

MUDELPROJEKTEERIMISE ÜLDJUHENDID 2012
Osa 13: Infomudelite kasutamine ehitamisel

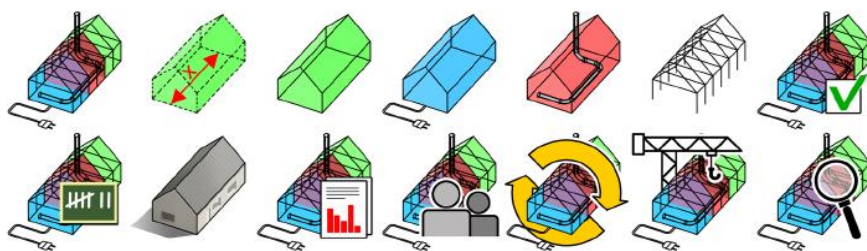
EESTI STANDARDIKESKUSE EESSÕNA

"Mudelprojekteerimise üldjuhendid 2012. Osa 13: Infomudelite kasutamine ehitamisel" on avaldatud Standardikeskuse juhendmaterjalina vastavalt Majandus- ja Kommunikatsiooniministeeriumi ja Eesti Standardikeskuse vahelisele kokkuleppele.

Juhendmaterjali koostamist on korraldanud ja selle korrektsuse eest vastustab Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium. Juhendmaterjal on kättesaadavaks tehtud Eesti Standardikeskuse poolt.

TÄHELEPANU!

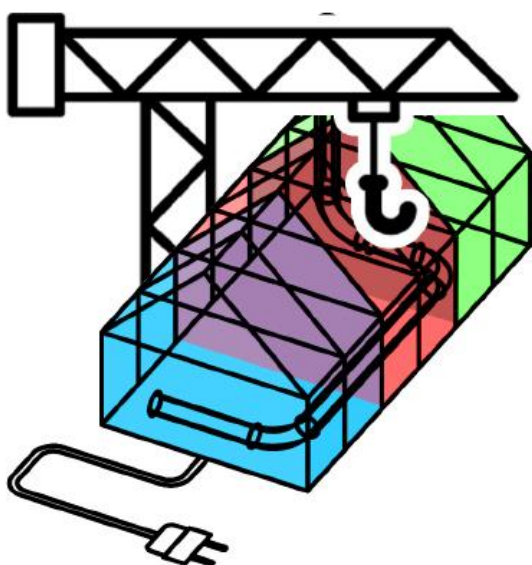
Standardikeskuse juhendmaterjal ei ole Eesti standard ega ole võrdsustatav Eesti Standardiga. Ühelgi juhul ei teki käesoleva juhendamaterjali kasutamisest standardi kasutamisega võrdväärseid õiguslikke tagajärgi.



COBIM

Mudelprojekteerimise
üldjuhendid 2012

v 1.0



13. osa

Infomudelite kasutamine
ehitamisel

Eessõna

Juhendisari „Mudelprojekteerimise üldjuhendid 2012” on valminud ulatusliku arendusprojekti COBIM tulemusena. Vajaduse nõuete järele tingis mudelprojekteerimise (BIM-i) kiire levik ehitusvaldkonnas. Ehitushanke kõigis staadiumites tuleb osalistel üha täpsemalt määratleda, kuidas ja mida modelleerida. Sarja „Mudelprojekteerimise üldjuhendid 2012” aluseks on olnud tellijaorganisatsioonide varasemad juhendid ja nende kasutamisel saadud kogemused ning juhendite koostajate endi kogemus mudelipõhisest tegevusest.

Hanke osalised

Rahastajad: Aitta Oy, arhitektibüroo Larkas & Laine Oy, buildingSMART Finland, Espoo Tekninen palvelukeskus, Future CAD Oy, Helsingi Asuntotuotantotoimisto, Helsingi Tilakeskus, Helsingi Ülikool, Helsingi Yliopistokiinteistöt Oy, HUS-Kiinteistöt Oy, HUS-Tilakeskus, ISS Palvelut Oy, Kuopio Tilakeskus, Lemminkäinen Talo Oy, Micro Aided Design Ltd. (M.A.D.), NCC Rakennus Oy, Sebicon Oy, Senaatti-kiinteistöt, Skanska Oy, SRV Rakennus Oy, SWECO PM OY, Tampere linn, Vantaa Tilakeskus, keskkonnaministeerium.

Koostajad: Finnmap Consulting Oy, Gravicon Oy, inseneribüroo Olof Granlund Oy, Lemminkäinen Talo Oy, NCC Rakennus Oy, Pöyry CM Oy, Skanska Oyj/VTT, Solibri Oy, SRV Rakennus Oy, Tietoa Finland Oy.

Juhtimine: Rakennustietosäätiö RTS.

Juhendid kiitis heaks projektiosaliste liikmetest koosnev haldusrühm. Haldusrühm tegutses organisatsiooni Rakennustietosäätiö RTS komiteena TK 320 ning osales sellisena aktiivselt juhendite sisu väljatöötamisel ning kommentaaride küsimisel haldusrühma liikmetelt ja huvirühmadelt.

Projekti © COBIM osalised

Tõlkijate poolt saateks

Juhendmaterjal on 2012 aastal Soomes ilmunud juhendi COBIM 2012 tõlge, seetõttu on juhendis toodud faktid ja põhimõtted omased Soome ehitusvaldkonnale. Arvestades Eesti ja Soome geograafilist lähedust ja ehitusvaldkonna sarnasust on juhendis toodu suurel määral kohandatava ka Eesti oludes. Juhendmaterjal on heaks lähtekohas BIM tehnoloogia kasutusele võtmiseks, samas on vajalik konkreetsest ettevõtte eripärast lähtuvalt täpsustatud juhiste loomine. Täiendusena Soome juhendile on tõlketöö käigus täiendatud BIM terminoloogia selgitavat sõnastikku, mis on toodud juhendmaterjali lisana.

Juhendmaterjali tõlkimise töörühmas osalesid Ergo Pikas, Siima Saidla, Tarvo Mill, Jüri Pärtna, Janek Siidra, Tanel Friedenthal, Reino Rass, Viivo Siimpoeg, Ülari Mõttus, Kati Tamtik-Dmitritšenko, Anti Hamburg, Hendrik Voll, Martin Thalfeldt, Lauri Reinart, Marika Stokkeby, Jaanus Olop, Pille Hamburg, Reet Kalmet, Indrek Tärno, Urmas Alber, Tormi Tabor, Urmo Karu ja Aivars Alt.

Juhendi tõlke keeleteoimetaja on Eva Kiisler.

COBIM 2012 tõlkimist on toetanud Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium, Tallinna Tehnikakõrgkool, Tallinna Tehnikaülikool, Riigi Kinnisvara AS ja ET-INFOkeskuse AS.

Sisukord

1	Mudelprojekteerimisjuhendite põhieesmärgid	4
2	Sissejuhatus	5
3	Töövõtjate nõuded infomudelitele.....	6
3.1	Infomodelite määratlemine töövõtudokumentides.....	6
3.2	Töövõtjatele üleantavate infomodelite määratlemine	6
3.3	Töövõtja vastutusel toimuv projekteerimine	7
3.4	Infomodelite haldamine ehitusstaadiumis	7
4	Infomodeli kasutusvõimalused ehitusstaadiumis.....	9
4.1	Modelleerimisnõuded ehitusstaadiumis	9
4.2	Ehitusgraafiku esitamine infomodelis	9
4.3	Ehituskäigu kajastamine infomodelis	10
4.4	Ehitusplatsi modelleerimine (ehitusplatsi plaan)	11
4.5	Ehitusstaadiumi töökaitsemeetmete tagamine infomodeli abil	13
5	Ehitusandmete kandmine teostusmodelitesse	15
5.1	Pinnase- ja vundeerimistöõde dokumenteerimine 3D-mudelina	15
5.2	Ehitusaegsed muudatused	15
5.3	Kaetavad tarindid	16
5.4	Projektimuutused ehituse käigus	16
5.5	Hoone haldajale üleantavad andmed.....	16

1 Mudelprojekteerimisjuhendite põhieesmärgid

Ehitise omaduste ja konstruktsioonide modelleerimise eesmärk on toetada projekteerimise ja ehituse elukaare protsessi nii, et see oleks kõrge kvaliteediga, tõhus, ohutu ja säästvat arengut toetav. Infomudeleid kasutatakse ehitise kogu elukaare vältel alates eskiisist ning jätkuvalt ka ehitise eksploatatsioonil ja haldamisel pärast ehitusprojekti lõppu.

Mudelid võimaldavad näiteks:

- tuge investeerimisotsuste tegemisel, võrreldes lahenduste toimivust, mahtu ja kulusid;
- energia-, keskkonna- ja elukaareanalüüside teostamist lahenduste võrdlemiseks, projekteerimiseks ja kavandatud eesmärkide saavutamiseks;
- projektlahenduste visualiseerimist ja nende teostatavuse analüüsimist;
- kvaliteedi tagamist, andmevahetuse parandamist ja projekteerimisprotsessi tõhustamist;
- ehitusprojekti andmete kasutamist ehitise eksploatatsioonil ja haldustoimingutes.

Et modelleerimine õnnestuks, tuleb määratleda mudelite ja nende kasutamise hankepõhised prioriteetid ja eesmärgid. Eesmärkide ja selles juhendisarjas esitatud üldnõuete põhjal formuleeritakse ja dokumenteeritakse konkreetse hanke puhul esitatavad nõuded.

Modelleerimise üldised eesmärgid on näiteks:

- hanke otsustusprotsesside toetamine;
- osaliste integreerimine hanke eesmärkide saavutamiseks;
- projektlahenduste visualiseerimine;
- projektide koostamise ja projektide integreerimise toetamine;
- ehitusprotsessi ja selle lõpptoote kvaliteedi parandamine ja tagamine;
- ehitusaegsete protsesside tõhustamine;
- ohutuse suurendamine ehitusprotsessi ajal ja ehitise haldamisel;
- hanke kulusid ja ehitise elutsüklit käsitlevate analüüside toetamine;
- ehitusinfo andmete andmehaldussüsteemidesse ülekandmise lihtsustamine.

Juhendisari „Mudelprojekteerimise üldjuhendid 2012” hõlmab ehitus- ja renoveerimisobjekte ning ehitiste kasutamist ja haldamist. Mudelprojekteerimise juhendid hõlmavad miinimumnõudeid mudelitele ja infole. Miinimumnõudeid on ette nähtud järgida kõigi ehitusprojektide puhul, kus nende nõuete kasutamine on kasulik. Lisaks miinimumnõuetele võib konkreetsetel juhtudel esitada lisanõudeid. Mudelprojekteerimise nõuded ja mudelite sisu tuleb esitada kõigis projekteerimislepingutes siduvalt ja üheselt.

Juhendisari „Mudelprojekteerimise üldjuhendid 2012” koosneb järgmistest dokumentidest:

1. Mudelprojekteerimise üldjuhendid;
2. Lähteolukorra modelleerimine;
3. Arhitektuurne projekteerimine;
4. Tehnosüsteemide projekteerimine;
5. Konstruktsioonide projekteerimine;
6. Kvaliteedi tagamine;
7. Mahuarvutused;
8. Mudelite kasutamine visualiseerimisel;
9. Mudelite kasutamine tehnosüsteemide analüüsil;
10. Energia-analüüsid;
11. Mudelipõhise projekti juhtimine;
12. Infomudelite kasutamine ehitise haldamisel;
13. Infomudelite kasutamine ehitamisel;
14. Infomudelite kasutamine ehitusjärelvalves – juhend on loomisel.

Lisaks oma valdkonda käsitlevatele juhenditele peavad kõik mudelprojekteerimishanke osalised tutvuma vähemalt üldosa (1. osa) ja kvaliteedi tagamise (6. osa) põhimõtetega. Projektijuht või projekti andmehalduse juht peab olema kursis kõigi mudelprojekteerimisjuhendite põhimõtetega.

2 Sissejuhatus

Ehitamisel on erinevate projekteerimisvaldkondade infomudelid vajalikud projektdokumente täiendavate lähteandmetena ning teostusmodelite koostamise alusena. Selles juhendis käsitletakse projekteerijate infomudeleid ehitusvajaduste aspektist, ehitajate ülesandeid modelleerimisel ja andmete edastamist teostusmudeli (as-built) loomiseks. Käsitletakse nii ehitustöövõtja kui ka tehnosüsteemide töövõtja modelleerimisülesandeid.

Töövõtjad kasutavad infomudeleid ehitustööde ettevalmistus- ja teostusstaadiumis näiteks järgmisteks toiminguteks:

- objekti ja projektidega tutvumine ning info kogumine hinnapakumisel, hangete teostamisel, ehituse ettevalmistamisel ja ehitustöödel;
- mahtude arvutamine hinnapakumise koostamisel ja ehitustööde ajal hangete läbiviimiseks ja tööde planeerimiseks;
- tegevuse koordineerimine ja infovahetus ehitustööde ajal;
- 4D-ajagraafiku ja töökorralduse kavandamine ning teostuse visualiseerimine;
- erinevate projekteerimisvaldkondade mudelite integreerimine näiteks tehnosüsteemide paigalduse juhtimiseks ja ehitatavuse kontrolliks;
- tarindite ja tarindielementide koordinaatide väljavõtt ning edastamine mõõteseadmetele;
- ehitusplatsi organiseerimine ning tööohutuse/turvalisuse kavandamine mudelite abil.

Mudelipõhine projekteerimine vähendab probleemsete olukordade tekkimist ehitusplatsil, sest erinevate valdkondade projektid on enne infomudelite abil koondatud. Mudelprojekteerimine tagab täpsema projektdokumentatsiooni ja loob eeldused korrektsete liitumis-, ristumis- jms kohtade kvaliteetsemaks projekteerimiseks.

Ehitamise seisukohalt on oluline mudelite õigsus: mudelid on tehtud tehniliselt korrektselt, projekteerija on need üle kontrollinud ja mudelid on teiste projekteerimisvaldkondade mudelitega integreeritud. Lihtne tehniline põhimõte on see, et modelleeritud tarindite dimensioonid, asukoht ja tunnused on õiged. Näiteks hooneosade tüübitunnused peavad olema õiged, hooneosad peavad olema modelleeritud õigete tööriistadega ning mudelis ei tohi ilmnedda alternatiivlahendusi.

Infomudelid ei asenda jooniseid ega teisi projektdokumente. Tähtis on, et projektdokumentide sisu ühtiks infomudelitega ja joonised toodetaks infomudelitest. Kui joonised ei vasta joonestusstandardite nõuetele, võib neid vajaduse korral muuta või parandada jooniste loetavust, kuid muudatused ei tohi olla infomudeliga vastuolus. Töövõtjad kasutavad projekteerijate koostatud mudeleid erinevate tööülesannete täitmiseks. Ehitusmudel ehk platsimudel ei ole üks konkreetne infomudel, vaid üldnimetus sellistele mudelitele, millele on lisatud mõni ehituse juhtimisest lähtuv aspekt. Ehitusmudelid on näiteks 4D-ajagraafikud või ehitusplatsi üldplaani sisaldav ehitise ja maa-alamudel. Üks ehitusmudel võib sisaldada mitut erinevat ehitusplaani.

3 Töövõtjate nõuded infomudelitele

3.1 Infomodelite määratlemine töövõtudokumentides

Nõuded

Töövõtudokumentides määratakse kindlaks infomodelite üleandmine töövõtjale, mudelite kasutusõigused ja töövõtjat puudutavad modelleerimisnõuded.

Selgitus

Töövõtulepinguga seotud modelleerimisküsimusi käsitletakse põhjalikumalt mudelprojekteerimise üldjuhendite 11. osas „Mudeli põhise projekti juhtimine”. Käesolevas osas kirjeldatakse töövõtja aspektist vajalikku peetavaid protseduure.

Infomodelite üleandmist puudutavate sätete eesmärk töövõtudokumentides on mudelite tähtsuse, osaliste vastutuse ja mudelite kasutusõiguste kindlaksmääramine. Need nõuded võib esitada näiteks lepingu lisas või töövõtuläbirääkimiste protokollis.

Miinumunõudena võib kirja panna, näiteks et töövõtjatel on võimalik kasutada projekteerijate ajakohastatud infomudeleid ja mudelite kaaskirju. Lisaks tuleks töövõtudokumentides täpsustada, et tegemist on hankega, mille projektid on koostatud mudelipõhiselt ja mudeleid ei saa käsitleda teistest projektdokumentidest eraldiseisvalt.

Täpsem alternatiiv on nimetada üleantavad mudelid töövõtulepingu tehnilisteks dokumentideks ja määrata kindlaks nende seos teiste dokumentidega. Infomodelid ja mudelite kaaskirjad identifitseeritakse samamoodi nagu muud tehnilised dokumendid.

Lisaks määratakse töövõtudokumentides kindlaks töövõtja õigus anda infomudel üle kolmandale osalisele (näiteks seoses allhankekonkurssidega või allhanget teostavale ettevõttele). Töövõtja on kohustatud esitama alltöövõtjale infomodeli kasutamist ja üleandmist käsitlevad piirangud.

Lisaks infomodelite üleandmisele määratakse töövõtudokumentides kindlaks töövõtja modelleerimisülesandeid puudutavad konkreetsed kohustused (vt pkt 4 ja 5), pidades silmas, et töövõtja kulusid mõjutavad nõuded esitada juba hinnapäringus. Kui töövõtjale seatakse modelleerimiskohustusi, peavad mudelid olema hinnapäringu tehnilisteks dokumentideks. Töövõtjal peab olema võimalus mudelitega tutvuda enne lepingu sõlmimist.

3.2 Töövõtjatele üleantavate infomodelite määratlemine

Nõuded

Töövõtjate kasutusse antavad infomodelid määratakse konkreetselt kindlaks ning nende kasutuseesmärk ja kvaliteet tuvastatakse osaliste ühisülevaatus käigus. Töövõtjale tutvustatakse mudelite kasutamisega seotud protseduure ja tegevusi. Lisaks lepatakse kokku vajalikud ehitustööde käigus teostatavad ülevaatused. Töövõtja esitab oma nägemuse infomodelite kasutamisest.

Selgitus

Töövõtuläbirääkimiste käigus korraldatakse ülevaatus, mille puhul tellija, peaprojekteerija jt projekteerijad ning töövõtjad teevad kindlaks olemasolevad infomodelid ning nende valmistamisel kasutatud modelleerimistarkvara ja versioonid. Ühtlasi määratakse töövõtulepingus sisalduvad mudeliversioonid. Töövõtjatele antakse üle mudelite originaal- ja IFC-versioonid.

Ülevaatus käigus tehakse kindlaks ka mudelite põhisisu, kasutusotstarve, valmidusaste ja versioon. Need on võimalik kindlaks teha infomodeli kaaskirja abil ja ühtlasi veenduda, et kaaskiri on ajakohastatud. Lisaks tehakse kindlaks muud modelleerimisnõuded ja -juhendid, mis tellija on projekteerijale esitanud ja mis on mõjutanud mudelite sisu, kasutatavaid tunnuseid vms.

Samuti tuleb ülevaatusel veenduda, et projekteerijad on kontrollinud mudelite kvaliteeti ja erinevate projekteerimisvaldkondade mudelid on integreeritud. Samas kontrollitakse

kokkulepitud paranduste teostamist või hetkeseisu. Töövõtjatel peab olema võimalus kasutada kvaliteedikontrollidokumente, sh mudelprojekteerimise üldjuhendite 6. osas „Kvaliteedi tagamine” mainitud kontroll-lehti.

Ülevaatus käigus lepatakse kokku ka koondmudeli koostamine, vastutajad, kasutatavad töövahendid ning osamudelid.

Lisaks mudelite sisule määratakse kindlaks osaliste edasised ülesanded ja nendega kaasnevad toimingud. Need on näiteks modelleerimise käik ja mudelite täiustamine, mudelite avaldamisetapid, töömudelite ajakohastamise intervall, mudelite jagamine projektipanga kaudu, muudatuste ja versioonide haldamine, kvaliteedikontroll ning nendega seotud koordineerivad tegevused ja vastutajad.

Ülevaatus käigus tehakse kindlaks töövõtjate modelleerimisülesanded ja -tarkvara ning nende infomudelite võimalik muu kasutamine ja jagamine.

Samuti peavad osalised kokku leppima, millist täiendavat informatsiooni (näiteks projekteerimisgraafik, hankepaketid või mudeliosade valmidusaste) mudelisse talletatakse, kes selle kindlaks määrab ja erinevatesse mudelitesse salvestab.

Muude projektdokumentide puhul määratakse kindlaks, millised on mudelist valmistatud joonised. Soovitav on märkida joonise aluseks olnud mudel ka jooniste nimekirja.

Lähtudes mudelite valmimisastmest jt hanke erinõuetest peavad osalised kokku leppima ka vajalikud edaspidised ülevaatused.

Infomudelite ülevaatus tuleb dokumenteerida koosoleku protokollis vms dokumendina.

3.3 Töövõtja vastutusel toimuv projekteerimine

Nõuded

Kui töövõtja vastutusel projekteeritavad ehitise osad modelleeritakse, tuleb tegevus hanke teiste modelleerimistoimingutega integreerida. Ehitiseosade modelleerimisenõuded lepatakse kokku projektipõhiselt.

Selgitus

Töövõtja paneb ehitise osade projekteerijatele kohustuse oma tegevus tellija projekteerijatega töövõtudokumentide kohaselt kooskõlastada ja integreerida ning järgida üldiseid ja projektipõhiseid modelleerimisenõudeid. Töövõtja kutsub ehitise osade projekteerijad vajalikele infomudeli ülevaatusetele ja paneb neile kohustuse järgida kokkulepitud kvaliteedikontrollimeetmeid.

Tellijaja/peaprojekterija peab hoolitsema, et selliste ehitise osade modelleerimine toimuks koordineeritult muu projekteerimisega. Näiteks katuseakna puhul määrab arhitekt vaid ava asukoha ja esitab täpsustava selgituse (klaasijaotus või -tüüp). Ehitise osa tööprojekti integreerimine teiste projektidega võib tähendada ka näiteks sprinklerpihustite asukoha määramist või hooldustasapindade kokkusobitamist, mis eeldab osamudelite integreerimist ja vajalike muudatuste tegemist osamudelites.

3.4 Infomudelite haldamine ehitusstaadiumis

Nõuded

Infomudeleid tuleb ehitustööde käigus ajakohastada ja need peavad olema kooskõlas kõikidele töövõtjatele üle antud teiste projektdokumentidega.

Selgitus

Jooniste ja teiste projektdokumentide muutmise või täiendamise korral tuleb osalistele esitada ka ajakohastatud infomudel. Avakoosolekul lepatakse kokku mudelite ajakohastamise intervall ning jooniste avaldamise ajagraafik. Need ei pea omavahel kokku langema.

Mudeli ajakohastamisel tuleb tehtud muudatused märkida infomudeli kaaskirja ning kaaskiri avaldatakse koos ajakohastatud mudeli ja joonistega.

Vajaduse korral võib tehtud muudatuste koha ja sisu visualiseerimiseks võrrelda modelleerimistarkvara abil mudeli erinevaid versioone ja printida 3D-vaateid.

Nõuded

Töövõtja on kohustatud teavitama avastatud modelleerimisvigadest või puudustest vastava mudeli projekteerijat ja BIM-koordinaatorit. Projekteerija on kohustatud vea kõrvaldama ja esitama uue mudeliverisooni.

Selgitus

Projekteerimisvaldkondade modelleerimisnõuete kohaselt peavad kõik osalised oma mudeleid enne nende üleandmist kontrollima ja projektide integreeritavuse eest vastutab ka infomodelite puhul peaprojekteerija. Kui mudelites avastatakse siiski vastuolusid, peavad osalised hea ehitustava kohaselt vastuolud kiiresti kõrvaldama ja hoidma ära nende mõju edasisele tegevusele.

Kui projekteerija on saanud teate avastatud vastuolust, peab ta informeerima sellest ka teisi osalisi, et vältida nende asjatuid lisakulutusi.

Projekteerija peab kohe tegema vajalikud parandused või paranduste tegemise teiste osalistega kokku leppima. Kui osalised leiavad, et tegemist on sellise vastuoluga, mida ei ole vaja kohe kõrvaldada, võib avastatud vastuolu ja selle kõrvaldamise tähtaja märkida infomodeli kaaskirja.

4 Infomudeli kasutusvõimalused ehitusstaadiumis

4.1 Modelleerimisnõuded ehitusstaadiumis

Töövõtjatel on infomudelite kasutamine enamasti seotud ehituse organiseerimisega, mille puhul tellija ei ole tavaliselt täpseid nõudeid määranud. Töövõtulepingus on nõutud näiteks ehitustööde ajagraafiku koostamist, kuid selle sisu ja vorm ei ole täpselt määratletud.

Selles peatükis käsitletakse infomudeli üldiseid kasutusvõimalusi ehitusstaadiumis. Need on esitatud nõuetena, kuid täpsemalt tuleb alati kokku leppida projektipõhiselt.

Järgnevates peatükkides käsitletakse töövõtja olulisemaid modelleerimisülesandeid, mis avaldavad mõju teiste hanke osaliste tegevusele ja peatöövõtja kohustuste täitmisele. Tuleb arvesse võtta, et tegelikkuses kasutavad töövõtjad infomudeleid veel mitmeks muuks otstarbeks. Näiteks kasutatakse neid järgmistel puhkudel:

- Visualiseerimine ja juhtimine infomudelite abil
 - Infomudelite visuaalsus on endiselt peamine eelis nende kasutamiseks paljudes olukordades. Ehitust planeerides ja juhtides kasutatakse visualiseerimist eelkõige objektist ja tarinditest parema ülevaate saamiseks ning tööde organiseerimiseks ja ajastamiseks.
 - Vt mudelprojekteerimise üldjuhendite 8. osa „Mudelite kasutamine visualiseerimisel”.
- Mahuarvutused
 - Kui mudel on tehtud õigesti ja vigadeta, võtab mahtude arvutamine mudeli põhjal vähem aega ja annab täpsema tulemuse. Mahtude mudelipõhine arvutamine ja valmis mahutabelid vähendavad oluliselt korduvaid tegevusi ning aitavad tõhustada ehitustöid.
 - Vt mudelprojekteerimise üldjuhendite 7. osa „Mahuarvutused”.
- Hanked
 - Infomudelite levikuga kaasneb mudelite ja mudelipõhiste mahuandmete kasutamine ka allhangete korraldamisel ning laieneb mudelite kasutusvaldkond. Allhanked võivad hõlmata ka mudelipõhist projekteerimist, mida on käsitletud käesoleva juhendi 3. ja 5. peatükis.

4.2 Ehitusgraafiku esitamine infomudelis

Nõuded

Infomudellisse märgitakse projekti ajagraafiku seisukohalt kriitiliste hooneosade ja süsteemide kavandatud ehitusaeg. Mudeliga liidetud ajagraafik (4D) esitatakse hanke osalistele kokkulepitud kujul. Nõuded lepitakse kokku projektipõhiselt.

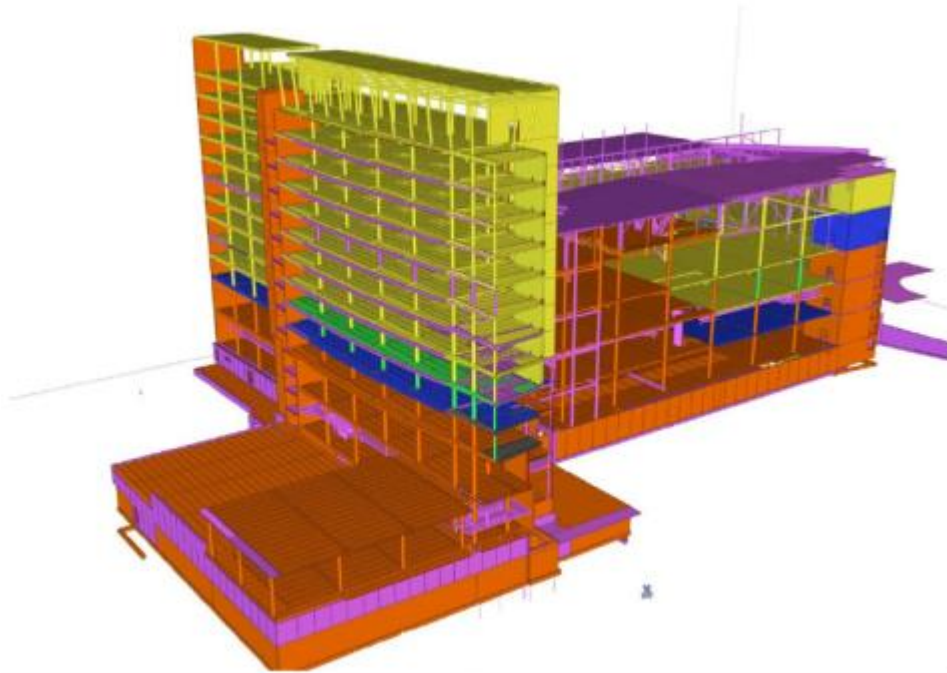
Selgitus

Mudeliga liidetud ajagraafik täiendab tellijale esitatavat ehitustööde graafikut ja lihtsustab näiteks täiendavate projekteerimistööde organiseerimist. Projekti ajagraafiku seisukohalt kriitilised hooneosad/töötapid, millega seotud aegandmed kantakse mudellisse, võivad olla näiteks vundamendid, karkass ja lammutustööd. Infomudelis saab esitada ka projekteerimistööde ajagraafiku.

Mudeliga liidetud ajagraafiku saab esitada ainult modelleeritud tarindite puhul ja informatsiooni täpsusest sõltuvalt. Mudelid antakse töövõtjale üle niisugusel kujul, mis võimaldab ehitustööde planeerimist saadaoleva komeristarkvara abil. Kui projekteerijalt eeldatakse mudeli jagamist ehitamise ja ajagraafiku nõuete kohaselt, tuleb selles töös eraldi kokku leppida.

Ehitustööde ajagraafiku avaldamise vorm ja jaotusviis tuleb kokku leppida hankepõhiselt. Jagamine võib toimuda näiteks 4D-mudelist toodetud staatilise vaadena, kus erinevatel aegadel (sõltuvalt ajagraafiku täpsusastmest näiteks erinevatel päevadel, nädalatel või

kuudel) tehtavad hooneosad on tähistatud erinevate värvidega. Järgneval joonisel on näide ehitustööde ajagraafiku esitamisest infomudelis (joonis 1). Niisuguse vaate saab teistele osalistele jagada ilma spetsiaalse mudelipõhise tarkvarata.



Joonis 1. Karkassitööde mudeliga liidetud ajagraafik. Värvikoodid: oranž = valmis/paigaldatud, sinine = käesolev nädal, roheline = järgmine nädal, kollane = tähtaeg üle kahe nädala, lilla = tähtaeg üle kahe nädala, teine töövõtja. Allikas: SRV, Flamingo, Vantaa.

Kui tegemist on allhankega ning allhankija modelleerib ja määrab tähtaja oma tööetapile ise, tuleb eraldi kokku leppida selle mudeli esitamine, jagamine ja võimalik integreerimine peatöövõtja ajagraafikusse.

Ehitustööde ajagraafik ja sellest kinnipidamine on tellija seisukohalt üks hanke tähtsamaid aspekte. Tähtaegade ja tööde hetkeseisu esitamine infomudeli abil (näiteks objekti koosolekutel) on näitlikum kui traditsioonilisel viisil koostatud ajagraafik.

4.3 Ehituskäigu kajastamine infomudelis

Nõuded

Tarindite ja süsteemide tegelik teostusaeg märgitakse infomudellisse kokkulepitud ajavahemiku järel. Ehituskäiku kajastav mudel tuleb esitada kogu projekteerimisrühmale kokkulepitud formaadis ja viisil. Nõuded lepivad kokku projektipõhiselt.

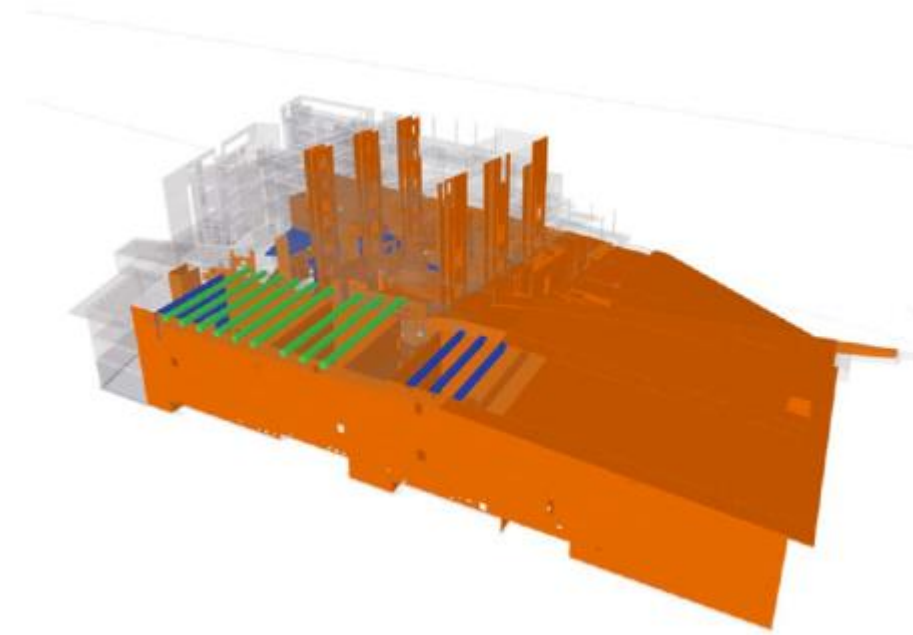
Selgitus

Teostusinfo võib mudellisse salvestada näiteks iga päev või kokkulepitud nädalapäeval.

Hetkeolukorra kajastamine on võimalik ainult modelleeritud tarindite puhul ja informatsiooni täpsusest sõltuvalt.

Hetkeolukorda kajastava mudeli jagamise puhul tuleb kokku leppida formaat, ajavahemik ja jaotusmeetod. Jagamine võib toimuda kokkulepitud ajavahemiku järel tegelikule ehitusolukorrale vastava staatilise 3D-vaatena (näiteks XML- või 3D-PDF-formaadis) hanke projektipanga või infokeskuse kaudu. Alljärgneval joonisel on näide ehitustööde hetkeseisu mudelipõhisest esitamisest (joonis 2).

Lisaks hetkeolukorrale saab vajaduse korral mudeli abil esile tuua ka järgmisel perioodil ehitatavad tarindid.



Joonis 2. Ehitustööde hetkeolukorda kajastav infomudel. Värvikoodid samad mis eelmisel joonisel. Allikas: SRV, Muusikamaja, Helsingi.

4.4 Ehitusplatsi modelleerimine (ehitusplatsi plaan)

Nõuded

Töövõtja koostab ehitusplatsi 3D-mudeli. See, millisteks töötappideks 3D-mudel koostatakse, tuleb kokku leppida objektipõhiselt.

Maa-ala (krunt) ja hooned ning kõik traditsioonilisel 2D-üldplaani koostamisel nõutavad ajutised rajatised, liikumisteed ja ruumivajadus esitatakse täpsete 3D-objektidena/komponentidena või lihtsustatud 3D-elementidena. Sõltumata modelleerimistäpsusest tuleb mudel teha nii, et projekti osad oleksid visuaalselt eristatavad.

Ka külgnevad tänavad ning näiteks kraana töösoonis paiknevad ehitised ja rajatised esitatakse ulatuses, mis lähtub ehitusobjekti võimalikust mõjust (näiteks mõju jalakäijate ja sõidukite liiklemisele).

Nõuded lepitakse kokku projektipõhiselt ja ühtlasi lepitakse kokku lähtealuseks võetava krundi-/maa-alamudeli koostamine.

Selgitus

Ehitusala kasutusmudeli loomisel võib aluseks võtta arhitektuurse või konstruktsioonide mudeli. Lähtealuseks võetakse vajalikke hooneosasisaldav mudel ja jätkatakse selle põhjal ehitusplatsi modelleerimist. Alternatiivina võib töövõtja kasutada projekteerija koostatud mudelit ehitusala modelleerimisel referentsina.

Et ehitusplatsi 3D-mudeli sisu oleks lihtsalt mõistetav ja kasutatav ka traditsioonilise 2D-joonisena (mudeli 2D-vaatena), tuleb objektidele lisada vajalikud selgitavad tekstid ja lisaandmed (näiteks jäätmete sorteerimine liikide kaupa). Seda tuleb teha sõltumata asjaolust, kas mudel on tehtud lihtsa maa-ala skeemina (näiteks 3D-vaadete või -elementidena) või visuaalselt paremini mõistetavate 3D-objektidena.

Kui projekti osad peavad olema identifitseeritavad ka tarkvara abil, tuleb selles eraldi kokku leppida.

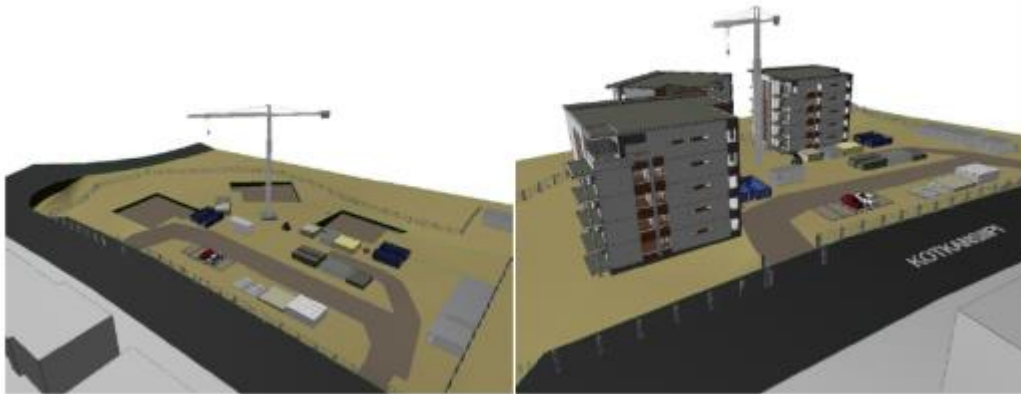
3D-mudelit tuleb ehitustööde käigus pidevalt ajakohastada, et see vastaks võimalikult täpselt tegelikule olukorrale.

Mudelis näidatakse ära erinevateks toiminguteks kasutatavad alad ning vajalikud teenindusalad:

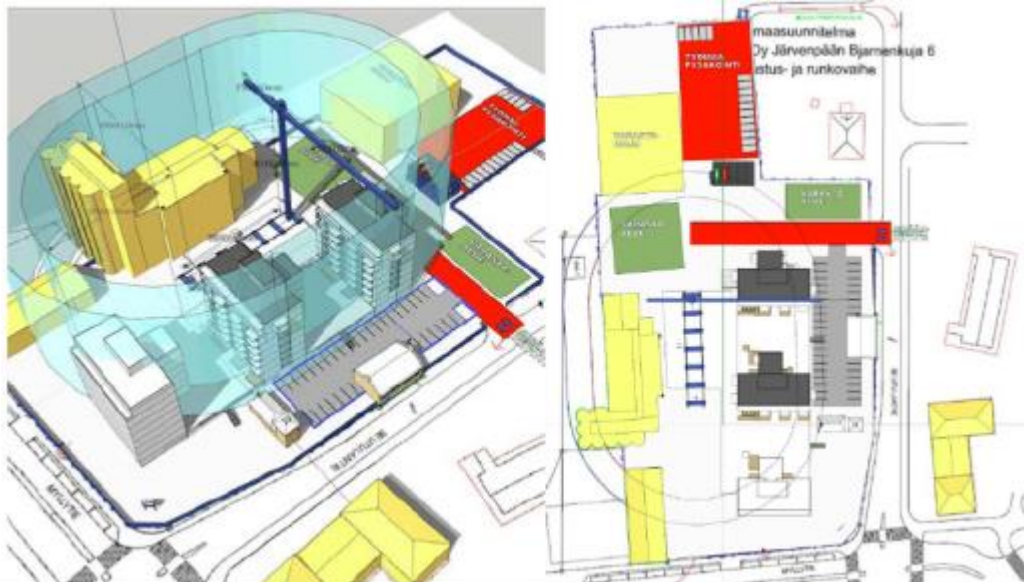
- ehitusplats ja seda piiravad tänavad ning muu lähiümbrus, mida ehitusplatsil toimuv tegevus võib mõjutada;
- ajutised ehitised ja varustus (näiteks masinad, soojakud, piirded ja väravad, liikumisteed, väljapääsu- ja evakuatsiooniteed);
- ajutised olukorrad (näiteks kaevandid ja materjalide ladustusalad).

Lisaks visualiseeritakse mudelipõhisel ehitusplatsi 3D-mudelil ohu- ja töötsoonid (näiteks kraana tööulatuse või ohutsoon ja alarmsõidukite liikumiseks reserveeritud ala).

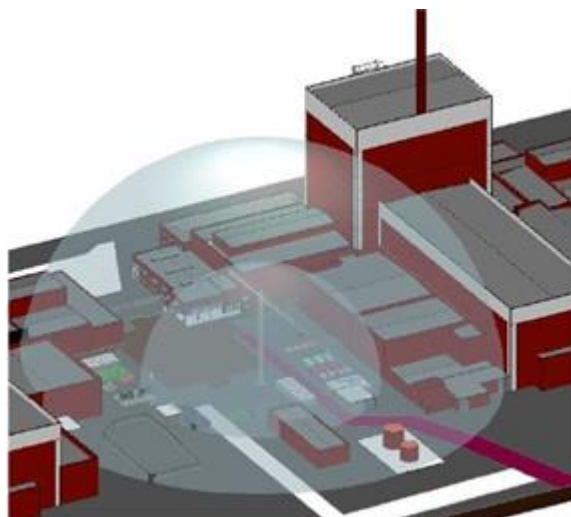
Mudeli abil antakse kõigile hanke osalistele informatsiooni objekti sise- ja välislogistikast ning töökorraldusest ja ohutusmeetmetest. Ajutised liikumisteed (näiteks jalakäijate suunamine ajutistele varikatusega kaetud kõnniteedele) on samuti ehitustööde ohutuse tagamiseks kavandatud objektid ja nende esitamine infomudelil lihtsustab lahenduste tutvustamist tellijale. Alljärgnevatel joonistel on näited ehitusala kasutusmudelitest.



Joonis 3. Ehitusplatsi 3D-mudel pinnase- ja karkassiitööde staadiumis. Allikas: VTT.



Joonis 4. Ehitusplatsi 3D-mudel; sama mudeli aksomeetriline vaade ja 2D-vaade. Allikas: NCC, As Oy Järvenpään Bjarnenkuja 6.



Joonis 5. Ehitusplatsi 3D-mudeli kasutamine ohutsooni modelleerimiseks ja kraana võimaliku ohutsooni visualiseerimiseks. Allikas: VTT.

4.5 Ehitusstaadiumi töökaitsemeetmete tagamine infomudeli abil

Nõuded

Vastutavad töövõtjad ja projekterijad kontrollivad elementide montaažiprojekti ja monteeritavaid elemente infomudeli abil ning määravad kindlaks montaažijärjekorra, tööaegse toetuse, jäigastuse ja raketisesüsteemid.

Peatöövõtja esitab kukkumist takistavate ohutusmeetmete tüüplahendused kinnitamiseks 3D-mudeli abil. Mudel tuleb esitada vähemalt tellijaga kokku lepitud täpsuses ja mahus.

Peatöövõtja ja konstruktsioonide projekterija kontrollivad konstruktsioonide mudelis ühiselt tööohutusega seotud kinnituselemente jms (näiteks turvarakmete kinnituspunktid ja piirete kinnituskohad).

Töövõtja märgib ära ajutised ladustuskohad, kus ladustatava materjali mass ületab kokkulepitud piirkoormust ning saadab projekti konstruktsiooni projekterijale.

Nõuded lepitakse kokku projektipõhiselt.

Selgitus

Näiteks turvapiirete puhul võib modelleerida kasutatavat tüüplahendust kogu hoones (näiteks ühel korrusel). Mudeli aluseks võetakse konstruktsioonide mudel. Kui konstruktsioonide mudel puudub või ohutusmeetmete mudel tehakse teise tarkvara abil kui konstruktsioonide mudel, kasutatakse lähteandmetena 2D-konstruktsiooniprojekte.

Geomeetriliselt täpsed piirdeüüvide mudelid võivad täiendada ka traditsioonilist piirete projekti (näiteks 2D-joonisel märgitakse kasutatavad piirdeüübid erinevate värvidega ja iga tüüplahenduse kohta esitatakse detailne 3D-mudel).

Montaažitoed modelleeritakse ning peatöövõtja ja konstruktsioonide projekterija kontrollivad ühiselt nende paiknemist nii ohutuse tagamise seisukohalt kui ka logistilisest aspektist. Montaažitugede paiknemist kontrollides tuleb tähelepanu pöörata vajaliku toetuspunkti olemasolule. Samuti on mudeli abil võimalik kontrollida, kas montaažitoed ei häiri liikumist või materjalide ajutist ladustamist.

Mudelis kajastatavad kriitilised koormused on näiteks vahelagede projekteeritud piirkoormusele lähedased ajutised ladustuskoormused või ehitustöödel kasutatavad masinad.

Põhimõtteliselt on ehitustööde ohutus/turvalisust infomudeli abil võimalik parandada kolmel viisil:

- 1) kavandades ja modelleerides tööde teostamise erinevatel etappidel vajalikud ohutusmeetmed ja kasutatava varustuse enne töödega alustamist;

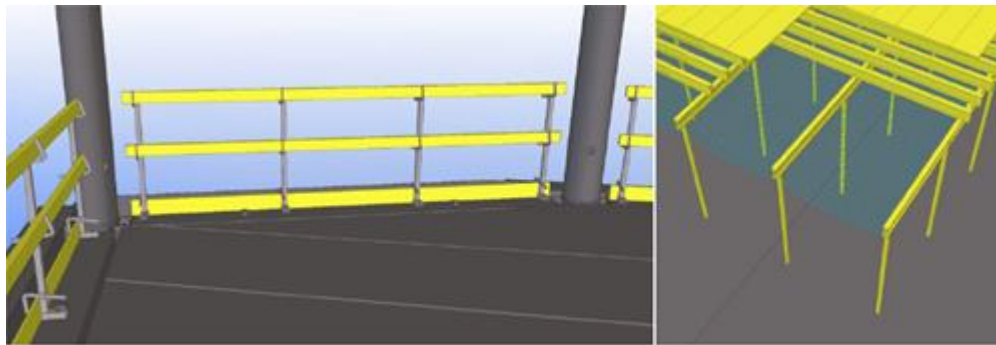
- 2) kontrollides, et konstruktsioone (siin on silmas peetud peamiselt hoone karkassi montaaži etappe) on võimalik turvaliselt ehitada ja et ohutuse tagamiseks vajalike tarvikute kinnitamiseks on konstruktsioonelementidesse kavandatud ja modelleeritud vajalikud kinnituskohad, ning
- 3) kavandatud ohutusmeetmed on piisavalt näitlikkustatud (joonistel, ohutusjuhendites dokumenteeritud, mudelis loetavad).

Kommunikatsiooni- ja juhtimismeetmete abil tagatakse andmete edastamine ohutusmeetmete rakendamise eest vastutavale isikule. 3D-formaat soodustab ka ohutusosalast infovahetust ja näiteks piirdelahenduste esitamine mudeli abil võib info edastamist ja mõistmist märkimisväärselt lihtsustada.

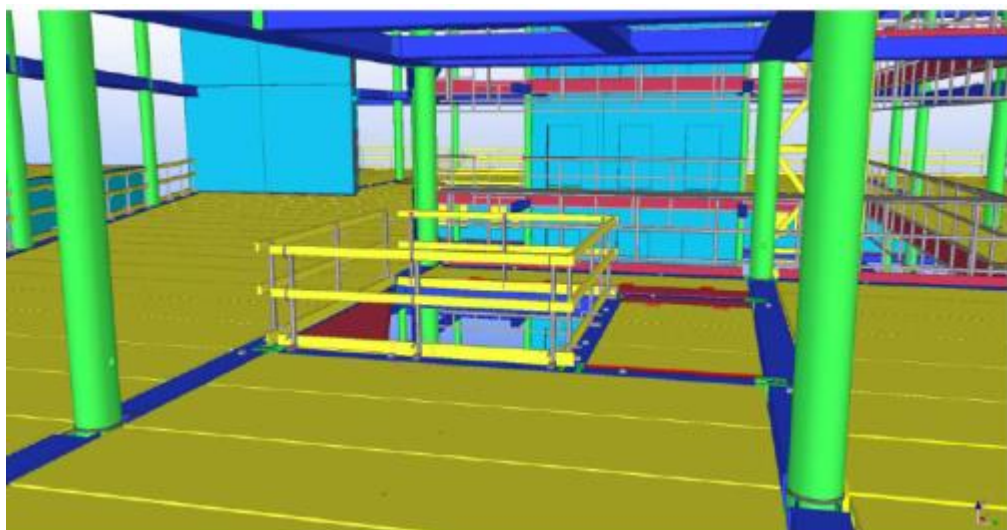
Ohutusmeetmete kavandamine on seotud eelkõige töö-/montaažijärjekorra kavandamisega ja peaks seetõttu saama püsivate hooneosade 4D-töögraafiku osaks. Ohutusmeetmete kavandamine on seotud ka konstruktsioonide projektiga, sest ohutusvahendite kinnitamine võib eeldada kinnitusdetailide paigaldamist juba tehases või töökojas. Ka ehitise stabiilsuse tagamine ja teatud detaili kasutamine näiteks turvarakmete kinnituspunktina võib eeldada konstruktsioonide tundmist.

Töökaitseks lahendused, mida on võimalik modelleerida, on näiteks kukkumist takistavad piirded, avakatted, turvarakmete kinnituspunktid ja turvavõrgud (joonised 6 ja 7).

Ohutusmeetmed on võimalik modelleerida niisuguse geomeetrilise täpsusega, et näiteks piirded on visuaalselt tuvastatavad teatud tüüpi postide ja nende juurde kuuluvate võrkelementide või laudadena. Modelleerimisel võib kasutada ka sümboleid (näiteks teatud piire teatud värvi katkematu joonena). Soovitav on siiski täpne modelleerimine.



Joonis 6. Mudelpõhised ohutuslahendused: vasakul kaitsepiire, paremal turvavõrk. Allikas: VTT, Skanska.



Joonis 7. Konstruktsioonide mudeli baasil modelleeritud ühe korruse turvapiirded. Allikas: VTT, Skanska.

5 Ehitusandmete kandmine teostusmodelitesse

Üldine põhimõte on, et kui projekteerimise eest on vastutav tellija, esitab töövõtja tegelikud teostusandmed projekteerijatele, kes koostavad infomudelid. Järgnevates peatükkides on käsitletud mudelitega seotud teostusandmete käitlemist ja vastavaid nõudeid.

Töövõtjat puudutavad nõuded ehitusandmete toimetamisest teostusmodelitesse määratakse kindlaks juba hankedokumentides.

Alltöövõtu puhul vastutab tarnija oma osa teostusmodeli eest ja tellija (või tellija ülesandel näiteks peaprojekterija) vastutab alltöövõtjate mudelite integreerimise eest projekteerijate teostusmodelitesse.

5.1 Pinnase- ja vundeerimistöõde dokumenteerimine 3D-mudelina

Nõuded

Kaevandid mõõdistatakse laseri abil ja tehakse mudel, mis salvestatakse teostusinfona ja mida saab kasutada ehituse planeerimisel. Mõõdistamine ja modelleerimine teostatakse hankedokumentide/töövõtulepingu nõuete kohaselt.

Mõõdistused ja mudelid tehakse pinnase- ja vundeerimistöõde vaheetappidel hankedokumentide/töövõtulepingu kohaselt.

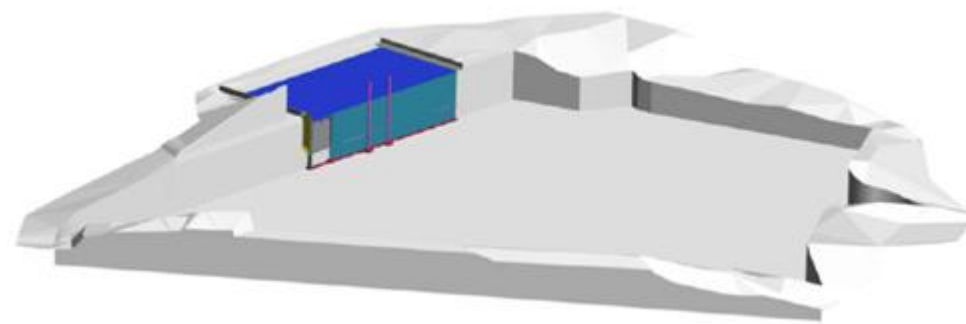
Selgitus

Lisaks kaevanditele võib mõõdistamine ja modelleerimine vajalikuks või kasulikuks osutada ka ehitusstaadiumite dokumenteerimisel. Niisugust dokumenteerimist võivad vajada näiteks krundil paiknevad torustikud ja kaablid või kaetavad kriitilised osad (joonis 8).

Mõõdistamise tulemusel saadav punktipilv ei ole vajalik enne, kui näiteks vigade, vajumiste või ehitustööde käiguga seotud asjaolude tõttu on vaja tuvastada mingil ajahetkel valitsenud täpne olukord.

Kaevandi ehk ehitustööde lähteolukorra lasermõõdistamine ja selle põhjal tehtud mudel sisaldab tellijale väärtuslikku informatsiooni. Selle konkreetne tähtsus sõltub siiski hanke iseloomust.

Peatöövõtja saab kaevandi mudelit kasutada tööolukordade modelleerimiseks ning ehituse lähteolukorra dokumenteerimiseks. Dokumente saab kasutada näiteks arvutuste tegemiseks (pinnasetööde tegeliku mahu ja hankedokumentides märgitud andmete võrdlemiseks).



Joonis 8. Kaevandi mudel. Allikas: SRV, Kalasadam, Helsingi.

5.2 Ehitusaegsed muudatused

Nõuded

Töövõtja/peatöövõtja esitab projekteerijatele teostusmodelite ajakohastamiseks vajalikud andmed ehitustööde käigus heaks kiidetud projektimuudatuste kohta.

Selgitus

Töövõtja esitab andmed kõigi heaks kiidetud projektimuudatuste kohta. Muudatused kinnitatakse lepingus kokkulepitud viisil.

Vajaduse korral võib tehtud muudatuste koha ja sisu visualiseerimiseks võrrelda modelleerimistarkvara abil mudeli erinevaid versioone ja printida 3D-vaateid.

Modelleerimise alternatiivina võib ehitusaegsed muudatused dokumenteerida ka lasermõõdistuste või fotode abil. Töövõtjalt nõutavad muudatusdokumendid määratakse kindlaks projektipõhiselt.

5.3 Kaetavad tarindid**Nõuded**

Teostusmudelite ajakohastamiseks esitab töövõtja projekteerijale töövõtudokumentides nõutud andmed (täppismõõtmiste tulemused) kaetavate tarindite paiknemise ja geomeetria kohta. Kui täppismõõtmiste tulemused jäävad lubatud tolerantside piiridesse, ei ole vaja neid esitada.

Selgitus

Kaetavatest tehnosüsteemidest tehakse fotod ja/või laserskaneering.

Tehnosüsteemide paigaldustäpsuse määramisel ei saa tolerantsidele toetuda, sest tehnosüsteemide komponentide paigaldustolerantse ei ole kindlaks määratud.

Praktikas on otstarbekas kaaluda nõutavaid tolerantse hankepõhiselt, lähtudes näiteks sellest, kus kõnealune tehnosüsteemi osa paikneb ja kui suur see on.

Erlist tähelepanu tuleb teostusmudelis pöörata kaetavate ventiilide, hooldushuukide, torustike ja kanalite hargnemiskohtade vms asukohainfo õigsusele. Torustike ja kanalite ning kaabliteede asukoha märkimisväärsed muudatused salvestatakse teostusmudellisse.

5.4 Projektimuutused ehituse käigus**Nõuded**

Kui töövõtja valitud ehitise osa geomeetria ja infosisu erineb mudelis määratud andmetest, esitab töövõtja need andmed mudeli ajakohastamiseks. Andmed esitatakse projekteerijale kohe, kui kindlad tooted on välja valitud ja tellija on need heaks kiitnud.

Kui töövõtja valitud ehitise osa mõjutab olemasolevat projekti (eeldab näiteks süsteemi seadistusandmete muutmist), koostab objekti projekteerija muudatusprojekti ja töövõtja kooskõlastab töö tellijaga.

Selgitus

Muudatus kantakse mudellisse ja ajakohastatud mudel või teave muudatuse kohta edastatakse kõigile osalistele. Sellega tagatakse ajakohased infomudelid näiteks vastuolude kontrollimiseks ja värskete teostusandmete kohene kättesaadavus.

Kui töövõtja valitud ehitise osa täpne geomeetriline mudel puudub, modelleeritakse ja identifitseeritakse ehitise osa põhimõõtmete kohaselt.

Töövõtja esitab näiteks süsteemi tasakaalustusandmete korrigeerimist eeldavad muudatused projekteerijale võimalikult vara ja korraga, et ei tekiks vajadust arvutusi mitu korda ümber teha.

Alltöövõtja vastutab oma ehitise osa modelleerimise ja muudatuste/täpsustuste eest.

5.5 Hoone haldajale üleantavad andmed**Nõuded**

Töövõtja esitab haldajale hooneosade, seadmete ja materjalide andmed töövõtulepingus kindlaks määratud formaadis. Miinimumnõue on andmete esitamine dokumendiformaadis (PDF, Excel). Projektipõhiselt võib kokku leppida, et kvantitatiivsed ehitise andmed (näiteks valmistaja, tüüp,

tehnilised andmed jne) esitatakse haldustarkvaraga ühilduvas formaadis.

Selgitus

Töövõtja tooteinfo esitamist käsitletakse mudelprojekteerimise üldjuhendite 12. osas „Infomudelite kasutamine ehitise haldamisel”.