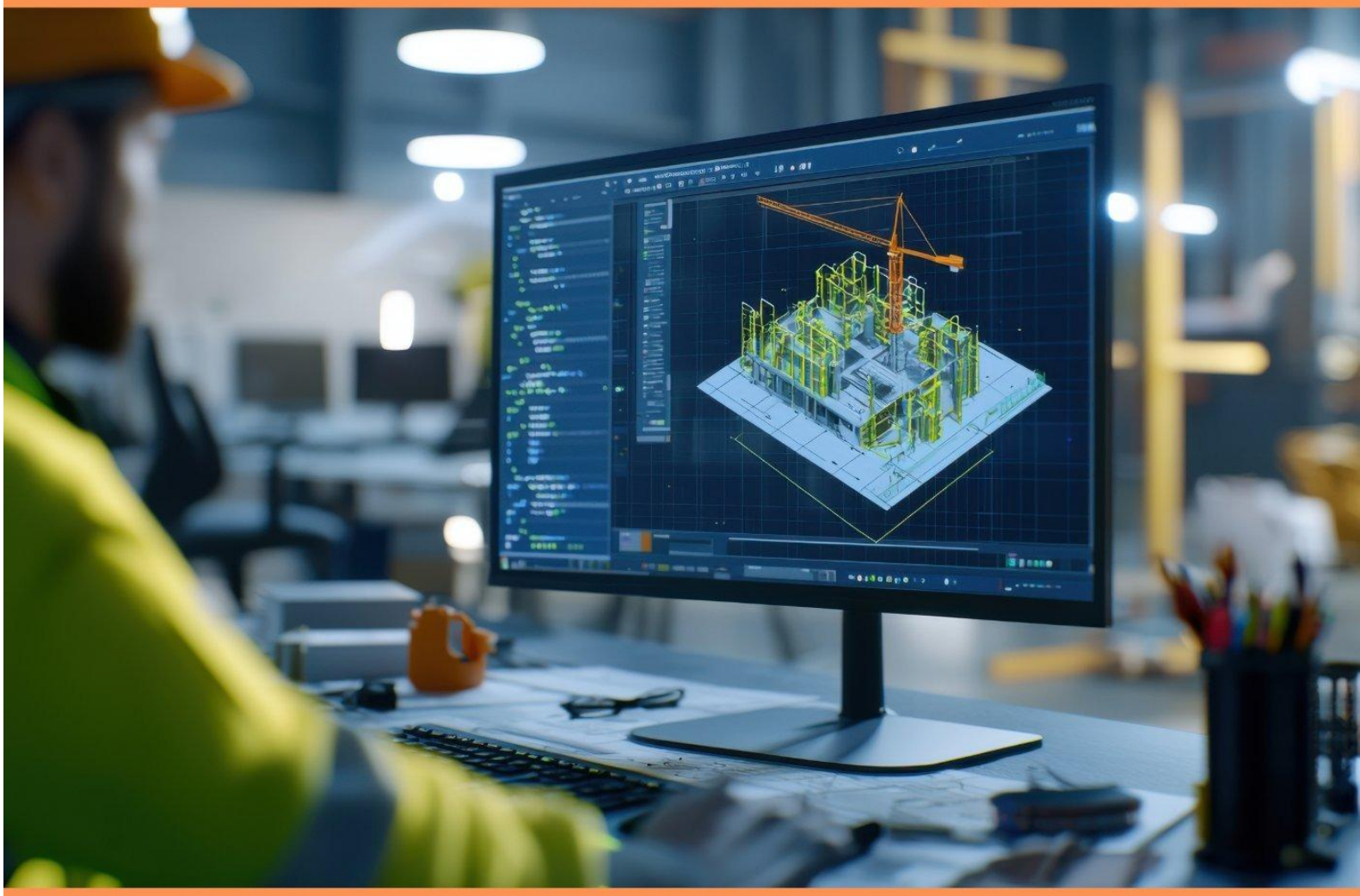
ET4 Digital

KURSUS 2



Ehitusinfo modelleerimine

(BIM) VKE-dele

Kaasrahastanud Euroopa Liit

Rahastatud Euroopa Liidu poolt. Avaldatud seisukohad ja arvamused on ainult autori(te) omad ega pruugi kajastada Euroopa Liidu või Euroopa Hariduse ja Kultuuri Rakendusameti (EACEA) seisukohti ja arvamusi. Euroopa Liit ega EACEA nende eest ei vastuta.

2. kursus:

Ehitusinfo modelleerimine (BIM) VKE-dele

1. teema. Ehitusinfo modelleerimise (BIM) põhialused: paberilt digitaalse mudelini

2. teema. BIM-i rakendamine VKE-des

Sisukord

1.teema. Ehitusinfo modelleerimise (BIM) põhialused:paberilt digitaalse mudelini ...5
Õpieesmärgid....5
Õpiväljundid....5
Sõnastik....5
1. Sissejuhatus....6
2. Teooria....7
2.1 Mis on ehitusinfo modelleerimine (BIM)?....7
2.1.1 Ehitusinfo modelleerimise (BIM) määratlus....7
2.1.2 Mida tähistab „B" täht lühendis BIM?....8
2.1.3 Mida BIM EI OLE?....8
2.1.4 BIM-i küpsustasemed....8
2.2 BIM-i peamised komponendid....9
2.2.1 BIM-i mudelid ja objektid....9
2.2.2 Liitmudelid (*Federated Models*)....9
2.2.3 BIM-is sisalduv info....10
2.2.4 Mudeli arendamine: PIM, AIM, AS-BUILT....10
2.3 BIM-i standardid ja raamistikud....11
2.3.1 Standard ISO 19650....11
2.3.2 Arengutase (LOD) ja infovajaduse tase (LOIN)....11
2.3.3 Failinimetusreeglid (EN ISO 19650)....12
2.4 Rollid ja vastutusalad BIM-is....12
2.4.1 Traditsiooniline koostöö ja BIM-koostöö....12
2.4.2 BIM-i võtmerollid....12
2.5 BIM-i rakenduskava (BEP)....13
2.5.1 Mis on BIM-i rakenduskava (BEP)?....13
2.5.2 BIM-i rakenduskava (BEP) koostamise etapid....13
2.5.3 Lepingueelne ja lepingujärgne BIM-rakenduskava (BEP)....14
2.6 Ühtne andmekeskkond (CDE)....14
2.7 BIM-i eelised ja väljakutsed VKE-dele....15
2.7.1 BIM-i eelised....15
2.7.2 Miks peaksid VKE-d BIM-i kasutusele võtma?....15
2.7.3 Väljakutsed VKE-dele....16
2.7.4 Esimesed praktilised sammud BIM-i kasutuselevõtuks VKE-des....16
3. Juhtumiuuring / hea tava....17
1. juhtumiuuring. Total BIM-lähenemise rakendamine Rootsi ehitusprojektis....17
Projekti taust....17
Väljakutse VKE-le....17
BIM-i rakendamise lähenemisviis....17
Tulemused ja kasu VKE-dele....18
Edu võtmetegurid....18
Lisamaterjalid....18
4. Ülesanded....19
5. Kasutatud kirjandus....21
2.teema: BIM-i rakendamine VKE-des....22
Õpieesmärgid....22
Õpiväljundid....22
Sõnastik....22

1. BIM-i rakendamise strateegia VKE-des 24
1.1 Alusta väikeste sammudega: pilootprojekt 25
1.2 Määratle BIM-i miinimumlahendus 26
2. BIM-töövahendid VKE-dele: millised on saadaval ja kuidas valida 26
2.1 BIM-modelleerimistarkvara (mudelite loomine) 27
2.2 Koordineerimise ja mudelite ülevaatamise töövahendid 28
2.3 Kulud BIM-i kasutuselevõtul VKE-des 28
3. Koostalitlusvõime 29
3.1 Miks koostalitlusvõime VKE-des ebaõnnestub 30
3.2 IFC roll avatud koostöös 30
3.3 Praktilised IFC-põhised töövood VKE-dele 30
3.4 Versioonide haldamine ja vastuolude vältimine 31
3.5 Tüüpilised koostalitlusvõime vead 31
3.6 Peamised soovitused VKE-dele 31
4. Lihtne ühtne andmekeskkond (CDE) VKE-dele 32
4.1 Praktilise ühtse andmekeskkonna (CDE) lahenduse valimine 32
4.2 Selge kaustastruktuuri määratlemine 32
4.3 Ligipääsuõigused, vastutus ja koordineerimine 33
4.4 Ühtse andmekeskkonna (CDE) levinumad vead ja põhimõtted 33
5. Juhtumiuuring 34
ET4Digital – ehituse digikaksiku näidislahendus 34
Pilootprojekt 34
BIM-mudeli koostamine 34
Digiplatvormi valik 34
IFC-põhine koostalitlusvõime 35
Sensorite integreerimine (digikaksiku komponent) 35
Koostalitlusvõime ja organisatsioonilised väljakutsed 35
Peamised tulemused 35
Asjakohasus VKE-de jaoks 36
6. Ülesanded 37
7. Kasutatud kirjandus 39

1.teema. Ehitusinfo modelleerimise (BIM) põhialused:paberilt digitaalse mudelini

Õpieesmärgid. Õpiväljundid. Sõnastik.

Õpieesmärgid

Mooduli peamised eesmärgid on:

- anda kutseõpetajatele terviklik ülevaade ehitusinfo modelleerimise (BIM) alustest, et nad saaksid tutvustada BIM-i põhimõisteid kutseõppes;
- selgitada traditsioonilise 2D-arvutipõhise projekteerimise (CAD) ja koostööpõhiste BIM-töövoogude erinevusi, kasutades liitmudeleid (*Federated Model*) ning ühtset andmekeskkonda (*Common Data Environment,* CDE);
- rõhutada standardi ISO 19650 raamistiku olulisust Euroopa Liidu riigihangete nõuete seisukohalt, et õppijad mõistaksid avaliku sektori projektidega seotud nõuete täitmise kohustusi;
- aidata mõista BIM-objektide tüüpe ja nende rolli infosisukate digitaalsete hoonemudelite loomisel kogu projekti elutsükli vältel.

Õpiväljundid

Mooduli lõpuks koolitajad:

- mõistavad, mis on ehitusinfo modelleerimine (BIM) ja miks see on oluline ehitussektori väikese ja keskmise suurusega ettevõtete (VKE-de) jaoks;
- tunnevad BIM-i peamisi komponente, standardeid ja terminoloogiat;
- selgitavad, kuidas BIM toetab koostööd ja infohaldust kogu projekti elutsükli jooksul;
- oskavad nimetada praktilisi esimesi samme BIM-i kasutuselevõtuks VKE-s.

Sõnastik

AIM	Ehitisvara infomudel (*Asset Information Model*) sisaldab ehitise käitamiseks ja hooldamiseks vajalikku infot.
BIM	Ehitusinfo modelleerimine (*Building Information Modelling,* BIM) on digitaalne tööviis, mida kasutatakse ehitusvaldkonna VKE-des projektiinfo haldamiseks kogu ehitise elutsükli vältel.
CDE	Ühtne andmekeskkond (Common Data Environment, CDE) on keskne andmehoidla, kuhu talletatakse ehitusprojekti info ja mille kaudu pääseb iga projektiosaline ligi ühele ühisele projektiinfo allikale.
BEP	BIM-i rakenduskava (*BIM Execution Plan, BEP*) on juhenddokument, mis moodustab BIM-koostöö aluse ning milles määratletakse organisatsiooniline struktuur, vastutusalad, protsessid ja nõuded.
EIR	Tellija infonõuded (*Employer's Information Requirements*) on BIM-protsessi olulised alusdokumendid. Need koostab tellija enne hanke väljakuulutamist ning nendes määratakse kindlaks nõuded töövõtja esitatavale infole, kasutatavatele standarditele, protsessidele ja andmevormingutele. EIR on aluseks BIM-i rakenduskava (BEP)

	koostamisele ning aitab tagada, et projekti käigus saavad tellija eesmärgid täidetud.
Liitmudel	Liitmudel (*federated Model*) on kombineeritud ehitusinfo mudel, mis moodustatakse mitme erineva mudeli ühendamisel üheks tervikuks projekteerimise, ehitamise ja kasutamise käigus.
LOD / LOIN	Arengutase (*Level of Development*, LOD) / infovajaduse tase (*Level of Information Need*, LOIN) – LOD määrab, kui põhjalikult on mudelielemendi geomeetria ja sellega seotud info välja töötatud. LOIN (vastavalt standardile ISO 19650) määrab kasutusotstarbest lähtuvalt vajaliku info kvaliteedi, hulga ja detailsusastme.
Koostalitlusvõime	Koostalitlusvõime (*Interoperability*) on eri tarkvarasüsteemide võime vahetada ja kasutada infot vigade või väljajätmisteta.
MEP	MEP (*Mechanical, Electrical, Plumbing*) – hoone tehnosüsteemid, mis hõlmavad mehaanilisi süsteeme (küte, ventilatsioon, kliimaseadmed), elektrisüsteeme (elektrivarustus, valgustus) ning vee- ja kanalisatsioonisüsteeme. BIM-is on MEP-süsteemide koordineerimine olulise tähtsusega, et tuvastada ja lahendada tehnosüsteemide ning hooneosade vahelisi vastuolusid.
openBIM	openBIM on avatud standarditel ja töövoogudel põhinev universaalne, tootjast sõltumatu koostööviis, mida kasutatakse hoonete projekteerimisel, ehitamisel ja käitamisel. See võimaldab projektimeeskondadel sujuvalt koostööd teha eelistatud tarkvaravahenditega ning tagab andmete koostalitlusvõime ja pikaajalise kättesaadavuse kogu ehitisvara elutsükli jooksul. Selleks kasutatakse sageli IFC-d (*Industry Foundation Classes*) ja BCF-i (*BIM Collaboration Format*).
PIM	Projekti infomudel (*Project Information Model*) sisaldab kogu ehitamise ja projektijuhtimisega seotud infot otsuste tegemiseks, sealhulgas eelarvete, ostude ja kulude kohta. See hõlmab projekteerimismudelit ja lõplikku teostusmudelit.

1. Sissejuhatus

Ehitussektoris on toimumas digipööre ning ehitusinfo modelleerimine (BIM) on selle muutuse keskmes. BIM on enamat kui lihtsalt tarkvara või 3D-mudelid. See muudab põhimõtteliselt seda, kuidas ehitusprojekte kogu nende elutsükli jooksul kavandatakse, projekteeritakse, ehitatakse ja hooldatakse.

BIM-i tundmine muutub üha olulisemaks ka ehitussektori VKE-de jaoks. Euroopa Liidu 2014. aasta riigihangete direktiiv võimaldas liikmesriikidel nõuda ehitustööde riigihangetes ja ideekonkurssidel selliste elektrooniliste töövahendite nagu BIM kasutamist. Seetõttu on BIM-i tundmine oluline avaliku sektori hangetes osaleda soovivatele töövõtjatele ja projekteerijatele. Euroopa Komisjoni 2026. aasta tööprogrammis on kavandatud uus riigihangete õigusakt, mille eesmärk on muu hulgas ajakohastada riigihangete raamistikku.

ET4Digitali projekti WP2 raames läbiviidud ehitussektori ekspertide ning kutsehariduse ja -koolituse töötajate küsitluse analüüs näitab, et kuigi huvi BIM-i vastu on suur, on tegelikud oskused sageli piiratud. See tulemus osutab vajadusele tugevdada BIM-iga seotud digioskusi kutsehariduse ja -koolituse süsteemis, sealhulgas sihipäraste täienduskoolituste ja lihtsustatud õppematerjalide kaudu.

Tuvastatud vajadusest lähtudes annab käesolev moodul koolitus- ja haridustöötajatele põhiteadmised, mis on vajalikud BIM-i kasutuselevõtu toetamiseks VKE-des. Moodulis käsitletakse BIM-i rakendamise põhimõtteid, terminoloogiat, protsesse ja praktilisi kaalutlusi. Sisu põhineb väljakujunenud BIM-i tavadel ja rahvusvahelistel standarditel ning on esitatud lihtsalt arusaadavas vormis.

Moodulis saavad koolitus- ja haridustöötajad ülevaate sellest, mis on BIM ning kuidas selgitada selle olulisust ja praktilist rakendamist õppijatele, kes töötavad või asuvad tööle eri suurusega ehitusettevõtetes. Moodul keskendub praktilisele arusaamisele, mitte tehnilisele keerukusele, ning rõhutab, et BIM-i edukas rakendamine algab põhimõistete selgest arusaamisest.

Moodul jaguneb neljaks põhiosaks, mis moodustavad loogilise terviku:

- Mis on BIM? – Ehitusinfo modelleerimise (BIM) peamiste komponentide, terminoloogia ja eesmärkide tutvustamine;
- BIM-standardid ja raamistikud – standardi ISO 19650, arengutaseme (LOD) ja infonõuete käsitlemine;
- BIM-koostöö, protsessid ja rollid – ühtse andmekeskkonna (CDE) ning BIM-projektide peamiste vastutusalade käsitlemine;
- Kasu ja väljakutsed VKE-dele – praktilised kaalutlused ja esimesed sammud BIM-i kasutuselevõtuks väikestes ehitusettevõtetes.

2. Teooria

2.1 Mis on ehitusinfo modelleerimine (BIM)?

2.1.1 Ehitusinfo modelleerimise (BIM) määratlus

Ehitusprojektid on alati hõlmanud protsesse, töövõtteid ja visuaalseid kujutisi, sealhulgas jooniseid. Koordineeritud infovahetus projektiosaliste vahel on alati olnud vajalik ning BIM aitab seda lihtsustada.

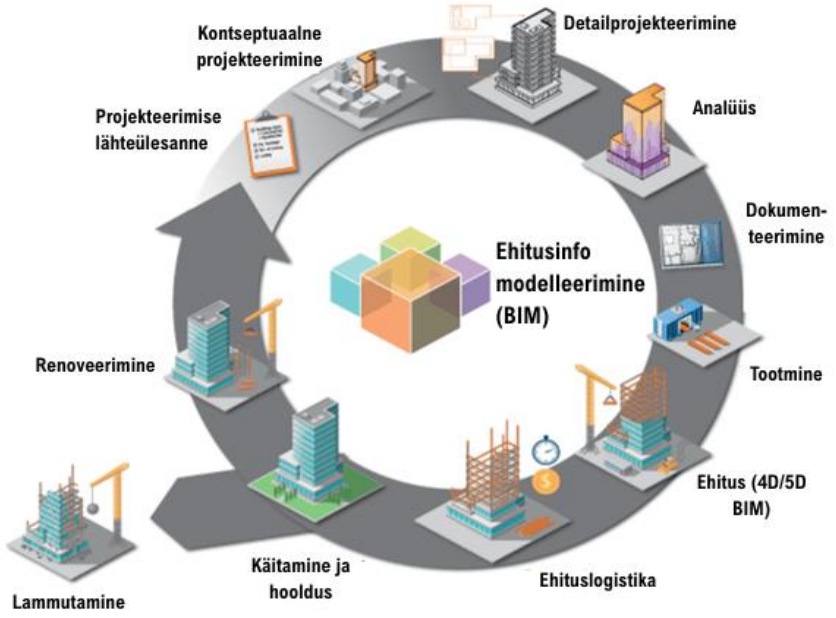
BIM tähendab ehitusinfo modelleerimist (*Building Information Modelling*), kuid see lühend hõlmab kahte omavahel seotud tähendust, mis koos määratlevad BIM-i käsitlusala:

Ehitusinfo modelleerimine tähendab digimudeli loomist ja kasutamist. Digimudel sisaldab nii jooniseid kui ka ehitusprojekti kohta käivat infot. See tähendab andmetega rikastatud 3D-mudelite loomist.

Ehitusinfo haldamine (*Building Information Management*) hõlmab protsesse ja meetodeid, mida kasutatakse ehitusprojekti info haldamiseks kogu projekti elutsükli jooksul. See rõhutab BIM-i koostööpõhist olemust ja infohalduse tähtsust.

Standardi ISO 19650:2019 kohaselt on BIM määratletud järgmiselt: „Ehitisvara jagatud digitaalse esituse kasutamine projekteerimis-, ehitus- ja käitamisprotsesside hõlbustamiseks, et luua usaldusväärne alus otsuste tegemiseks.“

Tehnoloogia tagab, et süsteemid, töövahendid ja protsessid on digiteeritud ning neid ajakohastatakse pidevalt vastavalt uutele graafilise ja muu info nõuetele. Kogu info on koondatud ehitise 3D-mudelisse, mis on kõigi osapoolte vahel täielikult sünkroniseeritud.



Pildi allikas: Herdyana & Suroso 2023 (CC BY-SA 4.0)

2.1.2 Mida tähistab „B" täht lühendis BIM?

BIM-lühendis ei tähenda sõna *building* üksnes nelja seina ja katusega hoonet. BIM-i kasutatakse:

- arhitektuuri ja konstruktsioonide projekteerimisel;
- taristuprojektides, näiteks teede, sildade ja tunnelite kavandamisel;
- tsiviilehituses;
- maastikukujunduses;
- muudes suuremahulistes projektides.

BIM on protsess, mis hõlmab ehitise, taristuobjekti või keeruka rajatise kavandamist ja koostöös elluviimist.

2.1.3 Mida BIM EI OLE?

Levinud väärarusaamade vältimiseks on kasulik selgitada, mida BIM ei ole:

- BIM ei piirdu üksnes konkreetse tarkvara, näiteks Autodesk Reviti või Archicadi kasutamisega.
- BIM ei tähenda üleöö toimuvat pööret, mis asendaks kõik olemasolevad tööprotsessid; pigem on see järkjärguline areng, mis eeldab tööviiside samm-sammulist integreerimist.
- BIM ei ole mõeldud ainult suurtele projektidele ega suurtele ettevõtetele.

BIM on metoodika, mida saab mitmesuguste tarkvaralahenduste abil rakendada ka VKE-des. See on olemasolevate ehitustavade edasiarendus, mitte täielik revolutsioon.

2.1.4 BIM-i küpsustasemed

Ehitusinfo modelleerimise (BIM) rakendamist kirjeldatakse sageli küpsustasemete abil, mis näitavad digitaalse koostöö ulatust:

- **0-tase:** koostöö puudub – kasutatakse ainult 2D CAD-jooniseid ja infot vahetatakse paberil;
- **1. tase:** osaline koostöö – kasutatakse nii 2D CAD-jooniseid kui ka 3D CAD-mudeleid ning andmeid jagatakse elektrooniliselt;
- **2. tase:** täielik koostöö – kõik projektiosalised kasutavad 3D-mudeleid ning andmeid, näiteks eelarvestusandmeid, jagatakse ühtse andmekeskkonna (Common Data Environment, CDE) kaudu;

- **3. tase:** täielik integreerimine – kasutatakse ühtset jagatud projektimudelit ning andmed on integreeritud kogu elutsükli jooksul.

Enamik VKE-sid tegutseb praegu 0- ja 1. taseme vahel. Koolituse eesmärk on aidata VKE-del liikuda 2. taseme suunas.

2.2 BIM-i peamised komponendid

2.2.1 BIM-i mudelid ja objektid

BIM-i mudel: BIM-mudelit võib käsitada omavahel seotud ja sünkroniseeritud BIM-objektide kogumina. Mudel esitab kogu hoone- või taristuprojekti digitaalsel kujul.

BIM-i objekt: BIM-objekt on toote või selle materjalide füüsiliste omaduste digitaalne esitus. See on loodud simuleerima, kuidas tegelik objekt toimib ehitise osana.

BIM-objekt ühendab endas kahte olulist elementi:

- toote geomeetria – vastab tegeliku objekti kujule ning võimaldab seda visualiseerida ja mudelis paigutada nii, nagu see paikneks ehitusobjektil;
- tooteinfo – tehniline info, materjalid, värv, viimistlus, sertifikaadid, spetsifikatsioonid ja tootja andmed.

BIM-objektide tüübid on järgmised:

- üldised ehk teegipõhised objektid – kasutatakse projekteerimisetapis ajutiste asendusobjektidena (kohatäitjatena) kuni tegelike toodete täpsustamiseni (nt standardukse ajutine mudel);
- tootjaspetsiifilised objektid – täpselt määratletud BIM-objektid, mis vastavad konkreetsetele tootja toodetele (nt tootja tulekindla ukse mudel);
- komponendid – kindla kujuga ehitustooted, näiteks aknad, uksed ja sanitaarseadmed;
- kihilised (materjali) objektid – kindla kuju ja mõõtmeteta tooted, näiteks lae-, katuse- ja põrandakatted (nt vaipkate või katusemembraan).

2.2.2 Liitmudelid (*Federated Models*)

Liitmudel (*Federated Model*) on kombineeritud ehitusinfo mudel, mis moodustatakse mitme eri valdkonna mudeli ühendamisel üheks tervikuks. Eraldi mudelid pärinevad eri ehitusvaldkondade esindajatelt:

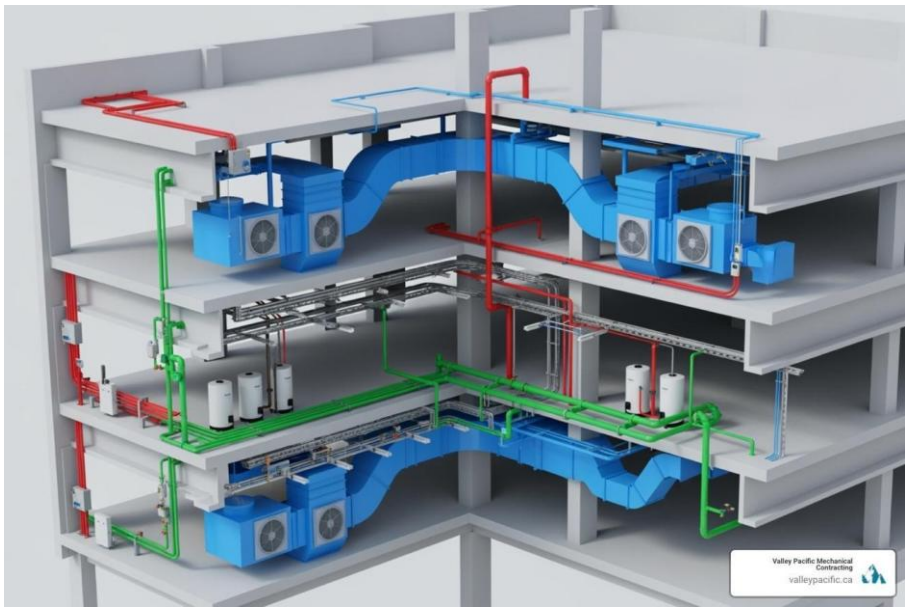
- arhitektid,
- ehitusinsenerid,
- tehnosüsteemide projekteerijad (MEP – mehaanika-, elektri- ja torustikusüsteemid),
- töövõtjad,
- alltöövõtjad,
- tarnijad.

Väikese töövõtja jaoks tähendab see võimalust vaadata arhitekti ja inseneri mudeleid koos, et avastada probleemid enne, kui need muutuvad ehitusobjektil kulukaks.

Liitmudelite kasutamise eelised on järgmised:

- kõigi mudelite visualiseerimine ühes töövahendis, mis võimaldab projekteerimist varases etapis paremini koordineerida ja edasi arendada;
- ruumiliste konfliktide parem ennetamine ja tuvastamine tänu andmete korrapärasele esitamisele ja koondamisele;
- täpsemad kalkulatsioonid, sest rohkem andmeid on kättesaadav juba varases etapis;

- probleeme saab lahendada ja projekteerimisotsuseid teha enne ehitusobjektil tööde alustamist; puuduvat infot, vastuolusid ja ebapiisavalt kavandatud ressursse saab tuvastada varases etapis.



Pildi allikas: Valleypacific (CC BY-NC 4.0)

2.2.3 BIM-is sisalduv info

BIM-is sisalduv info põhineb andmetel. Kui andmeid töödeldakse, tõlgendatakse, korrastatakse, struktureeritakse ja seostatakse kontekstiga, muutuvad need infoks. Infot kasutatakse kogu hoone või taristuprojekti elutsükli vältel:

- projekteerimisetapp – ruumiprogrammi koostamine, projekteerimise koordineerimine, projekteerimisnõuete määratlemine;
- ehitusetapp – planeerimine, ehitustegevus, kasutuselevõtt;
- käitusetapp – hoone haldamine, hooldus, rekonstrueerimine, renoveerimine, kasutusest kõrvaldamine.

BIM-is sisalduva info võib jaotada kolmeks:

Graafiline	Mittegraafiline	Dokumendid
2D- või 3D-visuaalsed kujutised	2D- või 3D-objektide digiomadused: • nimi • tüüp • kirjeldus • materjal	spetsifikatsioonid ajakavad koguste loetelud tootejuhendid sertifikaadid garantiid lepingud BIM-i rakenduskava (BEP) infovahetuse nõuded (EIR)

2.2.4 Mudeli arendamine: PIM, AIM, AS-BUILT

BIM-mudelid arenevad kogu projekti elutsükli jooksul:

Projekti infomudel (*Project Information Model*, PIM): sisaldab otsuste tegemiseks vajalikku ehituse ja projektijuhtimise infot, sealhulgas eelarvete, ostude ja kulude kohta. See hõlmab projekteerimismudelit ja lõplikku teostusmudelit.

Ehitisvara infomudel (*Asset Information Model,* AIM): hõlmab ehitise käitamis- ja hooldusetappi.

Teostusjärgne mudel (As-Built Model): sisaldab kõiki projekti elluviimise käigus tehtud muudatusi ning kajastab valminud ehitist sellisena, nagu see tegelikult ehitati.

2.3 BIM-i standardid ja raamistikud

2.3.1 Standard ISO 19650

ISO 19650 on rahvusvaheline standard ehitisvara kogu elutsükli jooksul info haldamiseks ehitusinfo modelleerimise (BIM) abil.

- infohaldusprotsessid;
- rollid ja vastutusalad;
- infonõuded;
- info edastamine ja vahetamine.

2025. aasta jaanuaris avaldati ISO 19650-6:2025, mis keskendub töötervishoiu- ja tööohutusinfo haldamisele BIM-i kontekstis. Standardi uus osa rõhutab struktureeritud töötervishoiu- ja tööohutusinfo olulisust kogu elutsükli jooksul. Standard aitab tagada, et kõik projektiosalised tegutsevad ühtses raamistikus, tõhustades koostööd ja vähendades vigade tekkimise riski.

VKE-de jaoks on standard ISO 19650 oluline, sest paljud tellijad, eriti avaliku sektori projektides, nõuavad info esitamist nimetatud standardi kohaselt. Standardi põhimõtete mõistmine aitab VKE-del täita tellija nõudeid, ilma et neil oleks vaja kogu standardit tervikuna läbi töötada.

Kuigi ISO 19650 määratleb BIM-i abil toimuva infohalduse organisatsioonilise raamistiku ja protsessid, tugineb andmevahetuse tehniline teostus suurel määral avatud standarditele. Neist olulisim on IFC (Industry Foundation Classes) – avatud rahvusvaheline standard, mis võimaldab eri BIM-tarkvararakenduste koostalitlust ja mudelite vahetamist infokaota. IFC-vormingu kasutamine võimaldab ehitusvaldkonna VKE-del ühes rakenduses loodud BIM-mudeleid teistes rakendustes avada, vaadata ja töödelda ning toetab seega standardis ISO 19650 nõutud koostööpõhist lähenemist. Koolitusmoodul 4 annab põhjalikuma sissejuhatuse IFC-sse ja koostalitlusvõime standarditesse.

2.3.2 Arengutase (LOD) ja infovajaduse tase (LOIN)

Traditsiooniline käsitlus: arengutase (Level of Development, LOD)

Arengutase (LOD) määratleb, mil määral on mudelielemendi geomeetria ja sellega seotud info projekti eri etappides välja arendatud. Arengutaseme (LOD) mõistmine aitab projektimeeskondadel täpsustada, millist infot on igas etapis vaja:

- LOD 100: esialgne projekteerimismudel: kontseptuaalsed kujutised;
- LOD 200: projekteerimismudel: ligikaudne geomeetria ja info;
- LOD 300: kooskõlastusmudel: täpne geomeetria ja üksikasjalik info;
- LOD 400: teostusmudel: tootmise ja paigaldamise info;
- LOD 500: teostusjärgne mudel (*as-built model*): valminud ehitisvara kontrollitud esitus.

LOD-spetsifikatsioonid aitavad tagada, et vajalik arengutase saavutatakse õigel ajal, vältides nii mudelielementide ebapiisavat kui ka tarbetult põhjalikku väljaarendamist. Näiteks väikese renoveerimisprojekti puhul aitab see täpsustada, et on vaja uste mõõtmeid ja tulekindlusklasse ohutusnõuete täitmiseks, kuid tootja garantiiga seotud üksikasjalikke andmeid ei ole vaja.

Edasiarendus: infovajaduse tase (LOIN)

Infovajaduse taseme (LOIN) mõiste läheb traditsioonilisest arengutaseme (LOD) käsitlusest kaugemale Infovajaduse tase (LOIN) töötati välja selleks, et täpsemalt määratleda, millist infot on

konkreetse eesmärgi saavutamiseks tegelikult vaja. See põhimõte lähtub järgmisest mõttest: „Nii palju kui vajalik, nii vähe kui võimalik.“ See tähendab järgmist:

- esitada tuleks ainult see info, mis on projekti konkreetse ülesande täitmiseks tegelikult vajalik;
- üleliigsed üksikasjad jäetakse teadlikult välja.

Täielik infovajaduse tase (LOIN) hõlmab kolme mõõdet:

- geomeetriline info – kui detailselt on mudelis kirjeldatud objekti kuju või asukoht?
- tähtnumbriline info (st omadused ja andmed, nagu materjali liik, mõõtmed või maksumus) – millised omadused, parameetrid või klassifikatsioonid on objektil?
- dokumentaalne info (st viited lisatud dokumentidele, sertifikaatidele või tootejuhenditele) – kas objektiga on seotud dokumente, sertifikaate või muid tõendusmaterjale?

Praktiline tähtsus:

Üleminek arengutasemelt (LOD) infovajaduse tasemele (LOIN) aitab vältida nn info üleküllust ehk liigse info esitamist, mille korral BIM-mudeleid koostatakse liiga suure detailsusega, arvestamata eri osapoolte tegelikku infovajadust. Infovajaduse taseme (LOIN) põhimõtete kohaselt võivad sama projekti eri elementidel olla erinevad infonõuded sõltuvalt sellest, kuidas ja milleks neid kasutatakse.

2.3.3 Failinimetusreeglid (EN ISO 19650)

Kuna üha rohkem infot jagatakse digitaalselt, muutub struktureeritud, ühtsete ja arusaadavate failinimetusreeglite kasutamine hädavajalikuks. EN ISO 19650 esitab infokonteinerite ühtse nimetamise ja identifitseerimise põhimõtted, mis võimaldavad infot kogu projekti elutsükli vältel hõlpsasti tuvastada, sortida ja hallata.



Pildi allikas: E+ ICONS project, lk 52.

2.4 Rollid ja vastutusalad BIM-is

2.4.1 Traditsiooniline koostöö ja BIM-koostöö

Traditsioonilistes ehitusprojektides jagati infot sageli otse ühelt projektiosaliselt teisele, mis põhjustas tihti versioonihalduse probleeme ja arusaamatusi. BIM soodustab ühtse andmekeskkonna (Common Data Environment, CDE) kasutamist, et parandada infovahetust kõigi projektiosaliste vahel.

Ehitusprojektidega seotud info jagamine on veelgi tõhusam, kui avatud standardeid rakendatakse algusest peale, tagades, et kõik projektiosalised pääsevad infole ligi ja saavad seda kasutada sõltumata kasutatavast tarkvaraplatvormist.

2.4.2 BIM-i võtmerollid

BIM toob kaasa uusi protsesse ja tehnoloogiaid, mis nõuavad eriteadmistega spetsialiste. Ettevõttes on kõige levinumad BIM-iga seotud rollid järgmised:

BIM-juht:

- vastutab BIM-protsesside ja nendega seotud tehnoloogia laialdase rakendamise eest;

- seab ettevõtte BIM-iga seotud eesmärgid;
- uurib töövahendeid, haldab litsentse ning jälgib nende paigaldamist ja kasutamist;
- juurutab BIM-protsesse ja töövooge;
- tagab standardite korrektse rakendamise;
- korraldab koolitusi ja hoiab organisatsiooni kursis BIM-i arenguga.

BIM-koordinaator:

- meeskonna või projekti BIM-eestvedaja;
- koordineerib BIM-projekti ja projektimeeskonna tööd;
- pakub projektimeeskonnale tehnilist tuge ja juhendamist;
- haldab projekti sisu ja kehtestab BIM-protokollid;
- korraldab ja haldab mudelihaldust ning konfidentsiaalset infot.

BIM-modelleerija (BIM-tehnik):

- on BIM-tarkvara valdav modelleerimisekspert, kellel on teadmised konkreetsest erialast (arhitektuur, konstruktsioonid või hoone tehnosüsteemid);
- töötab mudeli või mudelid välja projekti nõuete kohaselt;
- teeb projekteerimisel ja mudeli muutmisel koostööd teiste erialade esindajatega;
- loob sisu ja koostab dokumentatsiooni ühtses andmekeskkonnas (CDE) oleva info põhjal.

Oluline on märkida, et väiksemates organisatsioonides võib osa neist vastutusaladest kuuluda ühele ja samale spetsialistile.

2.5 BIM-i rakenduskava (BEP)

2.5.1 Mis on BIM-i rakenduskava (BEP)?

BIM-i rakenduskava (BEP) on juhenddokument, mis on BIM-koostöö aluseks. See määratleb:

- organisatsioonilised struktuurid ja vastutusalad;
- BIM-i rakendamise raamistiku;
- koostööprotsessid ja -nõuded;
- ühtse lähenemisviisi struktuuride ja elementide käsitlemisele.

2.5.2 BIM-i rakenduskava (BEP) koostamise etapid

Enne BEP-i koostamist määratleb tellija oma infonõuded dokumendis, mida nimetatakse tellija infonõueteks (Employer's Information Requirements, EIR). EIR-is täpsustatakse, millist infot, millises vormingus ja millistes projekti vaheetappides tellija vajab. See dokument on BEP-i koostamise alus.

1. samm: projektiinfo määratlemine

- projekteerimise lähteandmed;
- peamised meeskonnaliikmed ja BIM-juhid;
- projekti vahe-eesmärgid.

2. samm: projekti BIM-eesmärkide seadmine

- projektimeeskonna pädevuse suurendamine;
- projekti tulemuslikkuse ja ohutuse parandamine;
- projekti kvaliteedi parandamine.

3. samm: BIM-i kasutusviiside valimine

- planeerimisetapp (olemasoleva olukorra modelleerimine ja analüüs);
- projekteerimisetapp (3D-koordineerimine);
- ehitusetapp (elementide valmistamine);
- käitusetapp (hoolduse jälgimine).

2.5.3 Lepingueelne ja lepingujärgne BIM-rakenduskava (BEP)

Lepingueelne BIM-i rakenduskava (BEP) on otsene vastus tellija infonõuetele (EIR):

- projekti rakenduskava, milles kirjeldatakse võimalike tarnijate suutlikkust, pädevust ja kogemusi;
- koostööd ja infomudelite koostamise eesmärke;
- projekti ajakavaga kooskõlas olevaid vahe-eesmärke.

Lepingujärgne BIM-i rakenduskava (BEP): määratleb, kuidas EIR-is nõutud info esitatakse. See hõlmab:

- juhtimisandmed (rollid, vastutusalad, vahe-eesmärgid, väljundid, mõõdistusstrateegia ja pärandandmete kasutamine);
- planeerimine ja dokumentatsioon (ajakohastatud rakenduskava, kokkulepitud koostöö- ja modelleerimisprotsessid, vastutusmaatriks, ülesandepõhised info edastamise kavad ja koondinfo edastamise kava);
- standardmeetodid ja -protseduurid (mudelite ruumilise jaotuse strateegia, failide ja kihtide nimetamine, ehitustolerantsid, atribuutandmed);
- IT-lahendused (tarkvara ja andmevahetusvormingud).

2.6 Ühtne andmekeskkond (CDE)

Ühtne andmekeskkond (Common Data Environment, CDE) on keskne andmehoidla, kuhu talletatakse ehitusprojekti info. See võimaldab igal projektiosalisel pääseda ligi kogu projektiinfo ühele ühisele allikale ja toetab seeläbi tõhusat koostööd. Selle tulemusena on BIM-töövoog struktureeritud ning otsuste, vastutusalade ja protsesside autorlus ja ajastus on läbipaistvad. Juurdepääsu infole saab piirata nii, et projektiosalised pääsevad eri etappides ligi ainult neile projekti osadele, millega nad on seotud.

Kuidas ühtne andmekeskkond (CDE) toimib:

- Ühtne andmekeskkond (CDE) toimib sarnaselt jagatud kaustade süsteemile, mille meeskond saab vabalt üles ehitada. See võimaldab kõigil projektiosalistel dokumentidele ja mudelitele ligi pääseda ning neid jagada. Kõik juurdepääsud logitakse.
- süsteemi kasutamist võimaldab veebiserver või pilvepõhine süsteem;
- andmeturve tagatakse kasutajakontopõhise juurdepääsuga;
- Eri kasutajatele saab määrata erinevad juurdepääsutasemed. Haldur määrab, milliseid toiminguid võib konkreetne kasutaja kaustade sisuga teha. Näiteks võib arhitekt konstruktsioonimudeli kaustas olevaid elemente vaadata ja alla laadida, kuid ei saa kausta sisu muuta.

Andmekeskkonna (CDE) töövoo olekud:

- töös (*Work in Progress*) – koostamisel olev info;
- jagatud (*Shared*) – läbivaatamiseks või koordineerimiseks jagatud info;
- avaldatud (*Published*) – kasutamiseks heaks kiidetud info;
- arhiiv (*Archive*) – projekti varasemate etappide info.

Andmekeskkonna (CDE) põhifunktsioonid:

- versioonihaldus: varasemaid versioone säilitatakse muudatuste jälgimiseks;
- teavitussüsteemid: kasutajaid teavitatakse uuendustest;
- ligipääs eri platvormidelt: süsteemi saab kasutada lauaarvutis, tahvelarvutis ja nutitelefonis;
- ruumiliste konfliktide tuvastamine (olenevalt kasutatavast platvormist või tarkvarast): selle abil tehakse kindlaks eri erialade mudelite omavahelised ruumilised vastuolud, et vältida ühe mudeli elementide kattumist teiste mudelite elementidega. Nii tagatakse eri erialade lahenduste kooskõla ja ühilduvus;

- CDE võimaldab kasutajatel suhelda otse asjaomaste meeskonnaliikmetega. Enamik CDE funktsioone võimaldab luua ka ülesandeid ja ülesandeloendeid (*Tasks* ja *To-do lists*). Süsteem teavitab teisi kasutajaid neile määratud ülesannetest ja näitab tehtud töö osakaalu protsentides.

2.7 BIM-i eelised ja väljakutsed VKE-dele

2.7.1 BIM-i eelised

BIM parandab märkimisväärselt koostööd ja aitab vähendada probleeme, mis tekivad siis, kui eri osapooled kasutavad erinevaid tarkvarasüsteeme (koostalitlusvõime). Kõik projektiosalised kasutavad oma töö tegemiseks sama koordineeritud ehitusinfomudelit – sisuliselt ehitatakse hoone esmalt virtuaalselt ja alles seejärel ehitusobjektil.

Peamine eelis on kulude pikaajaline kokkuhoid projekti kogu elutsükli jooksul. Kuigi BIM-i kasutuselevõtt nõuab alguses märkimisväärseid pingutusi, aega ja kulusid, avaldub investeeringu tasuvus järgmistes tulemustes:

- vähem vigu ja seega vähem parandusi;
- parem koordineerimine eri valdkondade vahel;
- täpsemad kuluhinnangud;
- parem ajakava koostamine ja vähem viivitusi;
- parem ehitise haldus käitusetapis.

2.7.2 Miks peaksid VKE-d BIM-i kasutusele võtma?

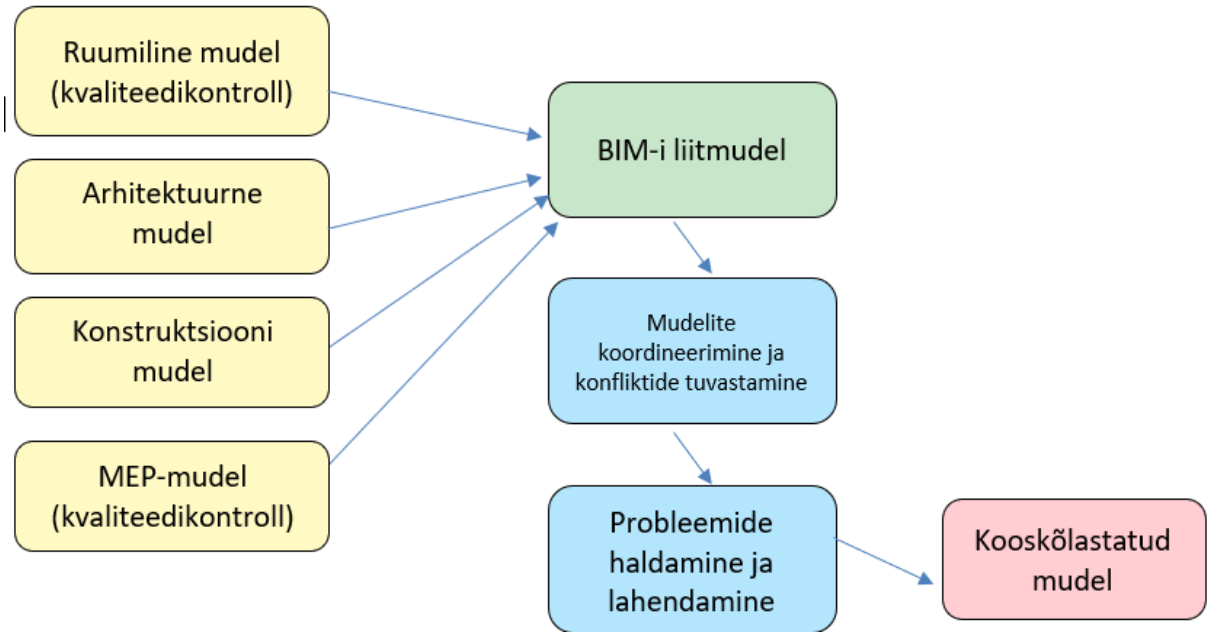
VKE-del on BIM-i kasutuselevõtuks mitmeid mõjuvaid põhjusi:

Õiguslik raamistik: Euroopa Liidu 2014. aasta riigihangete direktiiv (EUPPD) võimaldab liikmesriikidel nõuda ehitustööde riigihangetes ja ideekonkurssidel selliste elektrooniliste töövahendite nagu BIM kasutamist. Seetõttu võib BIM-i kasutamise oskus olla oluline avaliku sektori hangetes osaleda soovivatele ettevõtetele.

- 2025. aasta septembris võttis Euroopa Parlament vastu resolutsiooni riigihangete raamistiku läbivaatamise kohta, milles rõhutati digitaliseerimise, kestlikkuse ja vastupanuvõime tähtsust;
- direktiivide läbivaatamist käsitlev avalik konsultatsioon lõppes 26. jaanuaril 2026 ning seadusandliku ettepaneku avaldamine on kavandatud 9. septembriks 2026;
- EL-i BIM-i töörühm soovitas 2025. aasta novembris kehtestada EL-i tasandil BIM-i miinimumnõuded, näiteks nõuda tootjaneutraalse openBIM-i kasutamist kõigis üle 25 miljoni euro maksumusega uutes avalike hoonete ja taristu ehitus- ja renoveerimisprojektides;
- Mitu EL-i riiki on kehtestanud või kavandab riiklikke BIM-i kasutamise nõudeid: Itaalias laienesid nõuded 2026. aastal enamikule avaliku sektori projektidele, Saksamaal kehtib liitvabariigi hoonete BIM-strateegia ning Tšehhis kavandatakse BIM-i kasutamise nõuet 2027. aastaks. (Allikad: EU BIM Task Group Position Paper november 2025; European Parliament Legislative Train, detsember 2025.)

Kulude vähenemine ja viivituste lühenemine:

- materjalide tellimine – mudelis talletatud info võimaldab materjale täpselt ja õigel ajal tellida;
- projekti elluviimine – projekti edenemist jälgitakse kava kohaselt, viivitusi saab ette näha ja nende mõju vähendamiseks aegsasti varuplaani rakendada;
- koostöö – kõik projektiosalised töötavad ajakohaste ja koordineeritud mudelite alusel; muudatused tehakse kõigile kättesaadavaks ning vigu saab avastada juba projekteerimisetapis, mitte alles ehitamise ajal;
- dokumentatsioon – projektiinfo (joonised, andmebaasid jne) on ühtses andmekeskkonnas süstemaatiliselt hallatud ja ajakohastatud. Lihtne juurdepääs infole projekti igas etapis säästab aega.



Pildi allikas: autori illustratsioon, loodud tehisintellektil põhineva pildiloomevahendi abil (Microsoft Copilot).

Tõhusam kvaliteedi tagamine: kvaliteedi tagamise toimingud lõimitakse BIM-protsessidesse ja -etappidesse. BIM-mudeli väljatöötamine hõlmab eri etappides kvaliteedikontrolle.

Tehnilised ja organisatsioonilised lahendused: mudelite (nt arhitektuuri- ja elektrimudeli) ühendamisel võimaldab ruumiliste konfliktide kontroll võimalikke probleeme enne ehitustööde algust tuvastada ja vältida.

Parem projektijuhtimine: BIM toetab tõhusamat projektijuhtimist kogu ehitise elutsükli vältel alates kavandamisest kuni käitamise ja lõpuks kasutusest kõrvaldamiseni.

2.7.3 Väljakutsed VKE-dele

Kuigi BIM pakub märkimisväärseid eeliseid, seisavad VKE-d selle kasutuselevõtul silmitsi mitme spetsiifilise väljakutsega:

- alginvesteeringud tarkvarasse, riistvarasse ja koolitusse;
- vajadus arendada uusi oskusi ja pädevusi;
- muudatused väljakujunenud töövoogudes ja protsessides;
- ajakulu piisava vilumuse saavutamiseks;
- koostöö partneritega, kes on BIM-i kasutuselevõtul erineval tasemel.

2.7.4 Esimesed praktilised sammud BIM-i kasutuselevõtuks VKE-des

BIM-i kasutusele võtvates VKE-des on osutunud tõhusaks järkjärguline lähenemine. Struktureeritud rakendusprotsessis võib lähtuda järgmistest aspektidest:

- **kohandamine ettevõtte vajadustega:** BIM-i saab kasutusele võtta viisil, mis arvestab konkreetse ettevõtte tingimusi. Rakendamise ulatus ja tase võivad erineda sõltuvalt ettevõtte suurusest, projektide tüübist ja olemasolevatest ressurssidest;

- **põhiteadmiste omandamine:** võtmetöötajate põhiteadmised BIM-ist ja selle võimalikest eelistest võivad kasutuselevõttu hõlbustada. Sobivaks lähtekohaks võivad olla teabeüritused, töötoad või koolitused;
- **lähteolukorra hindamine:** olemasolevate pädevuste ja tööprotsesside esmane ülevaade aitab kindlaks teha arendusvajadused ning määratleda BIM-i realistliku kasutuselevõtu taseme;
- **pilootprojektiga alustamine:** esialgseid kogemusi saab tõhusalt omandada jõukohase pilootprojekti kaudu. See võimaldab katsetada töömeetodeid ja muuta võimaliku kasu nähtavaks, koormamata liigselt olemasolevaid struktuure;
- **töötajate koolitamine ja oskuste arendamine:** sihipärased BIM-tarkvara ja töövoogudega seotud koolitused võivad toetada praktilist rakendamist. Vajadustest sõltuvalt võib kasutada nii ettevõttesiseseid õppevorme kui ka väliseid koolitusvõimalusi;
- **struktuuride ja protsesside määratlemine:** selgelt määratletud töövood, nimetamisreeglid ja koordineerimisprotseduurid aitavad muuta BIM-i rakendamise ettevõttes läbipaistvaks ja tõhusaks. Need struktuurid peaksid lähtuma ettevõtte töökorralduslikest vajadustest;
- **kogemuste vahetamine ja koostöö:** kogemuste vahetamine teiste ettevõtetega võib BIM-i kasutuselevõttu toetada. Teiste ettevõtete praktilised kogemused pakuvad rakendamisel sageli kasulikke juhiseid;
- **olemasolevate mallide ja standardite kasutamine:** olemasolevad standardid, mallid ja objektide teegid võivad lihtsustada rakendamisprotsessi ja vähendada ettevõttespetsiifiliste lahenduste väljatöötamiseks vajalikku töömahtu.

Kogemused näitavad, et BIM-i ulatuslikum kasutamine aitab sageli projekte tõhusamalt ellu viia. Samas on iga organisatsiooni jaoks olemas sobiv BIM-i rakendamise tase, mille puhul töömaht ja saadav kasu on tasakaalus. Seetõttu ei ole eesmärk saavutada võimalikult kõrget BIM-i rakendamise taset, vaid rakendada BIM-i viisil, mis toetab tõhusalt ettevõtte vajadusi ja tellija nõudeid.

3. Juhtumiuuring / hea tava

1. juhtumiuuring. Total BIM-lähenemise rakendamine Rootsi ehitusprojektis

Projekti taust

Rootsi Celsiuse ehitusprojektis püüti rakendada BIM-i terviklikult, kasutades BIM-tehnoloogiaid projekti kõigis etappides büroo- ja laborihoone rajamiseks Uppsala teadusparki. Hoone pindala oli 12 000 ruutmeetrit ja see paiknes kuuel korrusel. Projekti eelarve oli ligikaudu 45 miljonit eurot. Projektis rakendati Total BIM-lähenemist, mille puhul 3D-mudel oli õiguslikult siduv ehitusdokument ning tavapäraseid 2D-paberjooniseid ei kasutatud. Projekteerimistööd algasid 2017. aastal, ehitustööd algasid 2018. aastal ning projekt valmis 2020. aasta novembris.

Väljakutse VKE-le

- Pingelistes tööolukordades kipuvad töötajad pöörduma tagasi tavapäraste, BIM-ita tööviiside juurde, näiteks kasutama paberjooniseid.
- Mure lisanduvate IT-kulude, näiteks tarkvaralitsentside maksumuse pärast.

BIM-i rakendamise lähenemisviis

Ehitusjuhtimisettevõte kasutas VKE-de osalemise toetamiseks strateegilist lähenemisviisi:

- ehitusobjekti töötajad ei olnud enam staatiliste 2D-jooniste pelgalt kasutajad, vaid BIM-info (jooniste, vaadete, lõigete, tooteinfo jm) loojad ja kasutajad. Samuti said nad luua 3D-vaateid, et kuvada infot endale kõige sobivamal viisil;
- pilvepõhine BIM-platvorm StreamBIM tagas kõigile ehitusobjekti töötajatele objektil mobiilse ja kasutajasõbraliku juurdepääsu infole;
- tarkvaralitsentside kulud olid arvestatud projekti eelarvesse, mis vähendas väiksemate ettevõtete finantskoormust;
- töötajate kaasamiseks pakuti ehitusobjektil õpet ja koolitust;

- paberjooniseid ei väljastatud teadlikult, et soodustada digipõhiste tööviiside kasutuselevõttu;
- toimusid iganädalased koordineerimiskoosolekud, mille käigus ajakohastati mudelit reaalajas.

Tulemused ja kasu VKE-dele

Projekti elluviimine: projekt lõpetati tähtajaks ja kavandatust väiksemate kuludega, hoolimata radikaalsest digitaalsest lähenemisviisist. Näiteks vähenesid logistikakulud, sest ehitusobjektile tehtavate tarnete arv oli samas piirkonnas ellu viidud sarnase projektiga võrreldes 80% väiksem (Disney jt, 2022, lk 523). See oli võimalik tänu sellele, et BIM võimaldas projektis materjalimahte ette kalkuleerida ning seeläbi planeerimist parandada.

Töötajate rahulolu: projektijärgses küsitluses hindasid töötajad selle projekti kvaliteedi poolest Rootsi parimaks ehitusprojektiks.

Suhtlus ja koordineerimine: alltöövõtjad nägid, millega teiste erialade esindajad tegelesid; see hõlbustas koordineerimist ja vähendas vastuolusid.

Tõhusus: ühtne infoallikas (pilvepõhine BIM) vähendas töö dubleerimist, näiteks mitme samaotstarbelise joonise koostamist.

Tunnustus kui parim tava: Celsiuse projekt võitis 2020. aasta buildingSMART Internationali auhinnaprogrammis ehituse kategooria uuendusliku ja digipõhise ehitusprotsessi eest.

Edu võtmetegurid

- Finantstugi: tarkvara- ja koolituskulud arvestati projekti eelarvesse.
- Koolitus: ehitusobjektil toimunud koolitused lõid toetava õpikeskkonna.
- Selged nõuded: BIM-i kohustusliku kasutamise nõue aitas tagada kõigi projektiosaliste pühendumise.
- Kasutajasõbralikud töövahendid: võimas mobiilne BIM-vaatur võimaldas ehitusobjekti töötajatel luua objektil ise töö tegemiseks vajalikku ehitusinfot.
- Total BIM-lähenemise rakendamise eest vastutava ehitusjuhtimisettevõtte tugev eestvedamine ja juhtimine.

Lisamaterjalid

- The B1M (2015). *BIM Maturity /// Easy as 1, 2, 3.* Saadaval: https://www.youtube.com/watch?v=8ZN0WydybQI

- Plannerly – The BIM Management Platform (2019). *Creating a BIM Execution Plan (BEP).* Saadaval: https://www.youtube.com/watch?v=224aykLJaJU

4. Ülesanded

Valige igale küsimusele parim vastus. Vastusevõti on esitatud selle osa lõpus.

1. küsimus. Õige või vale

BIM piirdub konkreetsete tarkvaraprogrammide, näiteks Autodesk Reviti või Archicadi kasutamisega.

A) Õige
B) Vale

2. küsimus. Valikvastustega küsimus

Milline on BIM-i määratlus standardi ISO 19650 kohaselt?

A) Arhitektidele mõeldud 3D-modelleerimistarkvara
B) Ehitisvara jagatud digitaalse esituse kasutamine projekteerimis-, ehitus- ja käitamisprotsesside hõlbustamiseks.
C) Ehitusgraafikute haldamise töövahend
D) Ehitusprojektide kulude hindamise meetod

3. küsimus. Valikvastustega küsimus

Millised on kaks põhielementi, mida BIM-objekt ühendab?

A) 2D-joonised ja 3D-visualiseerimine
B) Toote geomeetria ja tooteinfo
C) Kuluhinnangud ja ehitusgraafikud
D) Arhitektuurne projekteerimine ja konstruktsioonianalüüs

4. küsimus. Täida lünk

_____ on keskne andmehoidla, kuhu talletatakse ehitusprojekti info ning mis tagab kõigile projektiosalistele juurdepääsu ühele projektiinfo allikale.

A) Ehitusinfo modelleerimine (BIM)
B) Ühtne andmekeskkond (CDE)
C) BIM-i rakenduskava (BEP)
D) Liitmudel (*Federated Model*)

5. küsimus. Valikvastustega küsimus

Mis on peamine erinevus arengutaseme (LOD) ja infovajaduse taseme (LOIN) vahel?

A) LOD on uuem kui LOIN
B) LOIN määratleb konkreetse eesmärgi jaoks vajaliku info, LOD aga osutab üldistele detailsusastmetele
C) Need on täpselt samad mõisted, kuid erinevate nimetustega
D) LOD-i kasutatakse ainult USA-s, LOIN-i aga ainult Euroopas

6. küsimus. Täida lünk

_____ on kombineeritud ehitusinfo mudel, mis moodustatakse mitme erialamudeli ühendamisel üheks tervikuks.

A) BIM-i objekt
B) Liitmudel (*Federated Model*)
C) Teostusjärgne mudel (*As-Built Model*)
D) Projekti infomudel (PIM)

7. küsimus. Valikvastustega küsimus

Milline on BIM-koordinaatori peamine roll?

A) Kõigi ehitusvaldkondade 3D-mudelite loomine
B) BIM-projekti ja -meeskonna koordineerimine, infosisu haldamine ning tehnilise toe pakkumine.
C) BIM-tarkvara litsentside hankimine ettevõttele
D) Ainult ruumiliste konfliktide tuvastamine (*clash detection*)

8. küsimus. Täida lünk

Üks peamisi väljakutseid, millega VKE-d BIM-i kasutuselevõtul silmitsi seisavad, on _____, mis hõlmab tarkvara-, riistvara- ja koolituskulusid.

A) Pikaajaline tegevuskulude kokkuhoid
B) Alginvesteering
C) Parem koostöö
D) Vähenenud projektiviivitused

Õiged vastused

1) B 2) B 3) B 4) B 5) B 6) B 7) B 8) B

5. Kasutatud kirjandus

1. BIMconnect (2020) *What is BIM?* Saadaval: https://bimconnect.org/en/ (Vaadatud: 26. veebruaril 2026).
2. Borrmann, A., König, M., Koch, C. ja Beetz, J. (2018) Building Information Modeling: Technology Foundations and Industry Practice. Springer.
3. buildingSMART International (n.d.) *openBIM: What is it and why do we need it?* Saadaval: https://www.buildingsmart.org/openbim-what-is-it-and-why-do-we-need-it/ (Vaadatud: 23. aprillil 2026).
4. Department for Business, Innovation and Skills (2011) *Building Information Modelling (BIM) Working Party Strategy Paper.* UK Government.
5. Disney, O., Roupé, M., Johansson, M. ja Domenico Leto, A. (2022) „Embracing BIM in its totality: a Total BIM case study". Smart and Sustainable Built Environment, 13(3), lk 512–531. https://doi.org/10.1108/SASBE-06-2022-0124 (Vaadatud: 26. veebruaril 2026).
6. EU BIM Task Group (2025) Position Paper on BIM for Public Procurement. Saadaval: https://eubim.eu/ (Vaadatud: 26. veebruaril 2026).
7. European Parliament (2025) Resolution on public procurement. Saadaval: https://www.europarl.europa.eu/legislative-train/theme-a-new-plan-for-europe-s-sustainable-prosperity-and-competitiveness/file-public-procurement-act?sid=9601
8. Herdyana, H. ja Suroso, A. (2023) „The impacts of 5D-Building Information Modeling on construction's time and cost performance", *SINERGI*, 27, lk 393. Saadaval: https://doi.org/10.22441/sinergi.2023.3.010 (Vaadatud: 26. veebruaril 2026).
9. ISO 19650-6 (2025) *Health and safety information – Part 6 of ISO 19650 series.* Saadaval: https://www.iso.org/standard/82705.html (Vaadatud: 26. veebruaril 2026).
10. MDPI Buildings Journal (2025) *Decoding ISO 19650 Through Process Modelling for Information Management.* Saadaval: https://www.mdpi.com/2075-5309/15/3/431 (Vaadatud: 26. veebruaril 2026).
11. Operam Academy (2025) *ISO 19650: An update on the update – What the industry told us at DCW 2025.* Saadaval: https://insights.operamacademy.com/iso-19650-an-update-on-the-update-what-the-industry-told-us-at-dcw-2025 (Vaadatud: 26. veebruaril 2026).
12. Park, S. ja Kim, I. (2015) „BIM-Based Quality Control for Safety Issues in the Design and Construction Phases", *International Journal of Architectural Research: ArchNet-IJAR*, 9, lk 111–129. Saadaval: https://doi.org/10.26687/archnet-ijar.v9i3.881 (Vaadatud: 26. veebruaril 2026).
13. Revizto (2026) *What is ISO 19650 and why should US firms care about BIM standards?* Saadaval: https://revizto.com/en/what-is-iso-19650-bim-standards/ (Vaadatud: 26. veebruaril 2026).
14. Royal Institution of Chartered Surveyors (2017) Building Information Modelling for Project Managers.
15. International Organization for Standardization (2018) ISO 19650-1:2018. Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) — Information management using building information modelling — Part 1: Concepts and principles. Saadaval: https://www.iso.org/standard/68078.html (Vaadatud: 26. veebruaril 2026).
16. BIM Deutschland (n.d.) *Level of Information Need.* Saadaval: https://www.bimdeutschland.de/bim-wissen/standards-normen-richtlinien/level-of-information-need (Vaadatud: 26. veebruaril 2026).

2.teema: BIM-i rakendamine VKE-des

Õpieesmärgid. Õpiväljundid. Sõnastik.

Õpieesmärgid

Mooduli lõpuks õppija:

- mõistab, kuidas ühtset andmekeskkonda (*Common Data Environment*, CDE) VKE-des järk-järgult kasutusele võtta;
- oskab valida sobivaid ehitusinfo modelleerimise (*Building Information Modeling*, BIM) töövahendeid, lähtudes ettevõtte suurusest, eelarvest ja projekti tüübist;
- oskab rakendada IFC-l ja struktureeritud failihaldusel põhinevaid koostalitlusvõtteid;
- oskab hõlpsasti kasutatavate pilvepõhiste töövahendite abil luua lihtsustatud ühtse andmekeskkonna (Common Data Environment, CDE);
- oskab koostada oma ettevõtte vajadustele kohandatud lihtsa BIM-i kasutuselevõtu tegevuskava.

Õpiväljundid

Mooduli läbimisel õppija:

- valib oma ettevõtte vajadustele sobivaid BIM-tarkvaralahendusi;
- loob pilvepõhiste töövahendite abil lihtsa ühtse andmekeskkonna (*Common Data Environment*, CDE);
- oskab IFC-mudeleid korrektselt eksportida, jagada ja üle vaadata;
- rakendab versioonihalduse ja mudelite koordineerimise põhirutiine;
- tuvastab ja lahendada levinumaid koostalitlusvõime ning koostööga seotud probleeme;
- koostab oma VKE jaoks lihtsa BIM-i kasutuselevõtu tegevuskava.

Sõnastik

4D BIM	3D-mudeli sidumine ajakavaandmetega, mis võimaldab visualiseerida ehitusetappide järjestust.
5D BIM	5D BIM — BIM-i laiendus, mille puhul mudelielementidega seotakse mahtude arvutamiseks ja eelarvestamiseks vajalik kuluinfo.
Modelleerimistarkvara (*Authoring Tool*)	Tarkvara, mida kasutatakse BIM-mudelite loomiseks ja muutmiseks (nt Autodesk Revit, ArchiCAD, Tekla Structures).
BIM-koordinaator (VKE kontekstis)	BIM-koordinaator (VKE kontekstis) — isik, kes vastutab mudelite vahetamise korraldamise, failide kontrollimise, koordineerimiskoosolekute korraldamise ja ühtse andmekeskkonna haldamise eest.
BIM-vaatur (*BIM Viewer*)	Tarkvara, mis võimaldab BIM-mudeleid avada, vaadata, mõõta ja kommenteerida ilma neid muutmata (nt BIM Vision, Autodesk Viewer).
Koguste loetelu (*Bill of Quantities*, BOQ)	BIM-mudelist kulude hindamiseks tuletatud struktureeritud materjalide, komponentide ja koguste loetelu.
Konfliktide tuvastamine (*Clash Detection*)	Ruumiliste konfliktide tuvastamine (Clash Detection) — hoone süsteemide vaheliste ruumiliste vastuolude tuvastamise protsess (nt tala läbiv toru), milleks kasutatakse sageli koordineerimistarkvara, näiteks Navisworksi.

Pilvepõhine koostööplatvorm (*Cloud Collaboration Platform*)	Veebikeskkond projektifailide salvestamiseks, jagamiseks ja haldamiseks (nt Google Drive, Microsoft OneDrive).
Ühtne andmekeskkond (*Common Data Environment*, CDE)	Jagatud digitaalne keskkond, kus projektiinfot hoitakse, hallatakse ja vahetatakse kokkulepitud korra alusel.
Digikaksik (ehitus) (*Digital Twin (Construction)*)	Füüsilise ehitisvara digitaalne esitus, mis ühendab BIM-andmed reaalajainfoga, näiteks andurite, seiresüsteemide või käitusandmetega.
Failinimetusreeglid (*File Naming Convention*)	Standarditud digifailide nimetamise kord, mis tagab selguse, jälgitavuse ja versioonihalduse.
Avatud andmevahetusvorming (*Industry Foundation Classes*, IFC)	avatud ja tarkvaraneutraalne failivorming BIM-andmete vahetamiseks eri tarkvaraplatvormide vahel. See toetab erialadevahelist koostalitlusvõimet.
Koostalitlusvõime (*Interoperability*)	Eri tarkvarasüsteemide võime vahetada omavahel andmeid ning neid korrektselt tõlgendada.
Mudelite koordineerimine (*Model Coordination*)	Mitme erialamudeli ülevaatamise, võrdlemise ja kooskõlastamise protsess, mille eesmärk on tagada mudelite kooskõla ja vältida vastuolusid.
Mudeliversioonide haldus (*Model Versioning*)	Mudelifaili järjestikuste versioonide süstemaatiline haldamine, mis tagab uusima versiooni selge tuvastatavuse ning varasemate versioonide säilitamise arhiivis.
Avatud BIM (*openBIM*)	Avatud standarditel (nt IFC) põhinev koostöölähenemine, mille eesmärk on tagada läbipaistev ja tarkvaraneutraalne infovahetus.
Pilootprojekt (BIM-i rakendamine) (*Pilot Project, BIM Implementation*)	Väiksema mahuga projekt, mille abil testitakse BIM-i töövooge enne nende laiemat rakendamist kogu organisatsioonis.
Versioonihaldus (*Version Control*)	Failimuudatuste jälgimise meetod, mis aitab vältida varasemate versioonide juhuslikku ülekirjutamist.
Tööjaotusstruktuur (*Work Breakdown Structure*, WBS)	Projekti tegevuste hierarhiline jaotus, mida kasutatakse ajakava koostamisel ja kulude planeerimisel.

Sissejuhatus 2. teemasse

Väikesed ja keskmise suurusega ettevõtted (VKE-d) seisavad üha suurema surve all töötada ehitusinfo modelleerimise (BIM) põhimõtete järgi. Tõepoolest, töö tellijad nõuavad digitaalseid mudeleid, projekteerijad vahetavad omavahel 3D-faile ning töövõtjatelt eeldatakse projektiinfo digitaalset koordineerimist. Samas peavad paljud VKE-d BIM-i kasutuselevõttu keerukaks, kulukaks ning raskesti hallatavaks protsessiks.

Kui suuremates organisatsioonides on sageli eraldi BIM-osakonnad, siis VKE-d tegutsevad tavaliselt piiratud personali, väiksema eelarve ja suure ajasurve tingimustes. Seetõttu täidavad töötajad sageli korraga mitut rolli ning uute oskuste õppimiseks jääb vähe aega. Selle tulemusena lükatakse BIM-i kasutuselevõttu sageli edasi, rakendatakse seda vaid osaliselt või piirdutakse mudelite põhiliste vaatamisfunktsioonide kasutamisega ilma struktureeritud koostööta.

Seega on VKE-de üks suurimaid väljakutseid koostalitlusvõime, st eri tarkvaraplatvormide võime vahetada ja tõhusalt kasutada infot. Näiteks võib arhitektuuribüroo kasutada Autodesk Reviti, konstruktor töötada Tekla Structuresis ning töövõtja tugineda ainult PDF-joonistele. Seetõttu ei saa ilma selgete protseduuride ja sobivate failivorminguteta mudeleid nõuetekohaselt jagada, andmed lähevad eksportimisel kaduma ning tekivad koordineerimisprobleemid. See põhjustab töö dubleerimist, arusaamatusi ja kulukaid vigu ehitusobjektil.

Teine levinud takistus on arusaam, et BIM-i kasutuselevõtt nõuab kallist tarkvara ja väga head tehnilist pädevust. Tegelikult saavad paljud VKE-d alustada BIM-i rakendamist taskukohaste või isegi tasuta töövahendite abil, näiteks SketchUpi, FreeCADi või mudelivaaturitega, nagu BIM Vision. BIM-i edukas kasutuselevõtt ei sõltu üksnes kasutatavast tarkvarast, vaid eelkõige selgete töövoogude kehtestamisest, vastutusalade määratlemisest, struktureeritud failihaldusest ja järjepidevatest mudelivahetustavadest.

Seetõttu keskendub käesolev moodul BIM-i praktilisele kasutuselevõtule VKE-des ning annab selged samm-sammulised juhised BIM-i integreerimiseks igapäevastesse tööprotsessidesse. Eesmärk on aidata VKE-del liikuda BIM-i kontseptuaalselt mõistmiselt selle praktilise rakendamiseni. Mooduli lõpuks oskavad õppijad koostada lihtsa BIM-i kasutuselevõtu strateegia, mis on kohandatud ettevõtte suuruse, ressursside ja projekti tüübi järgi. Selle asemel et püüda kohe saavutada täielikku digipööret, õpivad VKE-d BIM-i järk-järgult kasutusele võtma, vähendades riske ning suurendades koostöö tõhusust ja projektide kvaliteeti.

VKE-des ei tuleks BIM-i kasutuselevõttu käsitleda tehnoloogilise revolutsioonina, vaid olemasolevate töövoogude süsteemse täiustamisena. Õigesti ja järk-järgult rakendatuna muutub BIM praktiliseks juhtimisvahendiks, mis parandab koordineerimist, suurendab läbipaistvust ning tugevdab ettevõtte konkurentsivõimet tänapäeva ehitusturul.

1. BIM-i rakendamise strateegia VKE-des

BIM-i rakendamine VKE-s ei peaks algama mitme tarkvaralitsentsi ostmisega ega kõigi ettevõtte protsesside ümberkujundamisega. Selle asemel tuleks alustada kontrollitult, struktureeritult ja realistlikult. Eesmärk on integreerida BIM olemasolevatesse töövoogudesse nii, et see ei häiriks igapäevast tööd ega tekitaks tarbetuid rahalisi riske.

Seetõttu sõltub BIM-i edukas kasutuselevõtt VKE-des eelkõige lihtsusest, selgusest ja järkjärgulisest laiendamisest. Käesolevas osas tutvustatakse praktilist samm-sammulist strateegiat, mida ettevõtted saavad kohe rakendada.

1.1 Alusta väikeste sammudega: pilootprojekt

1. samm. Vali üks projekt.

Kõige tõhusam viis BIM-i kasutuselevõtuks VKE-s on alustada pilootprojektist. Selle asemel et rakendada BIM-i kõigis käimasolevates projektides, tuleks valida sobiv projekt, mis vastab järgmistele tingimustele:

- väikese või mõõduka mahu ja keerukusega projekt (nt elamu renoveerimine või väike äripind);
- kaasatud on piiratud arv erialasid (soovitatavalt 2–3, näiteks arhitektuur, konstruktsioonid ja tehnosüsteemid (MEP));
- realistlik ajakava;
- toetav tellija või projektipartnerid.

Seega peaks pilootprojekt toimima katsekeskkonnana. See võimaldab organisatsioonil tuvastada praktilisi probleeme, hinnata tarkvara toimivust ning täiustada töövooge ilma kogu organisatsiooni riski seadmata. Väiksema või keskmise mahuga projekti valimine vähendab survet ja võimaldab vastutaval meeskonnal keskenduda täiusliku tulemuse saavutamise asemel õppimisele ja tööprotsesside parandamisele.

2. samm. Määratle sisemised eesmärgid.

Enne alustamist peab organisatsioon selgelt määratlema, mida ta soovib BIM-i abil saavutada. Ilma selgete eesmärkideta võib BIM muutuda pigem lisakohustuseks kui tootlikkuse suurendamise vahendiks.

VKE-de tüüpilised eesmärgid võivad olla näiteks:

- erialadevahelise koordineerimise parandamine;
- joonistevaheliste vastuolude vähendamine;
- ruumiliste konfliktide tuvastamine enne ehitustööde algust;
- mahuarvutuste parandamine;
- IFC-mudelite edastamine tellijatele.

Iga sellise eesmärgi puhul on oluline määratleda:

- mida tehakse,
- kui sageli seda tehakse,
- kuidas edu mõõdetakse.

Näiteks: eksporditakse ja jagatakse IFC-mudeleid iga kahe nädala järel ning eesmärgi täitmist mõõdetakse failide ühiskausta üleslaadimise sageduse järgi.



Eesmärgid peaksid olema realistlikud ja mõõdetavad. Näiteks:

- IFC-mudelite eksportimine ja jagamine iga kahe nädala tagant;
- koordineerimisvigade vähendamine võrreldes varasemate projektidega;
- mudeli kasutamine ettevõttesiseseks mahtude kontrolliks.

Selged eesmärgid aitavad hinnata BIM-i rakendamise tõhusust.

3. samm. Määra vastutav isik.

Isegi väikestes organisatsioonides peaks pilootprojekti ajal BIM-koordineerimise eest vastutama üks kindel isik. See ei tähenda uue töötaja palkamist, vaid selge vastutuse määramist.

Vastutav isik peaks:

- korraldama mudelivahetust;
- jälgima versioonihaldust;
- tagama failinimetusreeglite järgimise;
- korraldama koordineerimiskoosolekuid.

Määratud vastutava isiku puudumisel võib tekkida segadus failiversioonide ja vastutuse küsimustes. Seetõttu on järjepidevuse tagamiseks väga oluline vastutus selgelt määratleda.

1.2 Määratle BIM-i miinimumlahendus

Alguses peaksid VKE-d keerukate digitaalsete ökosüsteemide kasutuselevõttu vältima. Selles etapis piisab minimaalsest BIM-i töövahendite komplektist. Seetõttu tuleks eelarve, töötajate kogemuse ja turunõudluse põhjal valida üks põhiline modelleerimisplatvorm. Levinumad valikud on:

- Autodesk Revit
- ArchiCAD
- Tekla Structures
- FreeCAD

Samuti ei vaja kõik töötajad modelleerimistarkvara täislitsentse. Koordineerimiseks ja mudelite ülevaatamiseks piisab sageli IFC-vaaturitest, näiteks BIM Visionist, Autodesk Viewerist või Trimble Connectist. Vaaturid on olulised, sest võimaldavad väikeste kuludega mudeleid kontrollida ja mõõta ning probleeme tuvastada.

Algetapis piisab ka lihtsast ühisest pilveplatvormist, näiteks Google Drive’ist, Dropboxist või Microsoft OneDrive’ist.

2. BIM-töövahendid VKE-dele: millised on saadaval ja kuidas valida

Paljude VKE-de jaoks võib BIM-töövahendite valimine olla nende kasutuselevõtu kõige segadusttekitavam etapp. Selle põhjuseks on turul pakutavate platvormide suur hulk, mis erinevad hinna, võimaluste ja keerukuse poolest. Edukas BIM-i kasutuselevõtt ei sõltu siiski kõige keerukama

tarkvara valimisest, vaid selliste töövahendite valikust, mis vastavad ettevõtte suurusele, töötajate oskustele, eelarvele ja projekti tüübile.

Seetõttu annab käesolev osa praktilise ülevaate VKE-dele sobivatest BIM-töövahenditest ning juhised nende teadlikuks valimiseks.

2.1 BIM-modelleerimistarkvara (mudelite loomine)

BIM-modelleerimistarkvara kasutatakse selliste 3D-mudelite loomiseks, mille elemendid (seinad, talad, plaadid, uksed jm) sisaldavad nii geomeetrilist infot kui ka muid andmeid. Nende töövahendite abil saab koostada jooniseid ja spetsifikatsioone ning tuletada mudelist muid andmeid.

Allpool on esitatud levinumad modelleerimistarkvara lahendused:

Autodesk Revit

- Rahvusvaheliselt laialdaselt kasutusel
- Tõhus mitut eriala hõlmavates töökeskkondades (arhitektuur, konstruktsioonid ja tehnosüsteemid (MEP));
- Turul suur nõudlus;
- Eeldab väljaõpet ja tasulist litsentsi

Sobib VKE-dele, kes teevad koostööd suurettevõtetega või osalevad avaliku sektori projektides, kus nõutakse Reviti vormingus väljundeid.

ArchiCAD

- Populaarne arhitektide seas
- Kasutajasõbralik liides
- Head visualiseerimisvõimalused
- Tasuline litsents

Sobib: väikestele arhitektuuribüroodele, kes otsivad kasutajasõbralikke modelleerimistöövahendeid.

Tekla Structures

- Spetsialiseerunud konstruktsioonide ja teraskonstruktsioonide modelleerimisele
- Võimaldab koostada väga detailseid mudeleid
- Sisaldab täiustatud funktsioone
- Suurem maksumus ja järsem õppimiskõver

Sobib: konstruktsioonide projekteerimisega tegelevatele VKE-dele või teraskonstruktsioone ehitavatele töövõtjatele.

FreeCAD

- Avatud lähtekoodiga ja tasuta
- Parameetrilise modelleerimise võimalused
- Toetab IFC-vormingusse eksportimist
- Kommertstarkvaraga võrreldes vähem intuitiivne kasutajaliides

Sobib: piiratud eelarvega VKE-dele või organisatsioonidele, kes soovivad BIM-i võimalusi katsetada ilma suuremate investeeringuteta.

Kuidas VKE-d tegema peaksid tegema valiku?

BIM-tarkvara valimisel peaksid VKE-d lähtuma praktilistest ja mõõdetavatest kriteeriumidest, mitte tarkvara populaarsusest. Olulisteks teguriteks on töötajate kogemus, tellija nõuded, litsentsi- ja hoolduskulud, koolituste kättesaadavus ning eelkõige koostalitlusvõime – eriti IFC-vormingusse eksportimise ja sellest importimise kvaliteet. Valitud töövahend peaks vastama ettevõtte tegelikule suutlikkusele, tavapäraste projektide mahule ja koostöövajadustele.

Et valikut oleks lihtsam teha, peaksid VKE-d võrdlema töövahendeid järgmiste põhiaspektide alusel: kulukus, tüüpiline kasutusvaldkond ja IFC-koostalitlusvõime kvaliteet. Näiteks kuuluvad sellised töövahendid nagu Autodesk Revit ja ArchiCAD kõrgemasse hinnaklassi, sobivad kõige paremini täismahus BIM-modelleerimiseks ja koostööks suuremate osapooltega ning pakuvad üldjuhul head IFC-koostalitlusvõimet (õige seadistuse korral). Seevastu on SketchUp soodsamas hinnaklassis ja lihtsalt kasutatav lahendus, mis sobib ideede kavandamiseks või lihtsamate projektide jaoks, kuid selle sisseehitatud IFC-tugi on piiratud ning eeldab tavaliselt lisamoodulite kasutamist. FreeCAD on tasuta ja avatud lähtekoodiga alternatiiv, mis sobib BIM-i põhitöövoogude lihtsamaks rakendamiseks ja katsetamiseks ning pakub mõõdukat IFC-tuge, mis võib nõuda kasutajalt täiendavat kontrolli ja ülevaatamist.

See võrdlus aitab VKE-del kiiresti hinnata, millised töövahendid sobivad nende vajadustega kõige paremini. Selle asemel et küsida, milline tarkvara on kõige laialdasemalt kasutusel, peaksid ettevõtted hindama, kas nende projektid tegelikult vajavad täismahus BIM-modelleerimist, kas koostööpartnerid eeldavad kindlate vormingute või platvormide kasutamist ning kas meeskond suudab tarkvara olemasoleva aja ja ressursside piires selgeks õppida ja kasutusele võtta.

2.2 Koordineerimise ja mudelite ülevaatamise töövahendid

Kõik meeskonnaliikmed ei pea oma töö tegemiseks kasutama täismahus BIM-modelleerimistarkvara. Paljudel juhtudel saab koordineerimist ja mudelite ülevaatamist läbi viia spetsiaalsete vaaturite või konfliktide tuvastamise töövahendite abil. Need töövahendid võimaldavad meeskondadel avada mudeleid, kontrollida geomeetriat, tuvastada ruumilisi vastuolusid, mõõta elemente ja teavitada probleemidest ilma algset mudelit muutmata.

Kõige levinumad koordineerimisplatvormid on:

- Navisworks – laialdaselt kasutatav mudelite konfliktide tuvastamiseks ja ehitusprotsessi koordineerimiseks;
- Solibri Office – keskendub mudelite kontrollimisele ja reeglipõhisele valideerimisele;
- BIMcollab – toetab struktureeritud probleemide jälgimist eri erialade vahel.

Samas võib BIM-iga alustavatele VKE-dele piisata sageli tasuta või soodsamatest töövahenditest. Mõned näited:

- BIM Vision – tasuta IFC-vaatur mudelite vaatamiseks;
- Autodesk Viewer – veebipõhine platvorm mudelite vaatamiseks ilma tarkvara paigaldamata;
- Trimble Connect – pakub tasuta versiooni koordineerimise põhifunktsioonidega.

Seetõttu võimaldavad need töövahendid VKE-del osaleda koordineerimisprotsessides ilma, et oleks vaja kohe investeerida täiustatud tarkvarasse. Paljude väiksemate projektide puhul piisab sageli vaaturipõhisest koordineerimisest.

2.3 Kulud BIM-i kasutuselevõtul VKE-des

Rahaline jätkusuutlikkus on BIM-i kasutuselevõtul kriitilise tähtsusega tegur, sest VKE-d peavad arvestama aastaste tellimustasude, võimalike riistvarauuenduste, koolituskulude ning õppeperioodil ajutiselt väheneva tööviljakusega.

Seetõttu on oluline, et VKE-d lähtuksid BIM-töövahendite kasutuselevõtul tasakaalustatud lähenemisest, näiteks:

- soetaksid ühe peamise modelleerimistarkvara litsentsi;
- katsetaksid mitut tasuta või soodsat vaaturit;
- võtaksid kasutusele lihtsa pilvepõhise koostööplatvormi.

Selline lähenemine vähendab investeerimisriske ja võimaldab samal ajal tõhusalt osaleda BIM-põhistes projektides. Keeruka digitaalse töökeskkonna loomise asemel peaksid VKE-d keskenduma taskukohastele ja hiljem laiendatavatele lahendustele, mis arenevad koos ettevõtte digiküpsusega.

Orienteeruvad kulude vahemikud

- **Modelleerimistarkvara litsentsid (nt Autodesk Revit, ArchiCAD):** ligikaudu 1500–3500 € kasutaja kohta aastas;
- **Vaaturid (nt BIM Vision ja Autodesk Viewer):** sageli tasuta või soodsad (0–300 € aastas);
- **Pilvepõhised koostööplatvormid (nt Google Drive, Microsoft OneDrive):** ligikaudu 50–150 € kasutaja kohta aastas;
- **Riistvarauuendused (vajadusel):** ligikaudu 800–2000 € töökoha kohta;
- **Koolituskulud:** ligikaudu 200–1000 € inimese kohta (esmase koolituse puhul).



3. Koostalitlusvõime

Koostalitlusvõime tähendab erinevate tarkvarasüsteemide võimet omavahel andmeid vahetada ja neid korrektselt kasutada. VKE-de jaoks on koostalitlusvõime sageli BIM-i kasutuselevõtu kõige olulisem ja samas ka kõige keerulisem aspekt. Kui suured organisatsioonid tegutsevad tavaliselt standardiseeritud digikeskkondades, siis VKE-d teevad sageli koostööd partneritega, kes kasutavad eri tarkvaraplatvorme. Selgete andmevahetusprotseduuride puudumisel võib väärtuslik info kaduma minna, moonduda või seda võidakse valesti tõlgendada.

Praktikas on koostalitlusvõime probleemide põhjuseks harva ainult tarkvara. Sageli tulenevad need ebaühtlastest ekspordiseadetest, ebaselgest failihaldusest või mudelite jagamiseelse kontrolli puudumisest. Seetõttu peaksid VKE-d keskenduma lihtsate ja usaldusväärsete andmevahetusrutiinide kujundamisele, mitte lootma üksnes tehnoloogiale.

3.1 Miks koostalitlusvõime VKE-des ebaõnnestub

Eri tarkvaraplatvormid

Arhitekt võib kasutada tarkvara Autodesk Revit, konstruktor töötada Tekla Structuresis ning töövõtja kasutada ainult mudelivaatureid. Omavormingus failid (.rvt, .pln, .tekla) ei ole eri platvormide vahel otseselt ühilduvad.

Ebaõiged ekspordiseaded

Mudeli eksportimisel valesti määratud seaded võivad põhjustada omaduste kadumist, elementide vale klassifitseerimist või geomeetrilisi moonutusi.

Versioonihalduse puudumine

Selgete failinimetusreeglite ja struktureeritud failisalvestuse puudumisel võivad meeskonnad töötada aegunud mudelitega, mis põhjustab koordineerimisvigu.

Mudeli kontrollimata jätmine enne jagamist

Sageli ekspordivad ja saadavad VKE-d mudelifaile ilma, et kontrolliksid eksporditud mudelit eelnevalt neutraalses vaaturis, mis suurendab märkamata jäänud vigade riski.

3.2 IFC roll avatud koostöös

Kõige laialdasemalt kasutatav avatud vorming BIM-andmete vahetamiseks on IFC-vorming (*Industry Foundation Classes*, IFC), kuna see võimaldab eri tarkvaraplatvormides loodud mudeleid jagada neutraalses ja standardiseeritud vormingus.

Seetõttu on IFC VKE-de jaoks eriti oluline, sest see:

- vähendab sõltuvust ühest tarkvaratootjast;
- võimaldab koostööd eri töövahendite vahel;
- võimaldab mudeleid üle vaadata ka ilma selle modelleerimistarkvarata, milles mudel loodi;
- toetab andmete pikaajalist kättesaadavust.

Samas ei kõrvalda IFC kasutamine kõiki koostalitlusvõimega seotud probleeme, kuid loob andmevahetuseks struktureeritud ja usaldusväärse aluse.

3.3 Praktilised IFC-põhised töövood VKE-dele

Koostalitlusvõime parandamiseks peaksid VKE-d rakendama lihtsat IFC-põhist andmevahetustöövoogu:

1. samm

Seadista ekspordiparameetrid:

- õige IFC-versiooni valimine (tavaliselt IFC2x3 või IFC4, sõltuvalt projekti nõuetest);
- omadustekomplektide (property sets) kaasamine;
- elementide korrektne klassifitseerimine;
- mahtude eksportimine (vajaduse korral).

2. samm

Ekspordi IFC-fail.

3. samm

Kontrolli IFC-faili (geomeetria terviklikkus, elementide nähtavus, põhiomadused, projekti struktuur).

4. samm

Paiguta kontrollitud IFC-mudel kokkulepitud ühiskausta ja teavita projektipartnereid.

3.4 Versioonide haldamine ja vastuolude vältimine

Koostalitlusvõime ei ole ainult tehniline, vaid ka organisatsiooniline küsimus. VKE-d peaksid kasutusele võtma selged versioonihalduse tavad:

- lisama failinimesse versiooni numbri ja kuupäeva;
- vältima varasemate versioonide ülekirjutamist;
- pidama arhiivikausta;
- määrama failide ajakohastamise sageduse.

Failinime näide: Project_Structure_V03_2026-03-10.ifc

3.5 Tüüpilised koostalitlusvõime vead

VKE-d peaksid vältima olukordi, kus:

- enne projekti algust ei lepita kokku, millist IFC-versiooni kasutada (IFC2x3 või IFC4);
- erialamudelites kasutatakse erinevaid koordinaatsüsteeme või referentspunkte;
- eeldatakse, et IFC säilitab kõik algvormingus andmed, nt materjalid, ajakavad ja piirangud, mida see tavaliselt ei tee;
- eksporditavad omaduste komplektid jäetakse määratlemata, nt tulepüsivus ja U-väärtused, kui need ei sobitu standardskeemiga;
- IFC-vormingu asemel vahetatakse algvormingus faile ilma eelneva kokkuleppeta;
- eri valdkondades kasutatakse ebaühtlasi IFC-versioone;
- IFC-ekspordi kontrollimine jäetakse vahele;
- koordineerimismudelite asemel jagatakse töömudeleid;
- ühiskaustadesse lubatakse faile kontrollimatult üles laadida.

3.6 Peamised soovitused VKE-dele

Stabiilse koostalitlusvõime tagamiseks peaksid VKE-d rakendama järgmist strateegiat:

1. Standardida IFC peamiseks andmevahetusvorminguks.
2. Määratleda selged ekspordi- ja kontrolliprotseduurid.
3. Kehtestada ühtsed failinimetusreeglid ja versioonihalduse reeglid.
4. Kasutada mudelite sõltumatuks kontrollimiseks vaaturitarkvara.
5. Hoida töövood lihtsad ja korratavad.

Seetõttu ei tuleks koostalitlusvõimet käsitleda keeruka tehnilise küsimusena, mis on mõeldud ainult spetsialistidele. VKE-de jaoks on see eelkõige järjepidevuse, distsipliini ja struktureeritud infovahetuse küsimus. Selgete IFC-põhiste andmevahetusrutiinide ja lihtsate failihalduse põhimõtete rakendamine aitab VKE-del märkimisväärselt vähendada koordineerimisriske ja osaleda kindlamalt BIM-põhistes projektides.

4. Lihtne ühtne andmekeskkond (CDE) VKE-dele

Ühtne andmekeskkond (CDE) on keskne koht, kus projektiga seotud infot hoitakse, jagatakse ja hallatakse. Suurtes organisatsioonides võivad CDE-platvormid olla keerukad süsteemid, millel on automatiseeritud töövood ja ranged heakskiitmisprotsessid. VKE-de puhul ei pea CDE aga olema tõhusaks toimimiseks tehnoloogiliselt kõrgetasemeline. Seetõttu on CDE peamine eesmärk VKE-de kontekstis lihtne: tagada, et kõik osapooled töötaksid õige ja kõige ajakohasema infoga.

4.1 Praktilise ühtse andmekeskkonna (CDE) lahenduse valimine

VKE-d võivad alustada laialt kättesaadavate pilvesalvestusplatvormidega, näiteks Google Drive'i, Dropboxi või Microsoft OneDrive'iga. Need töövahendid võimaldavad failidele ühiselt juurde pääseda, hallata versiooniajalugu ja ligipääsuõigusi ning sünkroonida andmeid eri seadmete vahel.

Algetapis on olulisem kehtestada selged ettevõttesisesed töökorraldusreeglid kui investeerida spetsiaalsesse BIM-platvormi. Ka lihtsad pilvepõhised lahendused võivad toimida tõhusa ühtse andmekeskkonnana (CDE), kui need on nõuetekohaselt struktureeritud.

4.2 Selge kaustastruktuuri määratlemine

Hästi organiseeritud kaustastruktuur vähendab segadust ja aitab vältida failide ülekirjutamist. Kaustastruktuur peaks olema lihtne ja ühtne ning kõik meeskonnaliikmed peaksid seda järjepidevalt kasutama.

Näiteks:

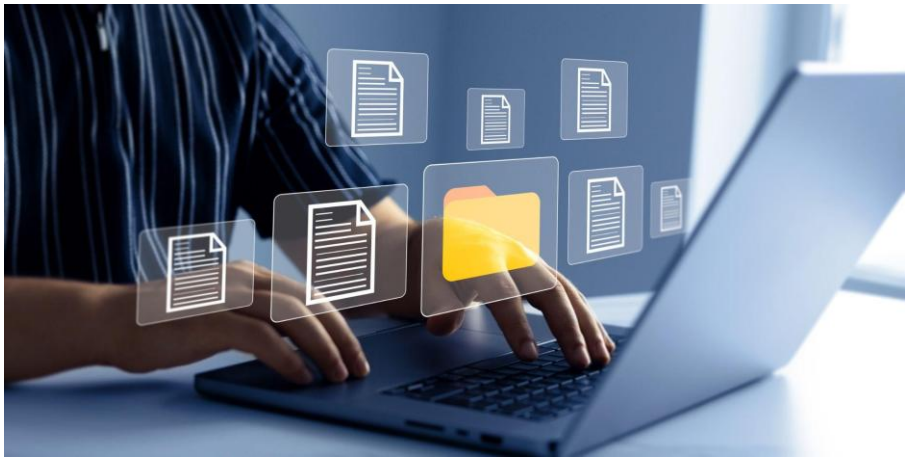
01_Working_Models – sisaldab sisemisi tööfaile (nt tarkvara omavormingus faile). Juurdepääsuõigus võib olla ainult mudeliautoritel.

02_IFC_Shared – sisaldab koordineerimiseks kontrollitud IFC-mudeleid. Siia tuleks üles laadida ainult heakskiidetud mudelid.

03_Drawings – sisaldab eksporditud PDF-faile või ülevaatamiseks või ehitamiseks väljastatud jooniseid.

04_Issues – sisaldab koordineerimisaruandeid, ruumiliste konfliktide tuvastamise aruandeid ja probleemilogisid.

05_Archive – sisaldab mudelite ja jooniste varasemaid versioone. Faile ei tohiks kunagi kustutada, vaid need tuleb arhiveerida.



4.3 Ligipääsuõigused, vastutus ja koordineerimine

Ka väikestes meeskondades on ligipääsuõiguste haldamine oluline, sest kõigil ei pea olema kõigi kaustade muutmisõigust.

Soovitatav töökorraldus:

- töökaustad: muutmisõigus ainult vastutavatel mudeliautoritel;
- jagatud IFC-kaustad: üleslaadimine BIM-i eest vastutava isiku kontrolli all;
- arhiivikaust: piiratud ligipääs, et vältida failide juhuslikku kustutamist.

Ühtne andmekeskkond (CDE) on tõhus ainult siis, kui seda toetavad regulaarsed koordineerimistoimingud. Seetõttu on väga oluline, et VKE-d kehtestaksid kindla mudelivahetuspäeva ja iganädalase koordineerimiskoosoleku ning kasutaksid lihtsat jälgimistabelit (Excelis või jagatud dokumendina).

4.4 Ühtse andmekeskkonna (CDE) levinumad vead ja põhimõtted

Paljudes VKE-des ei põhjusta ühtse andmekeskkonna (CDE) probleeme mitte tehnoloogia, vaid puudulik töökorraldus ja ebajärjepidevus. Sageli põhjustavad segadust ja aegunud info kasutamist failide kontrollimatu üleslaadimine, ebaühtlane kaustastruktuur, varasemate versioonide arhiveerimata jätmine ning puudulik teavitamine uuendustest. Teine sagedane probleem on sisemiste tööfailide hoidmine samas kaustas heakskiidetud koordineerimismudelitega, mis suurendab vigade ja arusaamatuste riski.

Nende probleemide vältimiseks peaksid VKE-d eelistama keerukatele digilahendustele lihtsust ja selgust. Hädavajalikud on selge ja stabiilne kaustahierarhia, ranged failinimetusreeglid, regulaarsed mudeliuuendused ning selgelt määratletud vastutusalad. Iga meeskonnaliige peaks teadma, kus faile hoitakse, milline versioon on kehtiv ning kes vastutab jagatud mudelite üleslaadimise ja valideerimise eest.

Seega ei pea ühtne andmekeskkond (CDE) tõhusaks toimimiseks olema keerukas. Nõuetekohaselt struktureerituna ja järjepidevalt hallatuna võivad isegi lihtsad pilvepõhised platvormid koordineerimist märkimisväärselt parandada ja projektiriske vähendada. VKE-de puhul sõltub CDE edukus palju rohkem distsipliinist, läbipaistvusest ja kindlakskujunenud töökorraldustavadest kui konkreetsest kasutatavast platvormist.



5. Juhtumiuuring

ET4Digital – ehituse digikaksiku näidislahendus

ET4Digitali projekti raames töötati välja digitaalne näidislahendus, mis aitab koolitajatel ja VKE-del BIM-i ning digikaksiku põhimõtteid praktilises keskkonnas mõista ja rakendada. Näidislahenduse arendas välja Bologna Ülikool koostöös kutseõppeasutusega IIPLE (Bologna, Itaalia).

Eesmärk ei olnud üksnes luua BIM-mudel, vaid ehitada üles ehituse digikaksik (*Construction Digital Twin*, CDT), mis ühendab 3D-BIM-modelleerimise, ajaplaneerimise (4D), kulude hindamise (5D), ehitusobjekti seire, sensoriandmed ja pilvepõhise koostöö. Kõige olulisem on see, et süsteem kavandati VKE-de vajadusi silmas pidades ning avatud ja kättesaadavate töövahendite kasutamist soodustades, et vähendada rahalisi takistusi.

Pilootprojekt

Näidislahenduse jaoks valiti IIPLE-s väike õppeehitusobjekt, millel olid järgmised tunnused:

- ühekorruseline hoonemakett,
- neli ruumi ja trepp,
- müüritisseinad, põrandaviimistlus ja krohv,
- sobiv nii ehitus- kui ka lammutustööde õppeks.

Kuigi projekt oli väikese mahuga, oli see piisavalt keerukas (mitu seinatüüpi, viimistlust ja ehitusetappi), et simuleerida realistlikku ehitusobjekti. Seetõttu sobis see hästi VKE-dele suunatud katsetamiseks.

BIM-mudeli koostamine

Hoone modelleeriti Autodesk Revitis 3D-BIM-mudelina, mis kajastas projekteeritud seisundit (as-designed). Mudeli põhjal koostas meeskond järgmised väljundid:

- tööjaotusstruktuuri (*Work Breakdown Structure*, WBS)
- koguste loetelu (*Bill of Quantities*, BOQ)
- ehitusgraafiku (Microsoft Project)
- 5D kuluhinnangu

Digiplatvormi valik

Et vältida sõltuvust kulukatest omanduslikest süsteemidest, valis meeskond openBIM-i lähenemise ja kasutas OpenProjecti, mis kohandati Open Project BIM-i platvormiks.

Valikukriteeriumid olid järgmised:

- brauseripõhine ligipääs,
- IFC-mudelite visualiseerimine ilma modelleerimistarkvarata,
- projektijuhtimise töövahendid,
- ülesannete määramine ja ajaplaneerimine,
- dokumentide jagamine,
- avatud ligipääs hariduslikel eesmärkidel.

Need kriteeriumid olid otsustava tähtsusega, et lahendus oleks VKE-dele sobiv.

IFC-põhine koostalitlusvõime

Kõiki mudeleid vahetati avatud IFC-vormingus (Industry Foundation Classes), mis võimaldab IFC-mudeleid üles laadida, mitut erialamudelit kohakuti kuvada, mudeleid muutmata visualiseerida ja juurdepääsu kontrollida. Selle tulemusena välditi omavormingus failide vahetamisest tingitud andmekadu ja vajadust kallite BIM-tarkvara litsentside järele ning modelleerimis- ja koordineerimiskeskkonnad hoiti selgelt lahus.

Sensorite integreerimine (digikaksiku komponent)

Et liikuda BIM-mudelist edasi digikaksiku funktsionaalsuse suunas, integreeris meeskond keskkonnasensorid (temperatuur, niiskus, CO_2-tase ja osakesed), kaamerapõhise seire ning reaalajas andmeedastuse. Selleks kasutati soodsat ja õpikeskkonda sobivat riistvara (Raspberry Pi-ga ühilduvaid sensoreid) ning andmed edastati automaatselt platvormile ja visualiseeriti juhtpaneelidel.

Selle tulemusena oli võimalik:

- jälgida ehitusplatsi keskkonnatingimusi,
- jälgida töötajate kohalolekut,
- võrrelda planeeritud ja tegelikku tööde edenemist,
- toetada ohutusanalüüsi.

Koostalitlusvõime ja organisatsioonilised väljakutsed

Rakendamise käigus ilmnes mitu väljakutset, mis on VKE-de jaoks eriti tüüpilised ja olulised. Näiteks:

- Andmete killustatus.
- Sensorite toorandmete tõlgendamine oli keeruline.

Lahendus: töötati välja graafilised juhtpaneelid.
Õppetund: andmed tuleb teisendada kasutajale arusaadavaks infoks.

Üleminek teisele platvormile. Esialgu katsetati prototüüpplatvormi (Bluetooth Low Energy, BLE-põhist lahendust), kuid hiljem asendati see piiratud kättesaadavuse tõttu openBIM-i lahendusega.

Õppetund: töövahendite valikul tuleb eelistada kasutuslihtsust ja hilisemat laiendatavust.

IFC-mudelite kontrollimine. IFC-mudeleid tuli testida, et veenduda geomeetria ja omaduste säilimises eksportimise käigus.

Õppetund: enne jagamist tuleb IFC-eksport alati üle kontrollida.

Oskuste puudujäägid.

Koolitajatel esines alguses raskusi järgmiste teemadega:

- 4D- ja 5D-integratsiooni mõistmine;
- ülesannete digitaalne haldamine,
- juhtpaneeli andmete tõlgendamine.

Õppetund: tehnoloogia kasutuselevõtt eeldab struktureeritud koolitust ka väiksema mahuga süsteemide puhul.

Peamised tulemused

Näidislahendus võimaldas edukalt:

- luua toimiv teise põlvkonna digikaksiku (*Generation 2 Digital Twin*) prototüüp;
- integreerida BIM-i, ajakava, kulude ja ehitusobjekti andmed;
- kasutada VKE-dele sobivat avatud ligipääsuga platvormi;

- luua digitaalse ehituse töövoogude õppekeskkonna.

Lisaks näitas prototüüp, et digipööre ei eelda ulatuslikku taristut, vaid struktureeritud töövooge ja kontrollitud infohaldust.

Asjakohasus VKE-de jaoks

Juhtumiuuring toob esile mitu olulist õppetundi VKE-dele, kes soovivad BIM-i rakendada praktilisel ja jätkusuutlikul viisil. Esiteks peaks digipööre algama väikese ja hallatava pilootprojektiga, mitte kogu ettevõtte ulatusliku ümberkujundamisega. Seega tagab avatud vormingute, näiteks IFC (Industry Foundation Classes), kasutamine koostalitlusvõime ja vähendab sõltuvust konkreetsetest tarkvaratootjatest. See on eriti oluline väikeettevõtetele, kes teevad koostööd eri partneritega. Kogemus näitab ka, et kättesaadavust ja kasutatavust tuleb eelistada tehnoloogilisele keerukusele, sest keerukatest süsteemidest on vähem kasu, kui meeskonnad ei oska neid tõhusalt kasutada. Tegelik kasu tekib siis, kui 3D-modelleerimine seotakse ajaplaneerimise ja kulude hindamisega, luues eraldiseisvate digimudelite asemel käegakatsutavat tegevusväärtust.

Lisaks võivad lihtsad pilvepõhised platvormid koordineerimist tõhusalt toetada, kui need on nõuetekohaselt struktureeritud. Selge andmevisualiseering on hädavajalik, et muuta toorinfo rakendatavate otsuste aluseks. Lõpuks näitab projekt, et VKE-d saavad BIM-i ja digikaksiku põhimõtteid rakendada järk-järgult ja strateegiliselt ilma suurte rahaliste investeeringuteta, keskendudes töökorraldusele, koostalitlusvõimele ja järkjärgulisele parendamisele.

6. Ülesanded

A osa. Individuaalne teadmiste kontroll (valikvastustega küsimused). Valige mooduli sisu põhjal igale järgmisele küsimusele sobivaim vastus.

1. küsimus – õige või vale

BIM-i rakendamine VKE-s eeldab algusest peale kõigile meeskonnaliikmetele mitut täisfunktsionaalse BIM-modelleerimistarkvara litsentsi.

A) Õige
B) Vale

2. küsimus – valikvastustega küsimus

Milline järgmistest on kõige olulisem põhjus, miks VKE-d peaksid kasutama IFC-vormingut?

A) See parandab mudeli graafilist kvaliteeti
B) See tagab koostalitlusvõime eri tarkvaraplatvormide vahel
C) See vähendab internetikasutust
D) See asendab vajaduse koordineerimise järele

3. küsimus – täida lünk

Väikest projekti, mis valitakse BIM-töövoogude katsetamiseks enne laiemat rakendamist, nimetatakse _____ projektiks.

A) demonstratsiooniprojektiks
B) katseprojektiks
C) pilootprojektiks
D) ajutiseks projektiks

4. küsimus – valikvastustega küsimus

Milline kombinatsioon kirjeldab VKE jaoks minimaalset BIM-töökeskkonda?

A) Kolm modelleerimisvahendit ja kaks koordineerimisplatvormi
B) Üks modelleerimisvahend, üks koordineerimis- või vaaturvahend ning üks ühine pilveruum
C) Ainult pilvepõhine salvestuskaust
D) Digikaksiku platvorm koos sensorite integreerimisega

5. küsimus – õige või vale

Koostalitlusvõime probleemid on tavaliselt põhjustatud ainult tarkvara piirangutest.

A) Õige
B) Vale

6. küsimus – täida lünk

Digitaalset ühist keskkonda, kus projektiinfot hoitakse ja hallatakse, nimetatakse _____ andmekeskkonnaks (CDE).

A) keskseks
B) ühtseks
C) koostöiseks
D) koordineeritud

7. küsimus – valikvastustega küsimus

BIM-tarkvara valimisel peaksid VKE-d eelkõige hindama:

A) tarkvara populaarsust sotsiaalmeedias
B) logo kujundust ja brändi
C) töötajate kogemust, maksumust, tellija nõudeid ning IFC-ekspordi kvaliteeti
D) sisseehitatud renderdusfunktsioonide arvu

8. küsimus – õige või vale

VKE-s sõltub BIM-i edukas rakendamine rohkem struktureeritud töövoogudest ja selgelt määratletud vastutusest kui kallist tehnoloogiast.

A) Õige
B) Vale

Vastusevõti:

1) B 2) B 3) C 4) B 5) B 6) B 7) C 8) A

7. Kasutatud kirjandus

1. Autodesk (2023) *Revit: BIM software for building design.* Saadaval: https://www.autodesk.com/products/revit (Vaadatud 21. aprillil 2026).
2. buildingSMART International (2020) *Industry Foundation Classes (IFC) – An introduction.* Saadaval: https://www.buildingsmart.org/standards/bsi-standards/industry-foundation-classes/ (Vaadatud 21. aprillil 2026).
3. Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R. ja Liston, K. (2018) BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Designers, Engineers, Contractors, and Facility Managers. 3. tr. Hoboken: Wiley.
4. European Commission (2021) *Digital transformation of the construction sector.* Saadaval: https://ec.europa.eu (Vaadatud 21. aprillil 2026).
5. Hardin, B. ja McCool, D. (2015) BIM and Construction Management: Proven Tools, Methods, and Workflows. 2. tr. Indianapolis: Wiley.
6. ISO (2018) *ISO 19650-1: Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) — Information management using building information modelling.* Geneva: International Organization for Standardization.
7. ISO (2018) ISO 19650-2: Delivery phase of the assets. Geneva: International Organization for Standardization.
8. Kassem, M. ja Succar, B. (2017) „Macro BIM adoption: Conceptual structures“, *Automation in Construction*, 81, lk 12–20.
9. McGraw Hill Construction (2014) *The Business Value of BIM for Construction in Major Global Markets.* Saadaval: https://www.construction.com (Vaadatud 21. aprillil 2026).
10. Succar, B. (2009) „Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders“, *Automation in Construction*, 18(3), lk 357–375.
11. Volk, R., Stengel, J. ja Schultmann, F. (2014) „Building Information Modeling (BIM) for existing buildings — Literature review and future needs“, *Automation in Construction*, 38, lk 109–127.