivaru hooldamise võimaldamiseks, juurdepääsu ja ohutuse tagamiseks ja sellesse vabasse ruumi ei tohi



jääda terastala. Kui objekti kohta on sisestatud piisavalt andmeid, saab tarkvara kasutada isegi asjakohastele määrustele ja standarditele vastavuse kontrollimiseks (peatükk 5.2.1). Vastuolu võib esineda ka töövõtjate ajakavade vahel, seadmete ja materjalide tarnes ja projekti elluviimise üldises ajakavas. Neid nimetatakse sageli „**töövoo ehk 4D-vastuoludeks**“.

Vastuolude vältimine on projekteerimise ja ehitamise protsessi väga oluline osa. Väga tähtis on dokumenteerida BIMi rakenduskavas standardprotseduuride kogum ja sätestada projekti lepingudokumentide raames protseduurid tellija infonõuete (EIR) koordineerimiseks. Samuti on väga tähtsad tarnijate koostatud BIMi elluviimised kavad. Projekteerimismeeskonna kasutajaliidese haldajad peavad projekteerimis- ja ehitusprotsessi ajal projekteerimisalaseid otsuseid ja vastuolusid hindama ning otsustama, kas need lahendatakse välise abita ja – kui see ei ole võimalik – võib projekteerimistööde juht ülevaatusse teostamiseks ühendada mitu erinevat mudelit.

Tavapärase projekteerimisprotsessi korral töötavad spetsialistid vastavuse kontrollimiseks kontrollpunktide koordineerimise käigus kalkapaberile tehtud joonistega. Seesuguse tööviisi kasutamisel tuli ette vastuolude avastamist ehitusobjektidel, millega võisid kaasneda hiiglaslikud kulutused ja viivitused. BIMi protsessi tasandil 2 genereeritakse rida fõdereeritud mudeleid ja peamudelisse lisatakse informatsiooni koordineeritud andmetilkade kujul. BIMi modelleerimistarkvara ja BIMi integreerimisvahendid võimaldavad projekteerijatel otsida vastuolusid enda mudelistest ja erinevate mudelite ühendamisel.

Vastuolude tuvastamise tarkvara muutub aina kõrgetasemelisemaks ja kasutajad saavad nüüd otsida spetsiifilisi vastuolusid (näiteks struktuurilelementide ja seinte vahel) ja need ekraanil märgistada (sageli erksate värvide abil).

Mõned geomeetrilised vastuolud on alati täiesti aktsepteeritavad (nt süvistatud laevalgustid, seintesse peidetud torud) ja integreeritud objektide andmete tuvastamist võimaldavate tarkvaraeeskirjade abil saab seesuguste vastuolude märgistamise peatada. Seega on arusaadav, et üksikasjade seadistamise tase on BIMi modelleerimisel vastuolude tuvastamise vallas kriitilise tähtsusega.

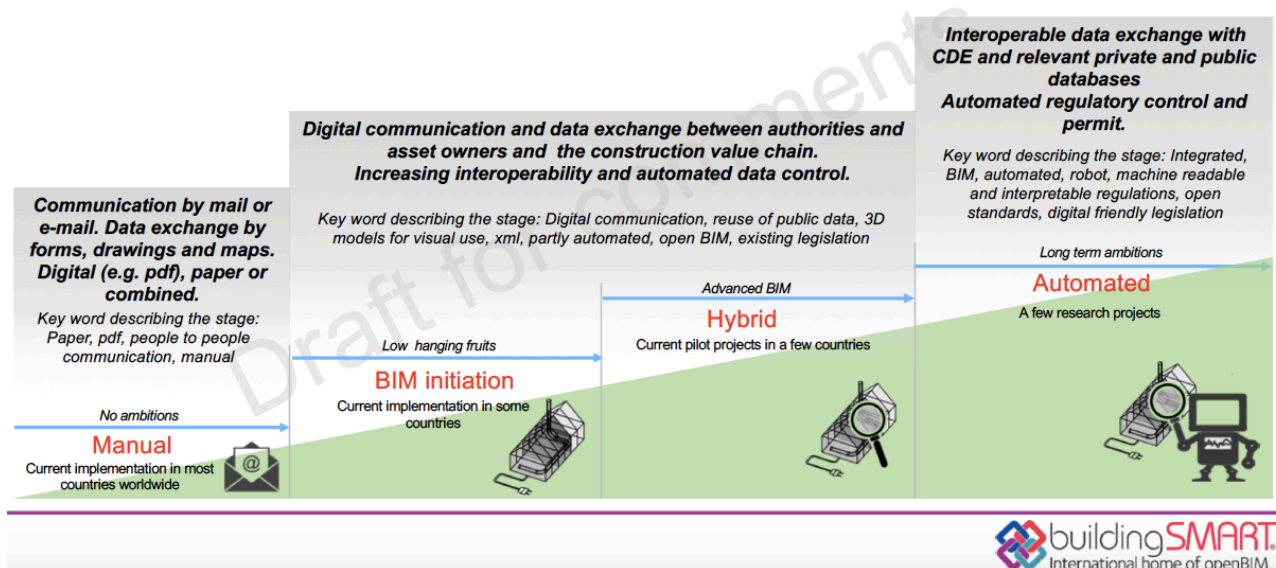
Mudeli vastuolude tuvastamiseks skaneerimisel või vastava aruande koostamisel kerkib tavaliselt esile mitu olukorda, milles esineb sama probleem. Kui üks toru lõikub viie talaga, kuvatakse see viie vastuoluna, ehkki tegelikult saab ühe probleemi kõrvaldamise abil (toru asukoha muutmise) lahendada kõik vastuolud. Seesuguste projektis esinevate vastuolude ülevaatamine ja tühistamine on BIMi protsessi tähtis osa. Seesuguse skaneerimise – nagu ka iga teise automaatse protsessi – tulemusi ei tohi täielikult usaldada ning skaneerimine võib olla vaid üks projekti põhjalikuma koordineerimisprotsessi osa.

Kuna mudelitele saab standardformaadis lisada aina rikkalikumaid andmeid, muutuvad tarkvaratööriistad tõenäoliselt aina kõrgetasemelisemaks. Kõige suurem tõhustamispotentsiaal kaasneb aga BIMi tasandiga 3. Töö ühe koostöös loodava, koordineeritud ehituse mudeliga (mitmetest võtmeetappides koondatud fõdereeritud mudelistest koostatud ühe tervikmudeli asemel) peaks kaasa tooma projektis esinevate vastuolude arvu dramaatilise vähenemise.

4.3 Informatsiooni küpsuse indeks

BIM-i valmiduse tase on kandunud BIM-i ekspertide tavapärasesse kõnepruuki. Sama nimetust on kasutatud mitmed valdkonnad. Oluline on mõista, et sõna „valmidus“ tähendust määratletakse tarneahela nõrgima lüli põhjal. Kui e-luba ei ole veel omavalitsustes laialdaselt kasutusel, tekib oht, et väga head BIM-iga projekteeritud projekti hinnatakse nagu teisi tavapäraseid projekte, mis seab ohtu BIM-i tõeliselt ulatusliku kasutamise võimaluse. Järgmisel pildil viitab valmiduse tase volitusprotsessile. Tegelikuses toimub see enamikul juhtudel paberil, kuid osadel juhtudel on lubasid väljastavad

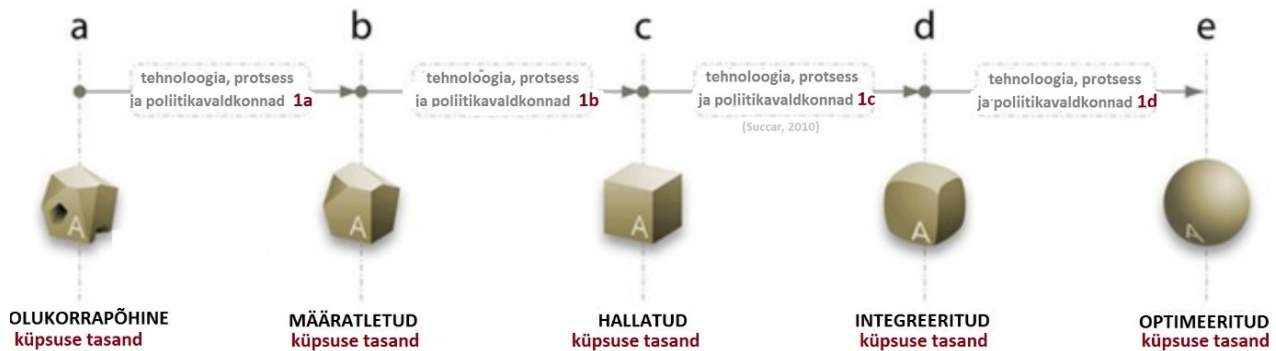
ametiasutused hakanud aktsepteerima dokumente ka digitaalseadmete kaudu (sertifitseeritud e-kirjad). Teatud olukordades, eelkõige Põhjamaades, on e-loa protsess osaliselt automatiseeritud, mis tähendab, et volitusprotsessi digitaliseerimine on juba olemasoleva tehnoloogiaga võimalik. Seepärast on oluline töötada bSI töörihmas, et jõuda ühisele arusaamale, kuidas seda protsessi tuleks organiseerida ja digitaliseerida. Kokkuleppe saavutamisel arendavad tarkvaratootjad rakendused, mis on võimalised volitusprotsessi automatiseerima.



Termin „BIMi küpsus“ tähendab BIMi teenuste kvaliteeti, korratavust ja kõrgetasemelisust. Teisisõnu on BIMi küpsus kõrgetasemelisem võimalus ülesande teostamisel või BIMi teenuse/toote pakkumisel väga tõhusalt tegutseda. Seetõttu on mitmete erinevatest sektoritest pärinevate küpsusindeksite uurimise ja seejärel integreerimise teel välja töötatud BIMi küpsusindeks (BIMMI). BIMMI koosneb viiest erinevast küpsuse tasandist: esialgne/olukorrapõhine, määratletud, hallatud, integreeritud ja optimeeritud. Üldjuhul kaasneb madalamatelt BIMi küpsese tasanditelt kõrgematele liikumisega:

- ✓ suurem kontroll eesmärkide ja tegelike tulemuste vahelise varieeruvuse minimeerimise läbi;
- ✓ suurem prognoositavus pädevuse, tõhususe ja kulude varieeruvuse vähendamise läbi;
- ✓ suurem tõhusus seatud eesmärkide saavutamisel ja uute, ambitsioonikamate eesmärkide püstitamisel.

Alltoodud joonisel on visuaalselt kokku võetud viis küpsuse tasandit ehk „evolutsiooni platoo“, millele järgneb iga tasandi lühikirjeldus:



Küpsuse tasand a (esialgne ehk olukorrapõhine): BIMi rakendamisele on iseloomulikud üldise strateegia puudumine ja oluline vajakajäämine sõnastatud protsessidest ja poliitikatest. BIMi tarkvaravahendeid ei kasutata süstemaatiliselt ning nende kasutamisele ei eelne uurimistöö ega ettevalmistused. BIMi rakendatakse osaliselt tänu üksikute eestvedajate „kangelaslikele“ jõupingutustele – keskastme ja tippjuhtkond ei toeta seda protsessi aktiivselt ja järjekindlalt. Koostöövõime (kui see saavutatakse) ei ole tavaliselt kooskõlas projektipartnerite koostöövõimega koostöös kasutatakse vähe eelnevalt koostatud protsessi suuniseid, standardeid ja andmevahetusprotokolle või neid ei kasutata üldse. Osapoolte rollid ja kohustused ei ole ametlikult jaotatud.

Küpsuse tasand b (määratletud): BIMi rakendamise aluseks on tippjuhtkonna üldine visioon. Enamus protsessidest ja eeskirjadest on korralikult dokumenteeritud, protsessi uuendamisega arvestatakse ja BIMist tekkivad ärivõimalused tuntakse ära, ent neid ei kasutata veel. Kangelaslikud jõupingutused BIMi rakendamisel hakkavad pädevuse suurenedes vähenema, personali töö tulemuslikkus ei ole endiselt prognoositav. Olemas on esmased BIMi alased suunised, sh koolituste käsiraamatud, töövoos alased suunised ja BIMi rakendamisel kasutatavad standardid. Koolitusvajadus selgitatakse täpselt välja ja koolitatakse tavaliselt ainult vajaduse korral. Koostöös projektipartneritega võib märgata projektis osalejate vahelise vastastikuse usalduse/lugupidamise tunnuseid ning selles järgitakse eelnevalt koostatud protsesside suuniseid, standardite nõudeid ja andmevahetuse protokollide nõudeid. Kohustused on jaotatud ja riske leevendatakse lepinguliselt.

Küpsuse tasand c (hallatud): BIMi rakendamise visiooni on tutvustatud enamusele personali liikmetest ja nad saavad sellest aru. BIMi elluviimise strateegia kõrval on koostatud üksikasjalikud tegevuskavad ja seirekava. BIMi nähakse rea tehnoloogiliste, protsesside ja poliitika muutustena, mida tuleb hallata innovatsiooni pidurdamata. BIMist tekkivad ärivõimalused tuntakse ära ja neid kasutatakse turunduses. BIMi alased rollid on ametlikult määratud ja tulemuslikkuse alaseid eesmärke saavutatakse järjekindlamalt. Kasutusele on võetud AIA mudeli edendamise spetsifikatsioonide või BIPSi informatsioonitasandite laadsed toote/teenuse spetsifikatsioonid. 3D-mudekite modelleerimist, 2D-formaadis esitlemist, mõõdistamist, nende spetsifikatsioonide koostamist ja analüütilisi omadusi hallatakse üksikasjalike standardite ja kvaliteediplaanide abil. Koostöölased kohustused, riskid ja preemiad on selged nii lühiajaliste projektiliitude kui pikaajaliste partnerlussuhete korral.

Küpsuse tasand d (integreeritud): BIMi rakendamine on kohustuslik ja protsessi/toote uuendamine on integreeritud korralduslikesse, strateegilistesse, juhtimis- ja kommunikatsioonikanalitesse. BIMist tekkivad ärivõimalused on osa meeskonna, organisatsiooni või projektimeeskonna konkurentsieelisest ja neid kasutatakse uute klientide võitmiseks ja olemasolevate säilitamiseks. Tarkvara valimisel ja arendamisel järgitakse praktiliste vajaduste rahuldamise kõrval ka strateegilisi eesmärke. Modelleerimise väljundid on projektide lõikes tõhusalt sünkroniseeritud ja tihedalt seotud äriprotsessidega. Teadmised on integreeritud organisatsiooni süsteemidesse, hoitavad teadmised on juurdepääsetavad ja kergesti leitavad. BIMi alased rollid ja pädevuseesmärgid on integreeritud organisatsiooni ülesehitusse. Tulemuslikkus

on nüüd järjekindel ja prognoositav. BIMi alased standardid ja tulemuslikkuse alased eesmärgid on integreeritud kvaliteedijuhtimis- ja tulemuslikkuse suurendamise süsteemidesse. Koostöösse on kaasatud ka madalama astme osapooled ja sellele on iseloomulik tähtsate osalejate kaasamine projekti elukaare varastes faasides.

Küpsuse tasand e (optimeeritud): organisatsiooni ja projekti osapooled on BIMi visiooni omaks võtnud ja realiseerivad seda aktiivselt. BIMi elluviimise strateegiat ja selle mõjusid organisatsiooni mudelitele vaadatakse pidevalt üle ning tagatakse nende sobivus teiste strateegiatega. Kui protsesse või eeskirju on vaja muuta, viiakse muudatused ellu ennetavalt. Innovaatilisi toote-/protsessilahendusi ja ärivõimalusi otsitakse ja kasutatakse järjekindlalt. Tarkvaravahendite valik vaadatakse regulaarselt üle, et suurendada tootlikkust ja tagada nende vastavus strateegilistele eesmärkidele. Modelleerimise väljundid vaadatakse tsükliliselt üle ja neid optimeeritakse, et kasutada ära uued tarkvarafunktsioonid ja pakutavad laiendused. Integreeritud andmeid, protsesse ja kommunikatsioonikanaleid optimeeritakse järjekindlalt. Koostööalaseid kohustusi, riske ja preemiaid vaadatakse regulaarselt üle ja korrigeeritakse. Lepingumudeleid muudetakse parimate tööviiside rakendamise tagamiseks ja kõigile osapooltele maksimaalselt suure väärtuse tagamiseks. Vahe-eesmärgid vaadatakse regulaarselt üle, et tagada protsesside, toode ja teenuste kõrgeim võimalik kvaliteet.

4.4 4D- ja 5D-BIMi tehnoloogiad

BIM-i mudelid on mitme informatsioonikihi superpositsiooni tulemus, alates lihtsast geomeetriast kuni hoolduse ja varahaldusega seotud teabenähteni. Kõiki neid informatsioonikihte nimetatakse BIM-i dimensioonideks, mistõttu leiame mudelitest selliseid viiteid nagu BIM 4D, 5D, 6D jne. Konkreetselt BIM-i 4D-mudelitel puhul on mudeli peamine informatsioonikiht seotud kavandamise ja ajahaldusega ehk andmetega, mis võimaldavad meil ajutiselt leida kindla ehituselemendi selle kasutuselevõtmisel.

4.4.1 4D-faasi kavandamine

Gantti graafikut on juba pikka aega kavandatud projekti kavandamise põhialusena, ent projekti ajakava visualiseerimise vallas ei ole see töövahend kõige parem. Enamik ehitajates investeerisid oma esimesse projekti planeerimise süsteemi juba enam kui kümne aasta eest ning need süsteemid on saanud projektijuhtimise alaste teenuste vallas asendamatuks tööriistaks. BIMi lahendused on aga suhteliselt uued. Rikkalikult informatsiooni sisaldavad ehitusinformatsiooni mudelid pakuvad arhitektidele muuhulgas rohkelt projekteerimiskeskseid ülesandeid, energiakulu analüüsi, päikesevalguse alaseid uuringuid ja töövahendeid spetsifikatsioonide haldamiseks. Kuna BIM on olnud projekteerimise vallas väga edukas, soovivad ehitusettevõtted seda nüüd kasutada oma ehitusinformatsiooni mudelite, teostatavusanalüüside, müügi koordineerimise, mõõdistamise, kulude hindamise jms jaoks. Üks kõige ilmsematest BIMi rakendustest ehitussektoris on projekteerimise ja ehituse ristumispunkt: ehitustöö planeerimine.

4D/ehitustöö planeerimine tähendab pidevaid jõupingutusi ehitusprojekti koostamise edenemise juhtimiseks ja vastavat reaktsiooni – „tegeliku olukorra“ dünaamilist korrigeerimist. Ehitise ehitusprojekt on loomulikult selle projekti planeerimise keskmeks ning 3D-ehitusinformatsiooni mudelile (st ehitusprojektile) ajakava andmete lisamine võimaldab luua 4D-ehitusinformatsiooni mudeli, milles neljandaks mõõtmeks on aeg. 4D-mudelid hõlmavad planeerimisandmeid, nt komponendi ehitamise algus- ja lõpuaega ja tähtaegade täpsust või ajavaru.

Sellest tulenevalt võib BIM-i 4D-mudelit määratleda kui kahe informatsioonikihi, konstruktiivsete elementide geomeetria ning ülesannete või tegevuste loendite (koos nende vastavate kestuste ja seostega) integreerimise tulemust. See on saadud tarkvaratööriista abil, mis võimaldab neid omavahel ühendada. Tulemuseks on integreeritud

model, mida saab säästvuse seisukohalt (mis tähendab ehituse keskkonnamõju vähendamist ja täielikku kooskõla BREEAM-i, LEED-i või GREEN-i sertifikaadile vastavate kontseptsioonidega) kasutada kahes põhivaldkonnas: projekti ehitusprotsessi kavandamine ning objekti enda kavandamine ja mõjude hindamine selle vahetule keskkonnale.

Nendest esimese puhul annavad projekti ehitustegevuste järjekord ning BIM-i 4D-mudelitel põhinevate tööriistade ja meetodite kasutamine hoonest tervikliku ülevaate tehnikutele, kes vastutavad projekti kõigi elementidega seotud tööprotsessi juhtimise ja kavandamise eest. Juurdepääs kogu sellele informatsioonile ja eelkõige võimalus simuleerida erinevaid ehitusstsenaariume muudavad BIM-i 4D kavandamise põhitööriistaks ehitusaegade lühendamisel, ehitussüsteemide omavaheliste vastuolude vähendamisel ning erinevate materjalide ostmisel, tarnimisel ja kasutuselevõtmisel. Seda eelkõige materjalide puhul, mille erilise mõju tõttu hoonete energiatõhususele on ülimalt oluline kontrollida ja veenduda nende nõuetekohases kasutamises.

Selle tulemusel tagab 4D ehitusinformatsiooni mudel projektimeeskonnale ja teistele sidusrühmadele intuitiivse liidese ehitise konstrueerimise hõlpsaks visualiseerimiseks aja jooksul. See võimaldab kasutada erinevate valikute hindamiseks 4D ehituse simulatsiooni, mis on kavandamise staadiumi põhitööriistaks. 4D visualiseerimine ja animatsioonid muudavad BIM-i võimsaks suhtlusvahendiks, andes arhitektidele, ehitajatele ja nende klientidele ühise arusaama projekti olekust, vahe-eesmärkidest, kohustustest ning ehituskavadest. Meeskonnad alustavad 4D-mudelite loomist tavaliselt projektikava ajagraafiku kuupäevade vastendamisega mudeli komponentidele. See aitab neil täiustada kava ja seda, kuidas nad kava kogu meeskonnale esitlevad. Hiljem, kui nad on oma oskusi täiustanud, ühendavad nad ajagraafiku programmiliselt mudeliga, et säästa aega ja suurendada võimalusi erinevate ehitustegevuste järjestuse valikute hindamiseks.

Ehitustegevuste järjestuse detailset kavandamist täiendab tööde vahetu ümbruse kavandamine, kus BIM 4D-mudelitel põhinevad simulatsiooni- ja juhtimistöriistad võimaldavad meil täpselt juhtida ja simuleerida meie hoone keskkonnamõju kolme põhiaspekti: varud ja tööalad, ohutus ja tervisekaitse tööobjektidel (teed, ohutsoonid jne) ning ehitusjätmete haldus (jätmete koguste, liikide, asukohtade ja eelkõige nende tekke uurimine ehitusprotsessi käigus).

Ehitusinformatsiooni mudeli projektiplaaniga sidumiseks saab kasutada mitmeid erinevaid meetodeid, nt BIMi tarkvara eksportimist projekti juhtimise tarkvarasse spetsiaalses projektiplaaniga seotud 3D/4D-visualiseerimise keskkonnas.

Kokkuvõttes võimaldab BIM 4D-mudelite kasutamine meil mõista ja visualiseerida kavandamist Gantti graafikust kaugemale, näidates ehitustegevuste järjestusi, elementide omavahelisi seoseid ja alternatiive ning ennetades takistusi ja vastuolusid kasutuselevõtmise ajal. Lühidalt öeldes tähendab see paremat kavandamist, et tagada tõhusam ja säästlikum ehitamine.

4.4.2 5D-kulude hindamine

Kulude hindamine on järjekordne ehitusprotsessi aspekt, mille puhul võib olla kasu arvutipõhiselt töödeldavast ehitusinformatsioonist. Ehitise projekteerimine on arhitektide ülesanne, ehitustööde kulude hindamine kuulub aga hindajate vastutusvaldkonda. Arhitekti tööülesandeid ei hõlma üldjuhul materjalikulu ega maksumuse arvestamist. Sellega tegeleb hindaja.

Kuluarvestuse koostamisel digitaliseerivad hindajad tavaliselt esmalt arhitekti paberjoonised või impordivad nende CAD-joonised kuluarvestusepaketti või arvestavad materjalikulu jooniste alusel manuaalselt. Kõigi nimetatud meetoditega kaasneb inimlike vigade võimalus ja kõik esialgsete jooniste ebatäpsused liiguvad edasi.

5D on BIM-i meetodika rakendamise see dimensioon, mis hõlmab konkreetselt kulude hindamist. Kolmemõõtmelises mudelis kasutatakse majanduslikku muutujat projekti kulude hindamiseks, et neid juhtida ja kulusid hinnata (erinevatele objektidele või modelleeritud elementidele hinna määramine parameetri väärtusena).

Jooniste asemel ehitusinformatsiooni mudeli kasutamise korral saab materjalikulud, kogused ja mõõtmised arvestada otse mudeli alusel. Seega vastab see informatsioon alati ehitusprojektile. Ehitusprojekti muutmise korral – näiteks väiksemate akende kasutamine – kajastub muudatus automaatselt kõigis mudeliga seotud ehitusdokumentides ja ajakavades ning hindaja poolt kasutatavates materjalikulu, koguste ja mõõtmete arvestustes.

Koguste arvestamisele kuluv hindaja aeg varieerub projektide lõikes, ent eeldatavasti kulub 50-80% kuluarvestuste koostamiseks vajalikust ajast pelgalt koguste arvestamisele. Nende numbrite alusel on ehitusinformatsiooni mudeli kasutamise hiiglaslik eelis kulude arvestamisel ilmselge. Kui materjalikulu ei pea arvestama manuaalselt, saab säästa aega, kulusid ja vähendada inimlike eksimuste esinemise võimalust. Hindamisettevõtted kaebavad sageli, et maksavad hindajatele palju raha lihtsalt koguste kokku arvestamise eest, ehkki neil on pakkuda palju suuremaid ekspertteadmisi ja kogemusi.

Tüütu koguste arvestamise automatiseerimise teel võimaldab BIM hindajatele vasem sellele kulunud aega kasutada väärtuslikumatele projektipõhistele asjaoludele – ehituspaigaldiste välja selgitamisele, hinnaloome põhimõtete koostamisele, riskide arvesse võtmisele jne – mis on väga olulised kvaliteetsete hindamiste koostamiseks. Mõelge näiteks äriprojektile, mida kavatakse hakata ehitama talveperioodil Minnesota põhjaosas. Hindaja saab aru, et ühe betoonist alusstruktuuri osa ehitamiseks on vaja talvist kütet ja vee eemaldamist. Seesuguse spetsiifilise teabe oskab kuluhinnangule täpselt lisada ainult elukutseline hindaja. See ehitusalane tarkus, mitte „loendamine“ on tegelik elukutseliste hindajate poolt kuluarvestuse protsessi lisatav väärtus.

Kui tänu projekti ja hoone virtuaalse modelleerimise puhul kasutatud BIM-i modelleerimistööriistadele on võimalik suurendada ehitusprotsessi tõhusust selle algusest kuni elukaare lõpuni, juhtides BIM 5D poolt lubatud kulusid, siis on võimalik hinnata neid kulusid alates väga varajasesst staadiumist. See võimaldab samaaegselt koos erinevate projekteerimisettepanekute analüüsimise ning erinevate alternatiivide tõhususe uurimise ja simuleerimisega (energiavoogude kontseptuaalse analüüsi, soojusjõudluse hindamiste, päikeseenergia juhtimise analüüsi, energiatõhususe hindamiste, valgustuse analüüsi jne abil) hinnata ja uurida kõigi pakutud lahenduste majanduslikku mõju. BIM-i mudelis kajastuvatele projektis tehtud muudatustele reageeritakse mudeli põhjal koostatud eelarves kiiresti, võimaldades seda kohe uuendada.

Ehitusinformatsiooni mudelist koguste ja materjalide definitsioonide kuluarvestussüsteemi ülekandmiseks saab kasutada mitmesuguseid erinevaid meetodeid. Integreerimismeetodid jagunevad järgmistesse üldistatud kategooriatesse:

- **Rakenduse programmeerimise liides (API)**, mis seob kaubandusvõrgus müüdavad kuluarvestusprogrammid otse BIM-i modelleerimistarkvaraga. Kasutaja ekspordib ehitise mudeli kuluarvestusprogrammi andmeformaati kasutades BIM-i strateegiatarkvarast ja saadab selle hindajale, kes avab selle seejärel kuluarvestuslahenduses ja käivitab kuluarvestusprotsessi.
- **ODBC-ühendus (avatud andmebaasi ühendus)** kuluarvestusprogrammidega, mida saab kasutada andmepõhiste rakenduste, näiteks spetsifikatsioonide haldamise rakenduste ja kuluarvestusrakenduste integreerimiseks ehitusinformatsiooni modelleerimisega. Selle meetodi korral kasutatakse ODBC-andmebaasi tavaliselt juurdepääsu saamiseks ehitise mudelit iseloomustavatele andmetele ning seejärel kasutatakse eksporditud 2D või 3D CAD-faile juurdepääsu saamiseks mitmemõõtmeliste andmetele. Integreerimine hõlmab ehitise andmete taasloomist kuluarvestuslahenduses, mille teostamiseks seotakse sellega kulude geomeetria, omadused ja hinnakujundus.
- **Väljund Excelisse.** Eespool kirjeldatud meetoditega võrreldes näib koguste arvestamine ja väljundi saatmine programmi Microsoft® Excel® igav, ent selle lihtsus ja kontrollitavus sobivad mõnede kuluarvestuse

töövoogude puhul. Näiteks koostavad paljud ettevõtted materjalikulu arvestuse Exceli töölehel ja edastavad andmeväljundi hindajale.

Üksi meetod ei ole õige ega vale – kõik integreerimisstrateegiad põhinevad konkreetsetes ettevõttes kasutatavale töövoole, selle poolt rakendatavatele kuluarvestuslahendustele, kasutatavatele hinnaloome andmebaasidele jne.

Samas ei tohi me unustada, et kuigi hoonete energiatõhususe põhieesmärk on loodusvarade säästmine, süsiniku jalajälje vähendamine ja kokkuvõttes meie planeedi globaalse tasakaalu säilitamine, peavad ehitusprotsessis tehtavad otsused, mis on enamikul juhtudel seotud äritegevusega, vastama ka äritegevuse tõhususe kriteeriumitele. See tähendab kulude vähendamist või vähemalt nende kompenseerimist. Üldiselt pakub BIM-i metoodika ja eelkõige BIM 5D meile vahendeid nende otsuste tegemiseks usaldusväärsete andmete põhjal, mida saab hankida peaaegu koheselt, nagu eelnevalt mainitud. Ebamäärasuste vähendamine on BIM-i metoodika üks parimaid saavutusi, kuna see võimaldab teha parimaid võimalikke otsuseid ehitusprotsessi kõige õigematel hetkedel.

4.5 Laserskaneerimise tehnoloogia

Laserskaneerimistehnoloogia kasutamine on georuumilise ja muu mõõdistamise alal populaarne olnud juba aastaid. Hiljutised arengud riistvaratehnoloogia ja ehitusinformatsiooni modelleerimise (BIM) alal aitavad aga skaneerimise ehitussektoris uuele tasemele viia. Ehitussektoris on skaneerimist kõige sagedamini kasutatud olemasolevate rajatiste puhul, ent seda on hakatud kasutusele võtma ka seoses uute ehitustöödega. Skaneerimistehnoloogia on saamas äärmiselt oluliseks integreeritud BIMi tsükli läbiviimiseks vajalikuks funktsiooniks ja pakub integreeritud BIMi töövoole selget lisandväärtust.

Renoveerimine: informatsioon pöördprojekteerimise abil

Olemasolevatest hoonetest ei ole enamikul juhtudel digitaalset mudelit. Sellisel juhul tuleb informatsioon hankida ja registreerida olemasoleva füüsilise olukorra põhjal, kasutades pöördprojekteerimist.

Selleks on siin kirjeldatud kahte lahendust: pöördprojekteerimine käsitsi registreerimise ja punktipilvede kasutamisega.

Mõlemad koosnevad kahest põhiosast.

- Ruumilise olukorra määratlemine järgneva puhul:
 - o ehitusalased paigaldised;
 - o konstruktsiooniosad, nt süvendid, servatalad, kuplikujulised konstruktsioonid jne.
- Paigaldatud paigalduskomponentide spetsifikatsioonide registreerimine.

Mõlema meetodi puhul tuleb etteulatuvalt kaaluda, millist informatsiooni kasutada. Võimaluse korral tuleb seda teha valikulisemalt kui uute ehitiste puhul BIM-i mudeli loomisel.

Käsitsi registreerimine

Selle meetodi puhul tuleb teha järgmised toimingud, eeldusel, et hetkel puudub igasugune informatsioon.

- Jäädvustatava informatsiooni valimine.
- Põhiplaani jooniste kogumine.
- Praeguse ruumide numeratsiooni kogumine.
- Süle- või tahvelarvutile täidetavate nimekirjade koostamine, kuhu saab sisestada kogu asjakohase ja valitud informatsiooni.
- Ringkäik hoones ja kohapealne paigaldiste informatsiooni registreerimine.

- Märkused korruse plaanide kohta, näiteks paigaldiste asukohad ja nendevahelised kaugused, paigaldiste kaugus konstruktsioonelementidest ning konstruktsioonelemendid ise.
- Paljudel juhtudel tuleb varjatud paigaldusosade kontrollimiseks laed avada.
- Sellest eraldi tuleb sageli teha tingimuste mõõtmine, mille abil registreeritakse hooldustase.

On selge, et see on töömahukas protsess, kus hea ettevalmistus ja eelvalikute tegemine on hädavajalik, et vältida mitmeid ebavajalikke töötunde.

Digitaalne registreerimine punktipilvede abil

Paljudel juhtudel, eriti vanemate hoonete puhul, on hoone ja paigaldiste projekteerimise kohta saadaval vähe usaldusväärseid või ülevaatlikke ruumiandmeid. Eriti osaliste renoveerimiste või muudatuste korral, mille puhul paigaldise osad säilivad, on see oluline puudus. Selle tagajärjeks on pikad ehitusajad ja sageli rohke ajakadu, kokkusobimatud komponendid ning väiksed süvendid. Lisaks võib juhtuda, et insener on projekteerinud uue torustiku kohta, kus vana on konstruktsiooniliselt või tehniliselt veel ees. Sellisel juhul ei ole inseneril oma projekteerimiskohast mingit ülevaadet ja peab olukorra üle vaatama. Siin võib olla lahenduseks nn punktipilvede kasutamine.

Selleks, et mõista, kuidas saab

skaneerimistehnoloogiat integreeritud BIMi töövoos rakendada, peame esmalt püüdma aru saada, mis on laserskaneerimine ja missuguste tähtsamate funktsioonide täitmiseks on see mõeldud. Kõige kõrgemal tasandil kasutatakse skännereid positsiooni mõõtmiseks tihedate laserkiirte



väljasaatmiseks. Laserkiired liiguvad skaneerimisel kasutatavast riistvarast välja ja nende allikasse naasmisel mõõdetakse nende liikumisaega ehk faasinihkeid. Riistvara mõõdab laseri naasmisaega ning suudab määrata, kui kaugel asub füüsiline element. Praegu kasutuses oleva skaneerimistehnoloogia abil saab sekundis välja saata tuhandeid kiiri, mille tulemuseks on andmete „punktipilv“. Skännerid suudavad punktipilvega kaasneva intuitiivsema informatsiooni jaoks määratleda ka R-, G-, B-värviväärtuse. Saadud punktipilved võivad hõlmata miljoneid, isegi miljardeid skaneeritud füüsiliste keskkonda kirjeldavaid andmeühikuid.

Mis on punktipilv?

Punktipilv on meetod ruumilise olukorra määratlemiseks olemasolevas hoones, kasutades lasermõõteseadet, millega saab skaneerida ja mõõta hoonet nii seest kui ka väljast.

Mõõtesead skaneerib laseri abil kindlast statiivi asukohast kauguse hoone pinnani ja seejärel salvestab kauguse selles suunas. Laser pöörleb ja sooritab mõõtmised poolkera kujuliselt.

Sedasi määratakse mõõdetud kauguse ja laseri suuna abil ruumis punkt, kus asub mingi ese või pind. Seejärel saab kõik need punktid kuvada koos ruumilises mudelis punktipilves. Nüüd, kui liigutada laser ruumis teise kohta, on näha joon ka näiteks tagapool. Selles uues asukohas luuakse uus punktipilv.

Erinevad punktipilved nutika tarkvaraga omavahel üheks punktipilveks ühendades võidakse paljudel juhtudel kuvada ka punktidega toru või süvend.

Tehnilise ruumi saab muuta punktipilveks ühe päevaga, kusjuures peaaegu kõik ruumiandmed saab salvestada mõne millimeetri täpsusega.

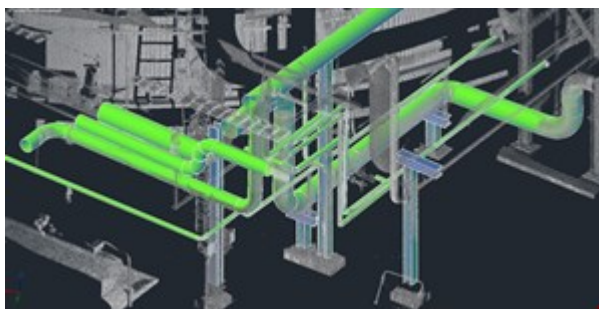
Oluline on tagada, et kõik vaatesuunad oleks võimalikult avatud, st ripplaed jne peavad olema eemaldatud.

Punktipilve omadused

- Punktipilv on sageli mitme gigabaidi suurune, kuna niivõrd palju punkte salvestatakse võrdlemisi „rumalal“ viisil.
- Mudelil puudub igasugune nutikus. Toru ei ole objekt, vaid vabalt paiknevate punktide kogum.
- Nähtav on ainult väliskülg, toru taha või läbi toru isolatsiooni ei saa vaadata.
- Hoone komponente ümber kirjutades saate muuta mudeli palju kergemaks. See lihtsustab mudelist eraldatud elementide eemaldamist. Hiljem saab digitaalselt hinnata, kas uued paigaldised mahuvad selle sisse ära.
- See mudel võimaldab teha virtuaalseid mõõtmisi kauguste ja mõõtmete määramiseks, mida saab teha kontoris.

Ideaalis on punktipilvega saadaval peaaegu fotorealistlik 3D-mudel, mis säästab projekteerimisstaadiumis hulga aega, eriti keerukamate renoveerimiste puhul, ning võimaldab vältida ajakadu tööstaadiumis. Isegi valmiskomponentide kasutamisel sobib see meetod väga hästi mittesobivate osade vältimiseks.

Ruumiandmed on seega tõhusalt ja täpselt salvestatud, kuid paigaldatud paigalduskomponentide ja ehitusmaterjalide spetsifikatsioonide määratlemiseks tuleb teha ka kohapeal käsitsi andmete registreerimist.



Näide punktipilvest

Skaneeritud andetest koosnevad punktipilved on juba ise äärmiselt kasulik analüüsimaterjal, ent punktipilved tuleb konverteerida objektipõhisteks BIMi mudeliteks. Skaneeritud andmete BIMi mudeliteks konverteerimine on tavaliselt kolmest etapist koosnev protsess:

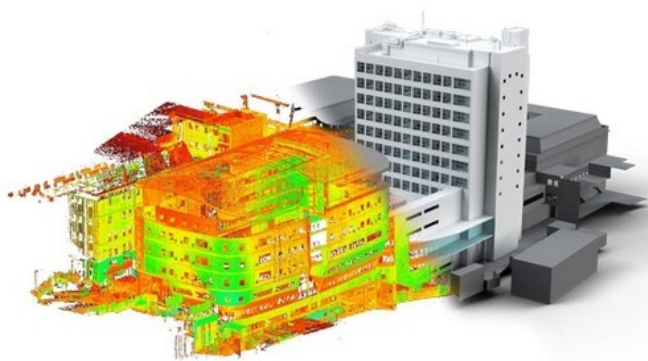
1. Esmalt viiakse erinevates skaneerimiskohtades läbi mitmed skaneerimised.
2. Teiseks liidetakse mitmetest skaneerimiskohtadest saadud andmed kokku enamasti järeltöötluks või registreerimiseks nimetatavas etapis.
3. Viimaks saab CAD- või BIM-tarkvara kasutamise abil luua objektist mudeleid, milles viidatakse punktipilvele.

Mõned registreerimistarkvara lahendused suudavad andmepunktides algoritmide rakendamise ja selle alusel pindade äratundmise läbi materjali luua. Registreerimistarkvara võimaldab objekte luua kiiresti, ent sellel on vajakajäämisi täpsuse ja modelleeritud objektide metaandmete aktsepteerimise vallas. Välise tarkvara abil objektimodelite loomine on aeglasem ja rohkem manuaalset tööd nõudev protsess, ent selle tulemusel saadakse objektist üksikasjalikum kujutis ja tulemus aktsepteerib metaandmeid paremini.

Skaneerimisele võib kuluda palju aega ja selle tulemusena saadakse väga suur ja/või keeruline andmekogu, seega soovitatakse kõigil skaneerimistehnoloogiat kasutada soovivatel meeskondadel töö eelnevalt väga põhjalikult läbi mõelda. Esmalt tuleb selgelt sõnastada skaneerimisrakenduse kasutamise soovitud tulemus. Sageli soovitakse välja selgitada füüsilise töökoha täpse asukoha andmed (X-, Y-, Z-koordinaadid). Järgmiseks peab meeskond mõtlema, mida soovitakse töökoha kohta saadud teabega ette võtta. Näiteks kasutatakse 3D-informatsiooni tihti projekti valideerimiseks. Lisaks võib elemendi kohta saadud teavet kasutada 4D-ajakulu teabe ja 5D-maksumuse teabe leidmiseks. Viimaks võib objektidele lisada ka 6D-hoonehalduse alase informatsiooni.

Kui projekti eesmärgid on täpsustatud, tuleb koostada skaneerimiskava. Skaneerimiskava on informatsiooni kogum, mille abil tuuakse välja objektil andmete jäädvustamise ulatus ja selleks kasutatav meetod. Skaneerimiskava koostamise alguses analüüsitakse sageli, missuguste elementide andmed on tarvis jäädvustada. Skaneerimise uue ehitise rajamisel kasutamise korral jäädvustavad skännerid enamast iga elemendi asukohad, millele lisatakse geograafilised andmed. Renoveerimistööde korral on skännerite kasutamise eesmärk sageli täiendava informatsiooni kogumine. Skaneeritavate elementide täpsustamine aitab objektil töötaval meeskonnal tööülesanded tähtsuse järjekorda seada ja vähendab potentsiaalselt ebavajalike elementide skaneerimisele kuluvat aega. Kui täpne ulatus on määratud, saab luua dokumendi, milles on välja toodud soovitud teabe jäädvustamiseks vajalik seadmete asukoht.

Kui teatakse, missugused elemendid tuleb jäädvustada, saab skännerid seadistada informatsiooni jäädvustama täpselt nii üksikasjalikult, kui vaja. Paljude projektide korral on oluline jäädvustada ainult teatud mõõtmetega elemendid, näiteks vähemalt 2° suurused elemendid. Väiksemate elementide jäädvustamise katsed on sageli ebapraktilised ja mittevajalikud. Seesuguseid tolerantse silmas pidades saab seadistada skaneerimisriistvara täpsed tööseaded, mis reguleerivad laserkiirte täpsust – seda nimetatakse eristamistäpsuseks ja kvaliteediseadeteks.



Skänneri eristamistäpsus võib küündida poole millimeetri täpsuseni, mis on geomeetrilistes väärtustes mistahes tavapärase mõõtmisüsteemiga kasutatavast palju suurem eraldustäpsus.

Skaneerimisprotsessis kasutatakse mitmeid sihtmärke, millest on abi järeltöötuse etapis. Skaneerimise sihtmärguina võib kasutada paberist mustreid, mis paigutatakse lamedale pinnale või pinnale asetatavale ümmargusele objektile. Sihtmärgi kasutamise eesmärk on saada vähemalt kolm kõigi skaneerimiskohtade poolt jagatavat ühist võrdluspunkti nii, et kõik võrdluspunktid ühendatakse selle esinemisega eelmisel skaneerimisel. Ühiste sihtmärkide arvu suurendamine suurendab lõpliku registreeritava skaneerimise tulemuse täpsust. Ebapiisav sihtmärkide arv võib tekitada suuri probleeme järeltöötuse etapis ning selle tagajärjel registreeritakse madala kvaliteediga andmed. Ebapiisava sihtmärkide arvu korral võib isegi vajalikuks osutada objekti korduv külastamine, millega kaasnevad suuremad kulud. Sihtmärkide õige paigutamine on skaneerimise edukuse tagamisel äärmiselt oluline!

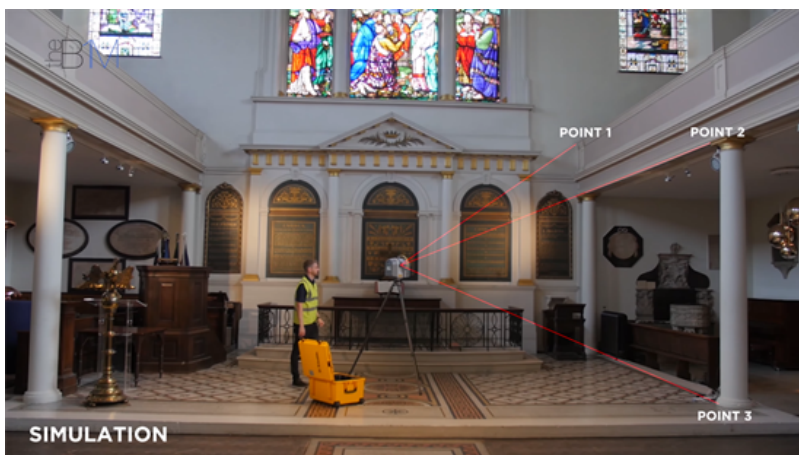
Näiteks selleks, et selgitada välja seina mõõtmed, viiakse skaneerimine läbi nii hoone sees kui väljas. Kõik mõõdetud punktid on varustatud täpsete Descartes' i koordinaatidega ja hoonesisese ja -välise skaneerimise tulemuste kokkuviiimisel määratakse seina mõõtmed millimeetri täpsusega.

Kui skaneerimine on objektil läbi viidud ja mitme skaneerimise tulemused on koos registreeritud, algab objektimodeli loomise protsess. Objekti loomine võib registreerimistarkvaras või süsteemivälistes modelleerimisrakendustes. Modelleerimisel kasutatava tööriista valik peaks sõltuma soovitud tulemuse ulatusest. Kui soovitakse üksikasjalikku väljundit, näiteks keerulistest struktuuridest, tuleb kasutada spetsiifilisi loomerakendusi (vähemüksikasjalikud väljundid saab kiiresti genereerida lihtsate loomerakenduste abil). Süsteemiväliste loomerakenduste kasutamisel tuleb mudeli loomisele läheneda meetodiliselt, mille puhul elemendid luuakse süstemaatiliselt ja väljundi alusel määratud tähtsuse järjekorras. Püüe jäädvustada kõik ühes piirkonnas esinevad elemendid võib kaasa tuua fookuse kaotamise, mistõttu ei suudate täita laiemat eesmärki. Paljude projektide korral modelleeritakse esmalt struktuur, seejärel arhitektuurilised elemendid ja viimaks mehhaanilised süsteemid. Renoveerimistöode korral soovitatakse modelleerijatel lisada teatud „olemas oleva ja jääva“ piiritletus nii, et neid mudeli elemente saab terve BIMi kasutamise tsükli käigus vaadelda eraldi.

Projekti valideerimisel on eriti tähtis koordineerimisprotsessi tugi. Renoveerimisprojektid koosnevad sageli olemasolevate ja alles jäävate ning uute elementide segust. Skaneerimise ja modelleerimise teel on võimalik saada üksikasjalikku teavet nende kahe tööruumi vahel esinevate võimalike seoste kohta. Kahe tööruumi täpsete ühenduskohtade teadmine võimaldab tööd täpsemalt koordineerida.

Täpne koordineerimine annab võimaluse valmistada elemente enne ehitustööde algust. Paljud alltöövõtjad suudavad valmistada füüsilisi paigaldatavaid objekte objektiväliselt ning toimetada need objektile suurte partiidenä, kus need saab seejärel kiiresti paigaldada. Elementide valmistamisel enne töö algust on palju eeliseid, sealhulgas ohutumad töötingimused, kontrollitud töökeskkonnad ja automaatsete masinate kasutamine. Eelvalmistamist saab aga edukalt kasutada ainult lõpliku paigalduskoha kohta täpse informatsiooni omamise korral, mida pakub laserskaneerimine.

Skaneeritud andmete alusel saadud elementide 3D-kujutised võimaldavad andmeid hiljem kasutada iga ehitustöodes kasutatava elemendiga seotud 4D-ajaaspekti kaalumisel. Iga elemendi kogust ja asukohta puudutavaid andmeid saab kasutada üksikasjalike asukohapõhiste töögraafikute koostamisel. Asukohapõhised töögraafikud võivad olla tavapärastest töögraafikutest tunduvalt tõhusamad, kuna nende koostamisel kasutatakse ehitustöö tegelikku mahu ja selle toimumise koha määramisel üksikasjalikke koguseid ja asukohti puudutavaid andmeid. Asukohapõhine



töögraafikute koostamine võimaldab ka objektil tootmist ohjata ning rakendada meeskonnad projekti ajakava koostamisel tööle ettevaatavalt. Tänu skaneerimise teel saadud teabe abil võimalikule ettevaatavale tegutsemisele ja tootmise ohjele saab renoveerimisprojektide teostamisel vältida tööde edasilükkumist.

Graafikujärgne töö on oluline ka näiteks uute torustike olemasolevatega ühendamisel. Seesuguste ühendamiste korral võib olla tarvis olemasolev torustik enne ühenduse teostamist isoleerida,

sulgeda, tühjendada ja ohutuks muuta. Kuna torustikud väljuvad sageli ühest tsentraalsest asukohast või rajatisest, võib süsteemi ühes kohas uue torustiku ühendamiseks sulgemine avaldada dramaatilist mõju torustiku toimimisele kogu

sulgemiskohale järgneval alal. Täiendav väljakutse võib esile kerkida juhul, kui seesuguse ühendamise käigus selgub, et olemasolevad torud ei ole piisavalt hea kvaliteediga ja tuleb välja vahetada. Seetõttu peaks skaneerimine ja enne töö alustamist renoveerimistöde graafiku koostamine andma võimaluse jätta graafikus uute paigaldiste vanaga ühendamise ümber ajalise puhvri.

Skaneerimise ja graafikute koostamise kombinatsioon on juba pakkunud märkimisväärsed eeliseid tööde teostamise ajal kasutuses olevate pindade faasilise renoveerimise korral, sealhulgas tervishoiuasutuste ja tootmishoonete renoveerimisel.



Töö skaneerimine võimaldab saada mehhaanilistest süsteemidest makroülevalde, mis ei ole sageli võimalik enne ehitustööd kasutatud ruumide uurimise teel. Süsteemist saadud makroülevalde võimaldab koostada nutikama töögraafiku, kuna süsteemi kasutamise aega ja töökindlust saab vaadelda ühe tervikuna, misjärel selle saab asukohapõhise graafiku koostamise meetodi abil täpselt jagada eraldiseisvateks tööruumideks. Sel eesmärgil integreeritud tarkvara

kasutamine võimaldab planeerijal genereerida ka töögraafiku simulatsioone. Töögraafiku simulatsioonid on hea meetod omanikele näitamiseks, missugune mõju on ehitustöödel nende rajatisele. Sellest on suur abi ehitise käitajatele, kes peavad sulgemised lahendama ruumides uute liikumisteede loomise või tootmisseadmete kasutamiseks uute kohtade leidmise teel.

Enne ehitustöö algust töö skaneerimise lisandväärtus seisneb ka selles, et 3D-elementidest saadud kvantifitseeritav teave võimaldab täpsemalt planeerida kulusid, mida nimetatakse 5D-mõõtmeks. Töö skaneerimisel saadakse 3D-mudelid ja see võimaldab kulusid uue ja varasema vahel täpselt jaotada. Kahe erineva ehitusfaasiga seotud kuludega võivad kaasned erineda ühikuhinnad, nende puhul võidakse kasutada erinevaid meeskondi ja erinevaid kulupuhvreid, et projekti täpsemalt prognoosida. Sarnaselt eespool toodud torustikunäitele teostatakse uute ja olemasolevate ehitise osadega seoses erinevaid töid ja seega on ühikuhinnad tööhulgast sõltuvalt erinevad. Olemasolevate elementide korral on vajalik ainulaadne kuluartikkel – torustiku puhastamine – ent seesuguse torustiku puhul jäävad välja näiteks torukandurite ja torustiku tihendamise seotud kuluartiklid. Samuti tuleb arvesse võtta, et töö kiirus, mis mitmekordistab lõpuks ühikuhinna, võib olla uute ja olemasolevate torude soojustamisel erinev, sest olemasolevatele torudele võib olla raskem juurde pääseda, mis muudab tööd aeglasemaks.

Nutikad töövõtjad on leidnud ka võimaluse pärast skaneerimist täpsemalt renoveerimistödele kulupuhvri lisamiseks. Kõik töövõtjad saavad aru, et renoveerimistöde teostamisega kaasneb palju ebakindlust, ja lisavad seetõttu projekti kuludele ootamatuste tarvis puhvri. Skaneerimine ja modelleerimine enne töö teostamist võimaldab kulupuhvrid siduda tegeliku olemasolevate ja/või uute rajatistega kaasnevate tööhulkadega ja seetõttu võib selle mõju tööde hinnangulisele kogumaksumusele olla vähem dramaatiline. Hinnangulise maksumusega seotud täpne või lai kulupuhver võib otsustada, kas töövõtja saab projekti, või jääb sellest ilma.

Laserskaneerimise selge kasutegur tuleb välja projekti lõpus omanikule üle antavale väljundile mõeldes. Omanik vastutab rajatise terve selle elukaare vältel käitamise eest ja seega on ta väga huvitatud võimalikult üksikasjalikust teostusinformatsioonist ehitatud hoone kohta. Laserskaneerimist võib kasutada tööde teostamisel mitmetes erinevates

etappides, et mõõta paigaldatud elemendi lõplikku asendit. Seejärel võib kontrollida, kas elemendi lõplik asend vastab BIMis toodule, et tagada üleantavas mudelis elemendi tegeliku asukoha kajastamine. Mudeli alusel paigaldatud elementide asetuse tuvastamine võimaldab hoonehalduritel probleemide lahendamisel läbimõeldumalt tegutseda, sest probleemi saab uurida rajatise kontorist, mitte kasutuses olevas ehitises redelil seistes.

Tööfaaside lõpus skaneerides tuleb mõnikord skaneerimine läbi viia mitu korda, kuna töö käigus kihiliselt üksteise peale rajatavad süsteemid raskendavad skaneerimist. Sellega võib kaasneda andmeid haldava ja BIMi loova meeskonna jaoks teatud ainulaadseid väljakutseid, ent just seesugustes olukordades on andmete jäädvustamine ja haldusmeeskonnale edastamine eriti tähtis. Mõelge sellele, et kui elemendi asendi jäädvustamiseks ja kirjeldamiseks on tarvis läbi viia mitu skaneerimist, võib tõenäoliselt ette tulla olukord, milles hoonehaldur peal minema objektile ja „ronima kõrgustesse“, et uurida teiste elementide peal asuvat probleemset seadet. See võib olla väga ohtlik, sest mehhaanilistes ruumides on inimese liikumine harva piisavalt toetatud ja puudub nõuetekohane pind, millel ta saaks hooldustöid teostades seista. Eelnevalt BIMi mudeli uurimine võimaldab hoolduspersonalil füüsilisele ruumile lähenemise ja probleemi kõrvaldamise planeerimisel targemalt tegutseda.

Paljud nutikad ehitiste omanikud on laserskaneerimist rajatisest BIMi mudeli loomiseks kasutanud ka siis, kui nendes ei teostata ehitustöid. Seda seetõttu, et kõnealuse hoonehaldamise tarkvara üksikasjalikkus võimaldab koostada palju ennetavama ehitise hooldustööde kava, kui on võimalik tavapärase reageeriva meetodi abil. Ehitise haldamisel ennetavalt tegutsemisega teenitakse skaneerimisele kulutatud tagasi, sest hooldustöid teostatakse pragmaatiliselt ennetavalt, mis on tööseisakuid põhjustavatele avariidele reageerimisest märgatavalt kulutõhusam.

Ehitisi, milles ei teostata ehitustöid, võib skaneerida ka ajalooliselt olulisteomaduste andmete jäädvustamiseks ja nende säilitamiseks. Rajatisel ei pruugi kohe olla lagunevate osade remontimiseks vajalikke rahalisi vahendeid, ent jäädvustada saab nende hetkeseisundi enne olukotta halvenemist. Skaneerimise andmed saab jätta alles ning remonditöödeks vajaliku raha saamise korral saab need üle anda remonditöid teostavale töövõtjale, kes saab skaneeritud andmeid kasutada enne remontimist viitematerjalina.

Laserskaneerimise kasutuselevõtmine lisab juba varem ülimalt tõhusale integreeritud BIMi töövoole täiesti uued võimalused. Võimalus jäädvustada elementide üksikasjalikud andmed füüsilises ruumis, milles need eksisteerivad, võimaldab andmeid täpsemalt kasutada. Laserskaneerimine on kindlasti nii 3D-informatsiooni koordineerimiseks ja elementide objektiväliseks valmistamiseks kasutamisel kui hindamiseks ja töögraafikute koostamiseks kasutatava informatsiooni hulga suurendamisel vajalik abivahend, mis tagab projekti kohta saadava informatsiooni suurema täpsuse. Riistvara hindade langemine ja suuremate võimalustega tarkvara tagavad skaneerimist kasutavatele töövõtjatele, kes on valmis kulutama aega ja tegema jõupingutusi täielikult integreeritud BIMi töövoos kasutamiseks, konkurentsieelise.

5. Moodul 5 – BIMi mudeli analüüs

5.1 BIMi kasutamine kvaliteedijuhtimises

Enamik olemasolevate ehitiste haldajatest peavad nende rajatiste hooldamise ja töös hoidmise tagamisel kontrolli all hoidma igapäevase tegevuse mõjusid. Nende tähtsaim ülesanne on tavaliselt mugava õhutemperatuuri tagamine. Haldaja peab tagama ka siseruumide keskkonna kvaliteedi – õhuniiskus, valgus, heli jms – ja osutavate teenuste kvaliteedi, hoolitsemise ehitise käitamiskulude, energiakulu, veekulu, jäätmete taaskasutuse ja jäätme hulga vähendamise eest. Aruandluskohustuse suurenedes muutub ehitise tõhususe mõõtmine aina tähtsamaks.

Paljud haldajad kasutavad rajatiste haldamisel juba mitmeid tehnoloogilisi lahendusi. Ehitise automaatikasüsteem (BAS) või ehitise haldamise süsteem (BMS) hoolitseb enamasti ehitise mehhaaniliste ja valgustussüsteemide toimimise eest. Energiakulu reguleerib energiakulu haldamise süsteem, mis võib kuuluda BAS-i või BMS-i alla. Paljude rajatiste korral on rajatise haldamisel – hooldustööde, töötellimuste, ruumide haldamise, kapitali planeerimise, personali jms korraldamisel – abiks ka integreeritud töödejuhtimissüsteemid (IWMS) või arvutipõhised hooldustööde haldamise süsteemid (CMMS).

Kõik nimetatud süsteemid sisaldavad hulgaliselt andmeid. Kõik, kes on osalenud nende olemasolevas rajatises rakendamises, teavad, et süsteemid on väärtuslikud vaid hooke planeerimise, oodatavate tulemuste mõistmise, üksikasjaliku andmete kogumise, testimise, kontrollimise ja koolitamise korral.

Ehkki planeerimis- ja koolitusvajadus ei kao kusagile, võivad BIMi tehnoloogia ja selle ümber väljatöötatud standardid pakkuda viisi mitmesuguste süsteemide teineteisega sidumiseks. Standardse töömeetodi korral kasutavad haldajad rajatiste kohta informatsiooni saamiseks suurt arvu dokumente: erinevatest perioodidest pärinevaid jooniseid, spetsifikatsiooniraamatuid, käitamis- ja hoolduskäsiraamatuid, garantiisid, süsteemide testimise aruandeid ja muid projektiga seotud aruandeid.

Need infoallikad on harva omavahel elektrooniliselt ühendatud. Minu aastatepikkuse insenerikarjääri jooksul täheldatud parim ja ainus näide projekteerimis- ja käitamisandmete hoidmisest pärineb ettevõttest, kus säilitati kõigi sellele kuuluvate ehitiste põhijooniseid ja andmeid kõigi nende ehitiste tähtsamate süsteemide kohta. Organisatsioonil olid ka kaustad spetsiifiliste süsteemide kohta, milles kirjeldati spetsiifilisi parameetreid ja protseduure. Konkreetsetel kuul toimunud tegevusest sõltuvalt oli informatsiooniga kursis püsimiseks vaja poole tööajaga või täisajaga töökohta. Probleemiks oli ka juurdepääs infole, sest see ei olnud alati ajakohane.

Haldurid kindlasti mõistavad tervikliku, täpse ja lihtsalt uuendatava informatsiooni vajadust, mis aitaks rajatise hallata, kuid tehnoloogia ei ole alati olnud saadaval, et seda lihtsal kujul toetada. BIM-i pidev kasutamine tagab õige informatsiooni vahetamise ja säilitamise, mida hoone haldur saab õigel hetkel kasutada. Selle tähtsa eesmärgi saavutamiseks peab hoone haldur kohe alguses kehtestama ehitusinformatsiooni juhtimise (IDM) nõuded ja seda kontrolli all hoidma. Tegelikult tuleb ehitusstaadiumis dokumenteerida teave kõigi agregaatide ja paigaldatud seadmete kohta ning tagada nende kasutus- ja hooldussuunised.

Haldusstaadiumis tuleb kõik hooldused täpselt mudelisse üles laadida, et kogu informatsioon oleks ajakohane. Hoone haldur peab tagama, et hooldusteenuste osutajad esitaksid selle informatsiooni.

5.2 Simulatsioonimeetodid ja energiakulu ja valgustuse analüüs

Väga oluline on nii uute kui olemasolevate ehitiste projekteerimise faasis määratleda energiatõhususe alased nõuded ja selgitada välja, missuguseid andmeid on vaja täpse energiatõhususe simulatsiooni genereerimiseks.

Igas ehitises tuleb määrata erinevate „tsoonide“ kasutus, mille abil saab sätestada ettenähtud temperatuurid, ventilatsiooniseadmete arvu, nt tuleb teada, kui suur on iga seina, lae, põranda, akna, ukse jms soojusenergia läbilaskvuse määr. Mida usaldusväärsemad on nimetatud andmed, seda täpsema simulatsiooni saab genereerida. Olemasolevate hoonete korral on väga tähtis teada ka selle kasutajate harjumusi, mis võimaldab simulatsiooni õigesti läbi viia.

Selleks, et viia läbi täpne hoone energiakulu analüüs, konverteeritakse 3D geomeetiline mudel analüütiliseks mudeliks. Esmalt tuleb konverteerida kõik ruumid tubadeks. BIMi tööriistas on toad samaväärsed tsoonidega, mis tuleb määratleda. Soojustsoon on täielikult suletud ruum, mida piiravad põrandad, seinad ja katus, ning see on põhiühik, mille kohta arvutatakse välja küttekoormus. „Toa“ mõõtmised määratletakse seda piiravate elementide, nt seinte, põrandate ja katuste alusel. Kui „tuba“ on hoone energiakulu analüüsimiseks määratletud, konverteeritakse need piiravad elemendid 2D pindadeks, mis väljendavad nende tegelikku geomeetriat. Varikatuseid ja rõdusid, mis ei moodusta tuba, loetakse aga varjustatud pindadeks. Selleks, et otsustada, kas tegemist on sise- või väliruumiga, on oluline analüütilises mudelis määratleda, millega see külgneb. Projekteerijad kannavad BIMi tööriista üleslaetava väljatöötatud pistiküksuse abil formaate gbXML ja IFC kasutades loodud hoonemudelit otse üle energiakulu simulatsiooni ja analüüsimise tööriista.

Selleks, et testida, missuguseid andmeid nimetatud failiformaadid sisaldavad, on vaja neid hoolikalt võrrelda. Loodud juhtumi ülesehitamise mudelid testitakse ehitismaterjalide, paksuse, geomeetria (pindala ja maht), ehitusteenuste, asukoha ja ehitise tüübi alusel. Baasjuhtumi puhul hoitakse kõik sisendmuutujad konstantsel tasemel, testimiseks muudetakse muutujaid ühekaupa.

See platvorm annab sobiva keskkonna otsustamisprotsessi toetamise süsteemi (DSS) loomiseks, mis aitab projekteerimismeeskonnal otsustada, missugust tüüpi säästlikud ehitise komponendid sobivad kõige paremini, ja valida määratletud kriteeriumite alusel kavandatavate projektide perekonnad (st energiakulu, keskkonnamõjud ja majanduslikud omadused), et püüda välja selgitada kasutatavate projektivariantide mõjud terve hoone säästlikkusele. Lõplikku otsust mõjutavad energiakulu ja valgustuse analüüsi tulemused, elukaareülene analüüs (LCA) ja keskkonnamõju ning energiasäästu alased tulemused, samuti iga ehitise komponendi säästlikkuse hindamine hindamissüsteemi LEED alusel ja seesuguste komponentide esialgsed maksumused. LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) on üks maailma populaarseimatest keskkonnasõbralike ehitiste sertifitseerimise programmidest. Mittetulundusühingu Ameerika Ühendriikide Keskkonnasõbralik Ehitusnõukogu (U.S. Green Building Council (USGBC)) poolt välja töötatud programm hõlmab hindamissüsteemide kogumit keskkonnasõbralike hoonete, kodude ja naabruskondade projekteerimiseks, ehitamiseks, kasutamiseks ja hooldamiseks, mis aitab ehitiste omanikel ja kasutajatel käituda keskkonda säästvalt ning kasutada ressursse tõhusalt.

- **Energiamudelid.** Need ehitusinformatsiooni modelleerimise mudelid käsitlevad kõiki tähtsaid küsimusi. Energiamudelit kasutatakse sageli analüüsi kõige varasemates etappides. Energiamudel aitab tõlgendada põhiandmeid. Määratleda, mida teil on vaja vastavas etapis teada ehitise vormi ja suunitluse kohta. Sageli kasutate mudelite loomiseks ainult algelist geomeetriat. Realistlikumad ja täpsemad kirjeldused lisatakse hilisematesse energiamudelitesse.
- **Valgustusmudelid.** Nende mudelite puhul on kõige olulisem esitus, sest valgustusmudel puudutab visuaalset aspekti. Üldiselt on need energiamudelitest palju üksikasjalikumad. Tutvute geomeetria põhjalikumalt ja

kasutada seda mudelit oma materjalide omaduste määratlemiseks. See mudel aitab teil kindlaks teha, mida täpselt vajate ning kuidas kõik peaks kokku sobima. Üldjuhul on lõplikult valmis valgustusmudel sarnane sellega, mille esitlete klientidele.

Energiakulu simulatsiooni mudelisse importimisel võtab mudel omaks asukohale digitaalse mudeli loomisel määratud vaikeväärtused. Selleks, et veenduda, kas mudelis kasutatud valitud materjaliga seotud teave on täielikult energiakulu simulatsiooni ja analüüsi tööriista ülekantud, võib hoone 3D-mudelile määrata uue materjali.

Järgmises loetelus on välja toodud tähtsamad valgustuse analüüsile ja projekteerimisele kehtivad nõuded:

- ruumiline geomeetria;
- pinna peegelduvus;
- valgustite fotomeetria ja sellega seotud tegurid;
- valgustite asetus ja suunamine.

Uusim funktsioon pakub võimaluse arvutada mistahes kellaajal päikesevalgusest ja katuseaknast saadud valguse taset ruumis. Kõigi ilmastikutingimustega arvestav meetod All-Weather Sky kasutab valitud päeval ja kellaajal eksisteerivate naturaalse valguse tingimuste täpsemaks hindamiseks ajaloolisi ilmaandmeid.

5.3 Ehitustööde tehniline järelevalve

Ehitusvaldkonna digitaliseerimine eeldab kahe samasuguse hoone ehitamist, millest üks on päris ja teine virtuaalne mudel, mis on päris hoone täpne koopia. Selle eesmärgi saavutamiseks peab ehitustööde järelevalve eest vastutav spetsialist tagama, et kõik ehituse käigus tehtud muudatused oleks õigesti mudelisse sisestatud. Lisaks tuleb kõigi paigaldatud seadmete tehniline skeem edasiste hoolduste tegemiseks objektiga siduda. Kogu informatsioon ehituse käigus reaalselt kasutatud materjalide ja seadmete kohta asub mudeli IFC formaadis, et seda saaks tulevikus mis tahes tarkvararakendusega vaadata. Suurema ehituse puhul võib kasutada ka hoone halduse tarkvara. Mudeli omanik peab lõpuks tagama, et kliendid saavad mudeli, mis on võimeline lugema ja esitama kogu nõutud informatsiooni alates algusest kuni tööandja informatsiooni nõueteni (EIR).

Kogu ehitusprotsessi käigus on vaja tööde hetkeseisu kontrollida ja dokumenteerida ning kõik muudatused tuleb hoone BIM-i mudelisse sisestada. Sedasi saab investor pärast ehitustööde lõppu BIM-i mudeli, mis on olemasoleva hoone täpne koopia. Seda mudelit saab kasutada hoone halduseks ja täiendavateks kaasajastamistöödeks.

- BIM-i mudel mobiilseadmetele. BIM-i mudel ja kõik kehtivad tehnilised dokumendid on tänu mobiilseadmete rakendustele kohe saadaval. Projektis pidevalt toimuvate muudatuste tõttu on kiire juurdepääs dokumentidele hädavajalik investeeringu realiseerimiseks kindlaks määratud ajagraafiku jooksul.

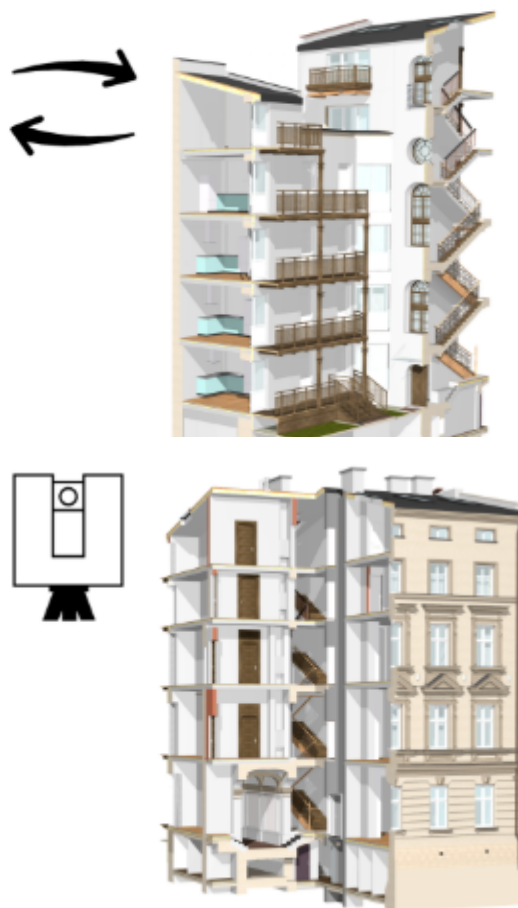


Tavaliselt toimub järelevalve kord nädalas või iga kahe nädala tagant. Mõned arhitektid kasutavad IFC brausereid, mis parandavad oluliselt suhtlust objektil töötavate meeskondadega. Järelevalvet võidakse teha planeeritud ajavahemikus ja investori nõudmisel. Tavaliselt on see seotud infoga projekti edenemise kohta.

- Infovahetus ehitusobjektiga. Äärmiselt oluline on tagada hea koostöö projekterija ja töövõtja vahel. Pidev infovahetus ehitusobjektilt BIM-i mudelisse on hädavajalik. Informatsiooni kogutakse hoone kohta mitut moodi: tehakse väga täpseid mõõtmisi ning luuakse andmekogu fotodest ja tekstaruannetest.

Kogu ehitusprotsessi käigus kontrollib, mõõdab ja dokumenteerib spetsialistide meeskond ehituse hetkeseisu. Sedasi on investoril ülevaade ehitustöö edenemisest, mis võimaldab kontrollida faktide vastavust ehitusprojektile ja ajagraafikutele. Lisaks luuakse teostusmudel, mis vastab tegelikkusele. Mudeli üksikelementidel on olek, mis määrab, kas need on olemasolevad, lammutamiseks mõeldud või projekteeritud osad. Järelevalve käigus elemente lisatakse, nende olekut uuendatakse või neid eemaldatakse. Samuti lisatakse mudelisse realiseerimise käigus tehtud muudatused, koostades sedasi reaajas lõpetamisjärgse projekti. See tagab pärast lõpetamist investorile BIM-i mudeli, mis on olemasoleva hoone täpne koopia ning mida saab kasutada hoone halduseks ja täiendavateks kaasajastamistöödeks. Mudel esitatakse mitmes failiformaadis ja avatud IFC formaadis, mida toetab organisatsioon buildingSMART. Arengumudeli maksumus arvutatakse ehituse kestuse ja objekti keerukuse põhjal.

- BIM-i mudeli uuendamine ehitusobjektilt saadud andmetega. Muudatused tehakse BIM-i mudelis kohe pärast objekti ülevaatus, mis võimaldab projekteerijatel projekti kohandada ja valida õiged tehnilised lahendused. Mudeli õige ja kiire uuendamine on hädavajalik töövõtjale oluliste muudatuste tegemiseks.



Suurema tööprotseduuri lõpetamisel teevad töövõtjad esmalt ise kontrolli. Seejärel kinnitavad lepingulise järelevalvet teostava ettevõtte järelevalvatajad kontrolli tulemuse, enne kui saab jätkata järgmise protseduuriga. Arendaja (nt kinnisvaraettevõtte) haldurid võivad küsida teavet kontrolli oleku ja tulemuste kohta igal ajal. Kõik asjakohased kontrollitoimingud, kontrollmeetodid ja kontrollpunktide nõutav hulk on standardites kirjas.

Süsteemi kasutajate hulka kuuluvad asjakohased kontrollijad, nagu töövõtjad, järelevalvatajad ja haldurid.

Järgnevalt on esitatud BIM-il põhineva kvaliteedikontrolli süsteemi peamised funktsionaalsed nõuded:

Number	Funktsiooni nimi	Funktsiooni kirjeldus
1	3D-mudeli importimine, sirvimine ja kasutamine	Võimaldab importida IFC andmeid, vaadata mudelit ja komponente hierarhiliselt, kasutada mudelit suumi-, teisendus- ja pööramisfunktsiooniga, et aidata kontrollijal kiiresti kontrollitava ehitise osa kohta infot saada.
2	Järelevalve maa-alade, kontrolltoimingute ja -punktide automaatseks loomiseks	Võimaldab luua algoritmi järelevalve maa-alade, kontrolltoimingute ja -punktide loomiseks automaatselt, mis võib aidata kontrollijatel koostada ülevaatuskava enne ehitustegevusi ning viia läbi ehitusobjekti kontroll tavapärast ja nõuetekohaselt.
3	Kohandatud vormide täitmine	Võimaldab teha järelevalvet täites järjest kohandatud vorme nutikate nõuannetega.
4	Standardsete dokumentide automaatne koostamine	Ehitusobjektile täidetud vormi saab teisendada automaatselt standardseks dokumendiks ilma teise sisendita.
5	Järelevalveprotsessi oleku ja tulemuste vaatamine	Võimaldab vaadata ja jälgida ehitusobjektilt saadetud järelevalveandmeid ning kogu järelevalveprotsessi edenemist ja tulemusi.

5.4 BIMi üleandmine ja hooldamine

Projekteerimis- ja ehitusmeeskonnad värvatakse tavaliselt kliendile üleantava struktureeritud infopaketi koostamiseks, mis hakkab projekti lõpus toetama kliendi vara käitamist ja hooldamist. Seesuguse üleantava informatsiooni terviklikkust, täpsust ja sobilikkust ei kontrollita aga vastuvõtmisel eriti sageli. See selgitab, miks kinnisvaraobjektide omanikud ja hoonehaldurid on varastel aastatel sageli hädas ehitise (kulude või kasutusala osas) ootustele vastamise tagamisega. Seega võib väita, et hoonehaldurid võiksid kohe alguses välja öelda oma eelistused ja ootused info osas, mida nad vajavad. BIM ja koostööpõhine lähenemine ehitise projekteerimisele, ehitamisele ja üleandmisele võivad mängida tähtsat rolli meie edasi viimisel teel paremini ellu viidud projektide suunas ja aidata vältida probleemide teket.

Hoonehaldurile (FM) antakse ehitusprojekti lõpetamisel võtmete üleandmisel tavaliselt üle virtuaalne või füüsiline karp, mis on täidetud informatsiooni ja andmetega. See karp peaks muuhulgas sisaldama selgitusi ehitise hooldamise kohta, seadmete garantiisid, juhiseid turvasüsteemide kasutamiseks ja varade loetelusid. Seesuguse teabe võib esitada mistahes formaadis, sealhulgas paberkujul või digitaalsel andmekandjal, näiteks CD-plaatidel või USB-mälupulkadel.

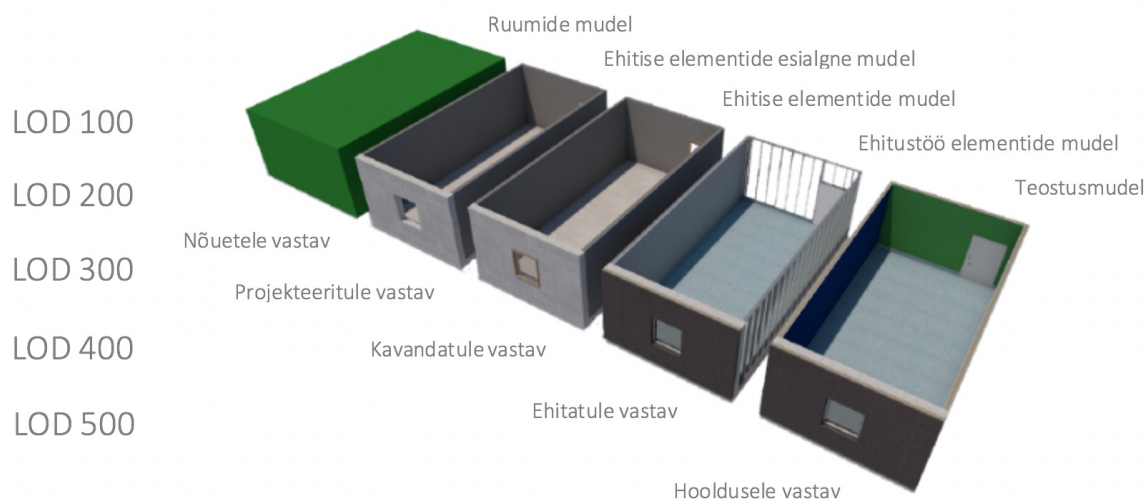
Niinimetatud „BIMi objektide“ laiahaardeline kasutamine hõlbustab ehitise üleandmist. BIMi objekt on hoone element, milleks võib olla struktuuri osa, kütte-, ventilatsiooni- ja kliimaseadmete süsteemi osa või isegi mööbliese või kodumasin. BIMi objekt võib hõlmata mistahes teavet näiteks geomeetrilisi andmeid, ühendusi süsteemidega, hooldusjuhendeid, garantiisid jms. Paljud tootjad kasutavad nüüd tavapäraste kataloogide abil BIMi objektide katalooge nii, et projekteerija saab lihtsalt kataloogist objekti valida ja selle mudelisse lisada. Mudelit saab ehitise elukaare erinevates faasides kasutada ja täiendada erineval „eraldustäpsuse tasemel“ (LOD).

Näiteks eelprojekteerimise faasis vajatakse ainult geomeetrilisi andmeid, tehnilise projekteerimise faasis tuleb esitada kõik seadmete ja süsteemide tsentraalsete süsteemidega ühendamist puudutavad andmed ja viimaks, ehitise üleandmise ja projekti lõpetamise käigus esitatakse kõik muud andmed. Alltoodud pildil kujutatakse näidet sama objekti puhul kasutatavatest erinevatest eraldustäpsuse tasemetest.

BIM on informatsiooniprotsess

bimobject

BM = ehitise modelleerimine = 3D CAD



Olukorra muudab veelgi keerulisemaks see, et tähtis ehitisega seotud informatsioon on kasti üleandmisel kaotsimineku ohus. Kui hoonehaldur märkab, et informatsiooni on puudu, peab ta kulutama aega projekti varasemate andmete otsimisele. See tähendab ilmaasjata tehtud jõupingutusi, eelkõige seetõttu, et töötaja kulutab sellele oma tööaega. Pärast kaotsiminekut taastatud informatsioon võib sageli olla ebatäpne või puudulik. Kõige halvimal juhul ei saa andmeid taastada ja hoonehaldur peab ehitist või selle osa tegelikkusele vastava olukorra jäädvustamiseks uuesti mõõdistama. Selle tulemusena maksab ehitise omanik topelt mõõdistamise eest, mis oleks pidanud toimuma ainult ühel korral (ja hooldustöid teostavale töövõtjale).

Teisalt eeldame, et kõik üleantud andmed olid õiged, terviklikud ja tulevasi muudatusi arvesse võtvad. Need olid ka vastavuses kõigi juba teadaolevate immateriaalsete andmetega või korraldatud nii, et need oleksid kergesti sorteeritavad ja kasutatavad järgmise kahekümne aasta jooksul. Seesugusel juhul saab informatsioon hõlbustada ehitise igapäevast käitamist, mitte ainult praegu, vaid ka aastaid pärast üleandmist.

Kuidas on see kõik seotud ehitusinformatsiooni modelleerimisega (BIM)? BIM laseb informatsioonil sujuvalt voolata alates ehitusprojekti käivitamisest ja läbi terve ehitise haldamise protsessi. Selles tuuakse kliendi jaoks välja kõik alates ruumide jaotusest ja lõpetades kasutatud materjalide, varaobjektide kasutusaegade ja vajalike hooldustööde graafikutega – põhimõtteliselt kirjeldatakse, missuguseid tooteid ehitist sisaldab, kus need asuvad, kuidas need toimivad ja kuidas need kõik omavahel kokku sobivad. See loob mudelisse kuuluvate objektide vahel seoses ja ühendab need omavahel, et kõik rajatise projekteerimises, ehitamises, käitamises ja pidevas hooldamises osalevad osapooled saaksid neist paremini aru.

Pikemas perspektiivis tähendab see suuremat prognoositavust ja võimalust tegutseda ehitise haldamisel probleemide vältimiseks varakult ja ennetavalt. Need võimaldavad kulutõhusa, säästliku ja ajasäästliku käitamise ja hooldamise abil ehitise väärtuse selle elukaare jooksul maksimaalselt ära kasutada. BIMi abil saavad hoonehaldurid rajatavaid ehitisi visualiseerida, mis aitab meil paremini mõista projekti eesmärke. BIM võimaldab neil heita pilgu tulevikku – see näitab neile eraldiseisvate disainiomaduste mõju lähitulevikus, sama päeva õhtul ja järgmistel päevadel.

BIMi saab kasutada ka üleandmise protsessi erinevate etappide vahelise sillana. Kui meeskonnad kasutavad ühtseid infokeskkondi, on töövood automatiseeritavad jagatud, neutraalsel platvormil, huvitatud isikutel on aga juurdepääs kõikehõlmavale inforessursile, mida jagatakse projekti ajal ja pärast projekti lõpetamist. See vähendab projekti varasemates faasides loodud informatsiooni kaotamise ohtu. Täpset informatsiooni tuleb õigeaegselt registreerida, kontrollida ja esitada terve protsessi käigus, mitte lihtsalt lõpus kokku koguda.

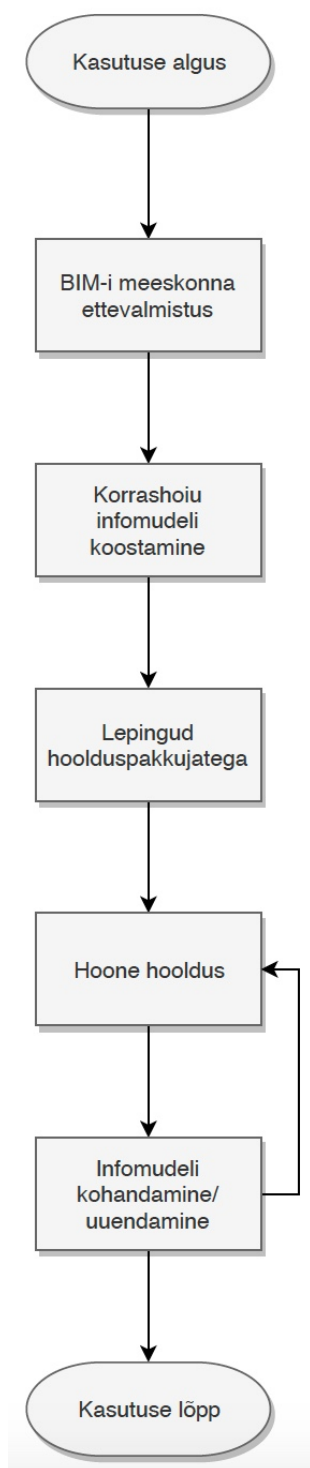
Hoonehaldurid muretsesvad sageli, et nad ei ole osalenud ehitise projekteerimises ning see muudab nende töö raskemaks. BIM tähendab nende jaoks mitte suuremat tööhulka, vaid nutikamalt töötamist. Uued töömeetodid julgustavad BIMi kasutusse võtmise teel töösse kaasama vara omanikke ja hoonehaldureid, et saada parem ettekujutus informatsioonist, mida nad ehitise üleandmisel vajavad. See tähendab inimeste kokku viimist. Hoonehaldurid ei pea olema täielikult tuttavad CAD-tehnoloogia või 3D-modelleerimisega, ent võivad siiski avaldada projekteerimise ajal oma arvamust, mõjutada töö tulemust ning tagada, et neile töövõtja poolt üleantav informatsioon vastab nende spetsiifilistele vajadustele.

Kuidas saavutada seesugune koostööpõhine tööviis? Kõigi valdkondade vahelise avatud suhtlemise julgustamise teel. Sektori liikumissuund viib viimaks punkti, milles ehitiste haldamise alased eksperdid võivad aidata teistele projekteerimis- ja ehitusjärgus tutvustada BIMi kasutamise ehitise elukaare jooksul pikemas perspektiivis avalduvaid kasutegureid. Spetsiaalne roll on siin avatud BIMi formaatidel, näiteks IFCI. See on BIMis kasutatav rahvusvaheline andmestandard, mis võimaldab osapooltel sõltumata sellest, missuguseid tarkvaraplatvorme nad kasutavad, projekti käigus suhelda ja tagab andmete loetavuse ka kümne aasta pärast ja hiljemgi. See loob eeskirjad ja alused koostöö tegemiseks, et tagada, et kõik räägivad ühist keelt.

Kõrgetasemelisi digitaalset üleandmisvahendeid kasutamata näevad töövõtjad sisuliselt vahetult enne projekti omanikule üleandmist palju vaeva tagasiulatavalt projektiga seotud informatsiooni kokku kogumiseks või seisavad silmitsi trahvide või viiviste maksimisega. Kui informatsioon suudetakse kokku panna, on suur osa sellest ebatäpne ja/või puudulik. BIM annab omanikele valmis ehitatud ehitise mitmemõõtmelise mudeli ja – mis veelgi tähtsam – võimaluse töötada välja ehitist puudutav struktureeritud digitaalsete andmete allikas, mis võimaldab projekti selle teostatavuse testimise käigus muuta ja selle heaks kiita. Tuleviks on hoonehalduritel võimalus mõjutada neile üleantava informatsiooni kvaliteeti, sh lasta lisada kõigile digitaalsetele andmetele ja georuumivaadetele kõik asjakohased vajalikud projekti ja üleandmist puudutavad andmed.

Koolitamine võimaldab saavutada nii mõndagi. Meie sektoris avab see uksi ja aknaid nii, et kliendid hakkavad täielikult mõistma, missuguseid andmeid nad vajavad oma elu lihtsamaks muutmiseks. Digitaalsetele koopiadele lisatakse iga päeva aina rohkem tähendusrikkaid andmeid ning neist saavad füüsiliste ehitiste digitaalsed mudelid. Seesuguse kõrgetasemelise tehnoloogia kasutamine võib tõsta ehitiste haldamise uuele tasemele.

Pärast üleandmist on kliendil digitaalne infomudel (nt LoD 500). Seda saab täiustada 7D-mudel, mille puhul muudetakse ehitise hooldus läbipaistvaks. Hetkel on saadaval vähe tarkvara, mis suudaks sellist hooldus- ja haldusteavet kuvada. Sellest tulenevalt on infomudeli teisendamine hooldus- ja haldusteabeks töömahukas. Järgmisel vooskeemil on kujutatud võimalik hooldusprotsess.



1. Alustamine BIM-i meeskonnaga

Esmalt teeb algust (uus) BIM-i meeskond, et arutada juhtimis- ja kasutusstaadiumi seoses infomudeliga.

2. Lõpetatud infomudeli väljatöötamine

Selle mudeli põhjal saab genereerida informatsiooni ehitise hoolduse jaoks. Selleks on näiteks ventilatsiooniseadmete filtrite vahetamissagedus või aknaraamide ruutmeetrid.

3. Hooldusteenuse pakkujatega lepingute sõlmimine

Detailse infomudeli põhjal saab sõlmida lepingud hooldusteenuse pakkujatega hoone hooldamiseks.

4. Hoolduse teostamine

Kasutamise käigus hooldatakse hoonet perioodiliselt. Rakendatakse ennetavad ja parandusmeetmed ning paigaldistele tehakse väikseid modifikatsioone.

5. Infomudeli kohandamine

Hoolduse eest vastutav osapool arvestab ehitise elukaare jooksul infomodelis tehtud kohandustega.

Suhtlus

Pärast lõpetamist saab hoone kasutusele võtta. Võib juhtuda, et hoonet kasutab ja hooldab mõni muu organisatsioon. Seetõttu on vajalik infomudeli edasiandmine ühe või mitme konsultatsiooni käigus. Eelkõige tuleb hooldusosakondi õigesti juhendada, kuidas paigaldiste informatsiooni BIM-is läbipaistvaks muuta.

Referentsid

Abiola Akanmu, Bushra Asfari and Oluwole Olatunji, BIM-Based Decision Support System for Material Selection Based on Supplier Rating, www.mdpi.com/2075-5309/5/4/1321/pdf

Alessandra Marra, BIM and product digitalization, https://www.edilportale.com/news/2018/03/focus/il-bim-e-la-digitalizzazione-dei-prodotti_63136_67.html

Amor R., Integrating building information modeling (BIM) and energy analysis tools with green building certification system to conceptually design sustainable buildings, https://www.itcon.org/papers/2014_29.content.06700.pdf

Autodesk, BIM and Cost Estimating, http://images.autodesk.com/apac_grtrchina_main/files/aec_customer_story_en_v9.pdf

Autodesk, BIM and Project Planning, https://www.etc-cc.com/etc/download/bmi/BIM_project_planning_EN

BibLus-net, BIM and Model Checking: what is and what are the data validation processes?, <http://biblus.acca.it/il-bim-e-lattivita-di-model-checking-il-clash-detection-e-il-code-checking/>

Bilal Succar, BIM Think Space, BIM data sharing methodologies, http://www.bimthinkspace.com/2006/02/the_bim_episode.html

Bilal Succar, BIM Think Space, Focus on Modelling, http://www.bimthinkspace.com/2005/12/the_bim_episode.html

Bilal Succar, BIM Think Space, Focus on Information, http://www.bimthinkspace.com/2005/12/the_bim_episode_1.html

Bilal Succar, BIM Think Space, Introduction to the BIM Episodes, http://www.bimthinkspace.com/2005/12/bim_episode_1_i.html

Bilal Succar, BIM Think Space, the BIM Maturity Index, <http://www.bimthinkspace.com/2009/12/episode-13-the-bim-maturity-index.html>

Bilal Succar, BIM Think Space, The role policy makers (can) play in BIM adoption, <http://www.bimthinkspace.com/2015/01/episode-20-the-role-policy-makers-can-play-in-bim-adoption.html>

Bilal Succar, BIM Think Space, Top-Down, Bottom-Up and Middle-out BIM Diffusion, <http://www.bimthinkspace.com/2014/07/episode-19-top-down-bottom-up-and-middle-out-bim-diffusion.html>

Bilal Succar, BIM Think Space, Understanding Model Uses, <http://www.bimthinkspace.com/2015/09/episode-24-understanding-model-uses.html>

BIM Point, BIM Model during construction, <http://bimpoint.pl/bim-na-budowie-2/?lang=en>

BIM Portale, BIM and open standard, <https://www.bimportale.com/bim-e-open-standard/>

CPIC – Construction Project Information Committee, CPiX BIM Execution Plan, <http://www.cpic.org.uk/cpix/cpix-bim-execution-plan/>

Designing Building Wiki, BIM Execution Plan BEP, https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/BIM_execution_plan_BEP

Diogo Gonçalves Simões, Building maintenance supported by BIM model, <https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/395145922990/ExtendedAbstract.pdf>

Duane Gleason, Laser Scanning for an Integrated BIM, <https://www.tekla.com/de/trimble-5d/laser-scanning-for-bim.pdf>

Erin Rae Hoffer, Achieving strategic ROI measuring the value of BIM, https://damassets.autodesk.net/content/dam/autodesk/www/solutions/pdf/Is-it-Time-for-BIM-Achieving-Strategic-ROI-in-Your-Firm%20_ebook_BIM_final_200.pdf

Essential BIM, As-Built “BIM Ready” Models, <http://essentialbim.com/bim-services/as-built-bim-ready-models>

European Commission, Buying green!, <http://ec.europa.eu/environment/gpp/pdf/Buying-Green-Handbook-3rd-Edition.pdf>

Formar - Vocational training on Sustainable Buildings Maintenance and Refurbishment, Sustainable Construction & nZEB, <http://formarproject.eu/index.php/sustainable-construction-nzeb>

Fundación Laboral de la Construcción, Glosario Terminología BIM

Giuseppe Broccoli, Bonds in international construction contracts: what they are, <https://blog.bdalaw.it/en/bonds-in-international-construction-contracts>

Hari Srinivas, Sustainability Concepts - Green Procurement, <https://www.gdrc.org/sustdev/concepts/14-gproc.html>

Harpaceas, The BIM Expert, <https://www.harpaceas.it/il-controllo-normativo-con-solibri-model-checker-code-checking/>

Institute of Public Works Engineering Australia, Best practice Guide for tendering and Contract Management, <http://vccia.com.au/advocacy-and-reports/tendering-&-contract-management>

Jennifer K. Whyte & Timo Hartmann, How digitizing building information transforms the built environment, <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09613218.2017.1324726#aHR0cHM6Ly93d3cudGFuZGZvbmxpbmUuY29tL2RvaS9wZGYvMTAuMTA4MC8wOTYxMzIxOC4yMDE3LjEzZmJQ3MjY/bmVIZEFjY2Vzc210cnVlQEBAMA==>

Laurie A. Gilmer, P.E., How to Use Building Information Modeling in Operations, <https://www.facilitiesnet.com/software/article/How-to-Use-Building-Information-Modeling-in-Operations-Facility-Management-Software-Feature--13688>

Luca Moscardi, Building in Cloud, CDE – Common Data Environment – strategic tool for BIM process, <https://www.buildingincloud.net/cde-common-data-environment-strumento-strategico-del-processo-bim/>

Luca Moscardi, Building in Cloud, 6 key points to build a successful Common Data Environment, <https://www.buildingincloud.net/cde-common-data-environment-strumento-strategico-del-processo-bim/>

Matt Ball, Redshift Autodesk, Building Information Modeling for the Win: Top 11 Benefits of BIM, <https://www.autodesk.com/redshift/building-information-modeling-top-11-benefits-of-bim/>

Richard McPartland, NBS, Clash detection in BIM, <https://www.thenbs.com/knowledge/clash-detection-in-bim>

SCIA, Why is open BIM important?, <https://www.scia.net/en/open-bim>

Steve Cooper, Aconex, The Value of BIM in Handover and Maintenance, <https://www.ukconstructionmedia.co.uk/news/bim-handover-maintenance/>

Wei Lu¹, Dan Zhang and Steve Rowlinson, Department of Real Estate and Construction, The University of Hong Kong, Hong Kong, BIM collaboration: a conceptual model and its characteristics, http://www.arcom.ac.uk/-docs/proceedings/ar2013-0025-0034_Lu_Zhang_Rowlinson.pdf

Zhiliang Ma, Na Mao and Qiliang Yang, A BIM Based Approach for Quality Supervision of Construction Projects, http://2016.creative-construction-conference.com/proceedings/CCC2016_100_Ma.pdf

Käesolevat projekti on toetatud Euroopa Liidu teadusuuringute- ja innovatsiooniprogrammi Horizon 2020 raames toetuslepingu nr 754016 alusel.

Dokumendis väljendatakse ainult autori seisukohti. Agentuur ei vastuta dokumendis sisalduva teabe mistahes viisil kasutamise eest.

Käesolevat dokumenti värskendatakse projekti käigus tulemuse turu vajaduste ja teiste programmi Horizon 2020 raames läbiviidud BIMiga seotud projektidega vastavusse viimiseks.

Dokumendi värskendatud versioon avaldatakse ainult projekti veebilehel: www.net-ubiep.eu.

Mõned dokumendid võidakse tõlkida ka partnerite riigikeeltesse ning need võivad olla leitavad vastavatelt riiklikelt veebilehtedelt. Palun klõpsake vastavate lehtede avamiseks lippudele:



Rahvusvaheline
veebileht



Itaalia veebileht



Horvaatia veebileht



Slovakkia veebileht



Hispaania veebileht



Hollandi veebileht



Eesti veebileht



Leedu veebileht