

Analiza primjene zajedničkog podatkovnog okruženja (CDE) na projektima gradnje

Ivančić, Filip

Master's thesis / Diplomski rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Civil Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:237:539343>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-13**

Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Civil Engineering,
University of Zagreb](#)





Sveučilište u Zagrebu

GRAĐEVINSKI FAKULTET

Filip Ivančić

**ANALIZA PRIMJENE ZAJEDNIČKOG
PODATKOVNOG OKRUŽENJA (CDE) NA
PROJEKTIMA GRADNJE**

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2024.



Sveučilište u Zagrebu

GRAĐEVINSKI FAKULTET

Filip Ivančić

**ANALIZA PRIMJENE ZAJEDNIČKOG
PODATKOVNOG OKRUŽENJA (CDE) NA
PROJEKTIMA GRADNJE**

DIPLOMSKI RAD

Mentor: prof. dr. sc. Mladen Vukomanović

Komentor: dr. sc. Sonja Kolarić

Zagreb, 2024.



University of Zagreb

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

Filip Ivančić

**ANALYSIS OF THE APPLICATION OF COMMON
DATA ENVIRONMENT (CDE) IN CONSTRUCTION
PROJECTS**

MASTER THESIS

Supervisor: prof. dr. sc. Mladen Vukomanović

Co-Supervisor: dr. sc. Sonja Kolarić

Zagreb, 2024.

SAŽETAK

Ovaj diplomski rad istražuje primjenu zajedničkog podatkovnog okruženja (CDE) na građevinskim projektima, pružajući detaljnu analizu njegovih teorijskih i metodoloških osnova. Rad se bavi načelima CDE-a kako su definirana u seriji standarda ISO 19650 te daje prikaz trenutnog stanja razvoja CDE-a. Rad ima za cilj pokazati kako CDE omogućava kolaborativni rad, poboljšava razmjenu informacija i smanjuje rizike kroz standardizirane procese te omogućava upravljanje informacijama. Rad razmatra strukturu zajedničkog podatkovnog okruženja, openBIM i openCDE pristupe koji promoviraju interoperabilnost i transparentnost podataka. Osim teorijskog dijela, rad uključuje studiju slučaja gdje su analizirane karakteristike određenih CDE softvera dostupnih na tržištu, a na kraju rada su prikazani rezultati koji omogućuju detaljnu usporedbu različitih CDE rješenja u praksi.

Ključne riječi: zajedničko podatkovno okruženje (CDE), informacijsko modeliranje gradnje (BIM), ISO 19650

SUMMARY

This thesis explores the application of a Common Data Environment (CDE) in construction projects, providing a detailed analysis of its theoretical and methodological foundations. The paper addresses the principles of CDE as defined in the series of standards ISO 19650 and demonstrates how CDE enables collaborative work, improves information exchange, and reduces risks through standardized processes and information management. The paper examines the structure of the Common Data Environment, openBIM and openCDE approaches that promote data interoperability and transparency. In addition to the theoretical part, the paper includes a case study analyzing the characteristics of certain CDE software available on the market, with results presented at the end of the paper that allow for a detailed comparison and evaluation of different CDE solutions in practice.

Key words: Common Data Environment (CDE), Building Information Modeling (BIM), ISO 19650

SADRŽAJ

SAŽETAK	iv
SUMMARY	v
SADRŽAJ	vi
1 UVOD	1
2 PREGLED LITERATURE	2
2.1 Općenito o zajedničkom podatkovnom okruženju (CDE).....	3
2.1.1 Klasifikacija CDE-a	3
2.1.2 Otvoreni BIM standardi i njihova važnost kod primjene CDE-a	6
2.1.3 Stanje primjene CDE-a	8
2.1.4 CDE alati na tržištu	9
2.1.5 Izazovi u primjeni	12
2.1.6 Problem sigurnosti podataka.....	14
2.1.6.1 Tri razine sigurnosti BIM-a	15
2.1.6.2 Tehnologije za ostvarenje sigurnosti podataka	17
2.1.6.2.1 Enkripcija ili šifriranje	17
2.1.6.2.2 Sigurnost u oblaku.....	18
2.1.6.2.3 Distribuirane baze podataka	18
2.1.6.2.4 Blockchain	19
2.2 Pregled ISO 19650 serije standarda.....	21
2.2.1 ISO 19650-1 Koncepti i principi upravljanja informacijama	21
2.2.1.1 Definicije i terminologija (BIM i CDE)	22
2.2.1.2 Principi upravljanja informacijama u zajedničkom podatkovnom okruženju	23
2.2.1.3 Struktura dionika uključenih u proces razmjene informacija.....	25
2.2.2 ISO 19650-2 Faza isporuke imovine.....	26
2.2.2.1 BIM tijek rada u fazi isporuke imovine	26
2.2.2.2 Uspostava i zahtjevi za CDE	28
2.2.2.3 Kolaborativna isporuka informacija i isporuka informacijskog modela	29
2.2.3 ISO 19650-3 faza održavanja imovine	29
2.2.3.1 Sličnosti i razlike u CDE-u u fazi održavanja i u fazi isporuke imovine	30
2.2.4 ISO 19650-4 Razmjena informacija u CDE-u.....	31
2.2.4.1 Proces upravljanja razmjenom informacija u CDE-u	31
2.2.4.1.1 Dionici u procesu razmjene informacija.....	31
2.2.4.1.2 Kriteriji za pregled razmjene informacija	33
2.2.5 ISO 19650-5 Sigurnost informacija	33
2.2.5.1 Procjena osjetljivosti.....	34
2.2.5.2 Sigurnosna strategija	35
2.2.5.3 Plan upravljanja sigurnošću	35

2.2.5.4	Ugovaranje.....	36
2.3	Struktura zajedničkog podatkovnog okruženja	36
2.3.1	Komponente zajedničkog podatkovnog okruženja	36
2.3.2	Spremnici podataka	37
2.3.3	Vrste podataka u CDE-u	37
2.3.4	Metapodaci.....	38
2.3.5	Upravljanje spremnicima podataka metapodacima	39
2.3.5.1	Klasifikacija spremnika podataka metapodacima	39
2.3.5.2	Kontrola revizije metapodacima.....	40
2.3.5.3	Alokacija statusa korištenjem metapodataka	41
2.4	EU Digital Bulidning logbook - DBL	42
2.4.1	Definicija - Digital Building logbook.....	43
2.4.2	Struktura DBL-a.....	44
2.4.2.1	Podaci i informacije	44
2.4.2.2	Značajke, funkcionalnosti i prednosti.....	45
2.4.2.3	Upravljanje podacima.....	45
2.4.3	Ključni principi implementacije DBL-a	46
3	ANALIZA STUDIJE SLUČAJA.....	48
3.1	Analiza funkcionalnosti alata BIMcollab.....	48
3.2	Pregled funkcionalnosti odabranih CDE alata	64
3.2.1	BIMcollab	64
3.2.2	Allplan Bimplus	65
3.2.3	Autodesk BIM 360.....	66
3.2.4	usBIM.platform	67
3.2.5	Trimble Connect.....	68
4	REZULTATI	70
5	ZAKLJUČAK	76
	POPIS LITERATURE	77
	POPIS SLIKA	81
	POPIS TABLICA.....	83

1 UVOD

Zajedničko podatkovno okruženje (*eng. Common Data Environment - CDE*) je alat koji podržava proces upravljanja informacijama kod primjene informacijskog modeliranja gradnje i neophodan je za ostvarenje koncepata definiranih unutar ISO 19650 serije standarda. Prema ISO 19650 seriji standarda, CDE je digitalno rješenje, a definira se kao dogovoreni izvor informacija za bilo koji projekt ili imovinu, za prikupljanje, upravljanje i širenje svakog spremnika informacija kroz upravljani proces tijekom cijelog životnog ciklusa projekta.

Postoje mnogi izazovi i ograničenja u primjeni CDE alata na tržištu koji utječu na stupanj primjene CDE-a kao koncepta definiranog u seriji standarda ISO 19650. Često svaki dionik u projektu nije uključen u isti CDE tijekom životnog ciklusa projekta, a to predstavlja izazov kod prijenosa podataka između različitih sustava i rezultira ručnim praćenjem i razmjenom podataka te učestalom gubitku i/ili dupliciranju podataka. OpenBIM je univerzalni pristup projektiranju, izgradnji i održavanju građevine bazirano na otvorenim standardima (*eng. Open Standards*), a openBIM metodologija podržava transparentnu i otvorenu suradnju svih dionika u projektu bez obzira na softverska rješenja koja koriste. Također, aktualan je problem sigurnosti podataka u BIM okruženju. Kolaborativne BIM platforme, zbog svojih karakteristika imaju jedinstvene sigurnosne zahtjeve.

CDE je rješenje građeno od tri osnovne komponente, a to su upravljanje dokumentima, upravljanje tijekom rada te 2D i 3D koordinacije. Unutar CDE-a svaki radni tim radi na razvoju informacija u svome spremniku podatka koji sastavljanjem tvore informacijski model. Vrste podataka koji čine informacijski model projekta i informacijski model imovine su geometrijski podaci, negeometrijski podaci i pridruženi dokumenti. Također, svaki spremnik podataka unutar CDE rješenja treba imati metapodatke: revizijski kod, statusni kod, klasifikaciju i jedinstveni naziv ili ID. Metapodacima se omogućuje upravljanje spremnicima informacija. Međutim, trenutna rješenja dostupna na tržištu nemaju sve funkcionalnosti koje bi prema standardima trebala imati te je njihova primjena na projektima još uvijek ograničena i nejasna.

Stoga, ovaj diplomski rad istražuje primjenu zajedničkog podatkovnog okruženja (CDE) na građevinskim projektima, pružajući detaljnu analizu njegovih teorijskih i metodoloških osnova. Rad je podijeljen na dva dijela. U prvom dijelu obrađen je pregled literature u kojem je obrađena teoretska podloga CDE-a, dok je u drugom dijelu obrađena studija slučaja u kojoj je napravljena analiza funkcionalnosti CDE softvera, te je napravljen pregled osnovnih funkcionalnosti odabranih pet CDE rješenja dostupnih na tržištu s ciljem prikaza trenutnih funkcionalnosti dostupnih CDE rješenja koja se mogu primjenjivati na građevinskim projektima.

2 PREGLED LITERATURE

U ovom poglavlju pružen je temeljit pregled postojećih istraživanja, standarda i tehnologija vezanih uz CDE, ISO 19650 i strukturu CDE-a. Ovo poglavlje pruža sveobuhvatan uvid u ključne aspekte zajedničkog podatkovnog okruženja (*eng. Common Data Environment - CDE*) te standarde i alate povezane s njegovom primjenom u građevinskim projektima i podijeljeno je u četiri glavne cjeline koje detaljno obrađuju različite aspekte CDE-a i povezane standarde.

Prva cjelina daje opći uvid u klasifikaciju CDE alata prema četiri razine zrelosti. Detaljno su opisane razine zrelosti, počevši od razine 0 koja se odnosi na rješenja prije pojave CDE-a, do razine 3 koja naglašava integraciju informacijskog modeliranja gradnje (*eng. Building Information Modeling - BIM*) i jedinstvenog multidisciplinarnog modela. Svaka razina opisuje različite funkcionalnosti i sposobnosti upravljanja dokumentima, koordinacije, komunikacije i BIM produkcije. Objasnjeni su otvoreni BIM standardi kao što su IFC, bSDD, BCF i IDS, i njihova važnost u primjeni CDE alata. Dan je uvid u stanje primjene CDE alata na tržištu. Obrađeni su izazovi u primjeni CDE alata kao što su kompleksnost projekata, višestruk izvor informacija, nedostatak sljedivosti, problem interoperabilnosti, te velik udio ručnog rada u radu sa CDE-om. Problemi sigurnosti podataka su također istaknuti, s naglaskom na enkripciju, sigurnost u oblaku, distribuirane baze podataka i blockchain tehnologiju kao ključne tehnologije za postizanje sigurnosti u BIM-u

Druga cjelina detaljno razmatra seriju standarda ISO 19650, koja postavlja međunarodne norme za upravljanje informacijama u građevinskim projektima koristeći BIM. ISO 19650 standardi definiraju ključne koncepte i principe za učinkovito upravljanje informacijama, uključujući faze isporuke imovine, razmjenu informacija i sigurnost podataka. Pregled ovih standarda pruža temelj za razumijevanje zahtjeva i smjernica koje podržavaju implementaciju CDE-a.

Treća cjelina bavi se ključnim komponentama CDE-a, kao što su elektronički sustav za upravljanje dokumentima (*eng. Electronic Document Management Systems - EDMS*), upravljanje tijekom rada te 2D i 3D koordinacija. Detaljno se razmatraju spremnici podataka, vrste podataka, metapodaci i njihova uloga u organizaciji i upravljanju informacijama unutar CDE-a. Ova struktura omogućuje standardizirane procese koji podržavaju kolaborativni rad i poboljšavaju kvalitetu podataka u građevinskim projektima.

Zadnja cjelina posvećena je EU Digital Building Logbook (DBL) okviru Europske komisije, tj. digitalnom alatu koji omogućuje praćenje i upravljanje informacijama o građevinskim objektima kroz cijeli njihov životni ciklus. Obrađena je definicija, struktura, značajke i prednostima DBL-a, kao i ključnih principa njegove implementacije. DBL podržava transparentnost i interoperabilnost podataka, što je ključno za učinkovito upravljanje informacijama u građevinskim projektima.

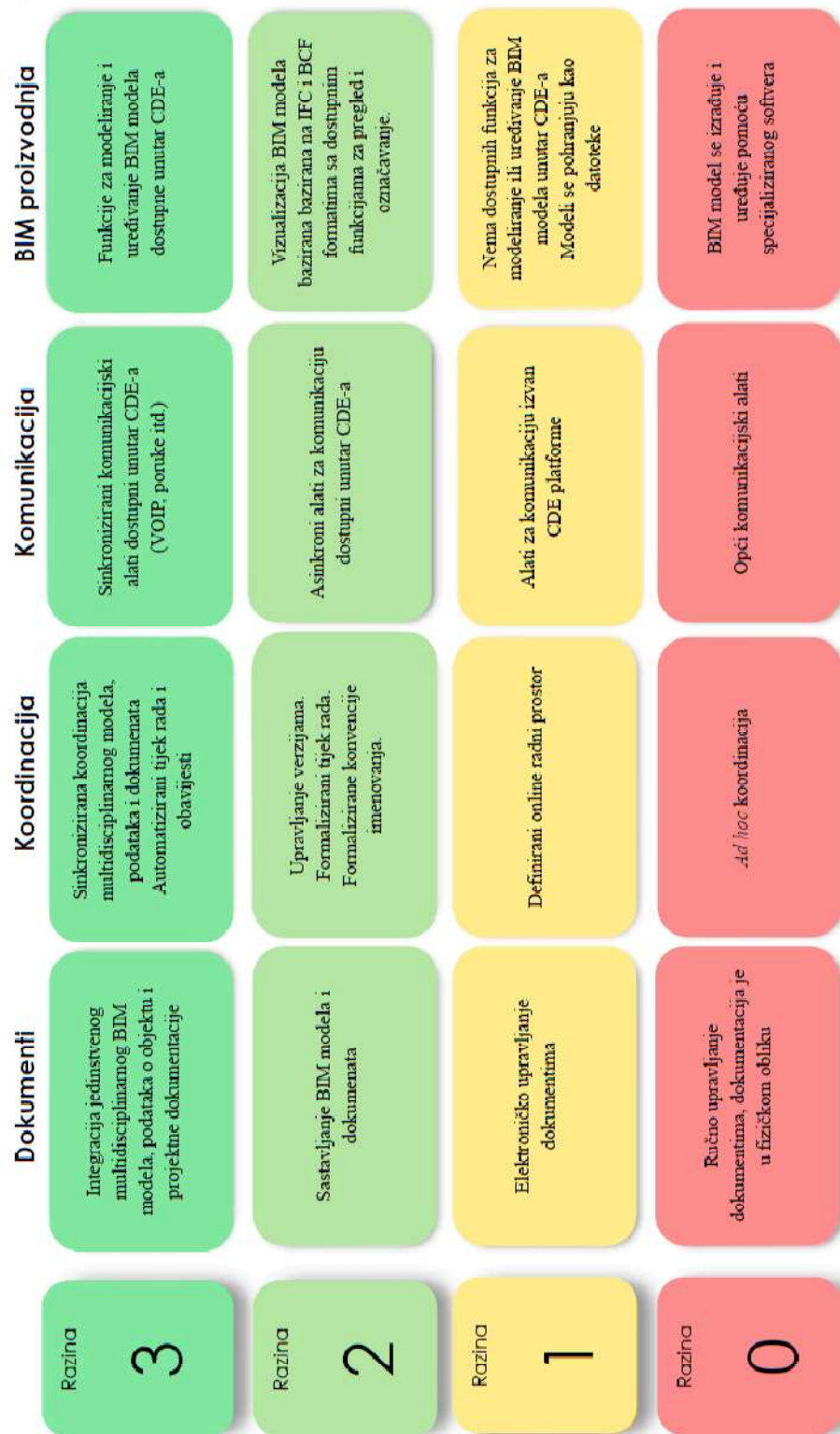
2.1 Općenito o zajedničkom podatkovnom okruženju (CDE)

Zajedničko podatkovno okruženje je alat koji podržava proces upravljanja informacijama u informacijskom modeliranju gradnje i neophodan je za ostvarenje koncepata definiranih unutar ISO 19650 serije standarda. Prema ISO (2019a) zajedničko podatkovno okruženje je digitalno rješenje, a definira se kao dogovoreni izvor informacija za bilo koji projekt ili imovinu, za prikupljanje, upravljanje i širenje svakog spremnika informacija kroz upravljani proces tijekom cijelog životnog ciklusa projekta.

U ovom poglavlju obrađuje se klasifikacija CDE rješenja prema Bedoiseau i sur. (2022) u kojoj su CDE platforme klasificirane u četiri orijentacijske osi: upravljanje dokumentima, koordinacija, komunikacija i BIM produkcija. Nadalje, obrađeni su otvoreni BIM standardi i njihova važnost kod primjene CDE-a. Otvoreni BIM standardi su ključni za osiguranje interoperabilnosti i transparentnosti podataka unutar CDE-a. Oni omogućuju učinkovitu razmjenu informacija među različitim dionicima projekta, smanjujući rizik od gubitka ili dupliciranja podataka. Inicijativa OpenCDE, na primjer, podržava pametne razmjene podataka između različitih platformi i alata. U točki 2.1.3 razrađeno je stanje primjene CDE-a. Koncept CDE-a je u široj primjeni tek posljednjih desetak godina i još uvijek postoje izazovi u njegovoj implementaciji. Mnoga građevinska poduzeća još uvijek koriste EDMS sustave umjesto CDE-a, što može otežati postizanje potpune interoperabilnosti i koordinacije između različitih disciplina. U točki 2.1.5. obrađeni su izazovi u primjeni CDE-a, i preložene su društveno-ekonomske mjere i tehnološke mjere za rješenje navedenih problema koji se javljaju u primjeni. Točka 2.1.6. obrađuje problem sigurnosti koji se javlja u primjeni zajedničkih podatkovnih okruženja. Kolaborativne BIM platforme, zbog svoje interdisciplinarnosti i decentralizirane organizacijske strukture, imaju specifične zahtjeve za sigurnost podataka. Sigurnost podataka u CDE-u uključuje zaštitu osjetljivih informacija, osiguranje integriteta i autentičnosti podataka te sprječavanje neovlaštenog pristupa. Tehnologije poput enkripcije, sigurnosti u oblaku, distribuiranih baza podataka i blockchaine igraju ključnu ulogu u osiguravanju sigurnosti podataka unutar CDE-a.

2.1.1 Klasifikacija CDE-a

Bedoiseau i sur. (2022) predstavljaju matricu razvrstanu u četiri orijentacijske osi za opisivanje CDE platformi (upravljanje dokumentima, koordinacija, komunikacija i BIM produkcija), a definirane su četiri razine, od 0 do 3. Ove tri razine CDE-a prikazane su na slici 1.



Slika 1 Tri razine CDE-a (Prevedeno prema: Bedoiseau i ostali, 2022)

Razina 0 odgovara rješenjima prije pojave CDE-a. Na ovoj razini upravljanje dokumentima se obavlja ručno (u fizičkom formatu), koordinacija dokumenata ostaje *ad hoc* na ovoj razini. Tradicionalna sredstva komunikacije su na snazi, uključujući e-mail, telefonske pozive i poruke, a BIM modeli se stvaraju i uređuju koristeći BIM softver, ali nisu pohranjeni na namjenskoj kolaborativnoj platformi (Bedoiseau i ostali, 2022).

Razina 1 odgovara kolaboraciji usmjerenoj na upravljanje elektroničkim dokumentima (EDM). Ova razina zadovoljava standarde PAS1192 i ISO 19650 te se stoga smatra najosnovnijom minimalnom platformom za CDE, a sastoji se od četiri glavne funkcije (Bedoiseau i ostali, 2022):

1. Akvizicije dokumenata - obuhvaća integraciju skeniranih papirnatih dokumenata, elektroničkih dokumenata poput PDF-a ili datoteka za automatizaciju ureda, kao i radnih datoteka softvera (*cache* datoteke) te razmjenu dokumenata.
2. Klasifikacije - indeksiranje po vrsti, konceptu ili ključnim riječima olakšava korištenje dokumenata.
3. Pohrane - sredstvo pohrane (zapremnina pohrane, učestalost konzultacija, važnost podataka i smanjeno vrijeme pristupa), organizaciju pohrane, uvjete pohrane i lokaciju pohrane (pristup prema statusu korisnika).
4. Distribucije dokumenata - potrebna je internetska ili intranetska veza. Na razini 1, razne konvencije se primjenjuju prema planu upravljanja i planu izvršenja BIM-a. To uključuje konvenciju klasifikacije koja definira radna područja.

U svrhu koordinacije definiraju se radni prostori za svaku tvrtku i dionika, kao i zajednički prostori poput pristupa ugovorima, planovima i modelima. Mehanizmi komunikacije su vanjski u odnosu na platformu. BIM modeli u različitim formatima mogu se pohraniti na platformu, ali platforma ne nudi funkcionalnosti za stvaranje ili uređivanje takvih modela. Za to je potrebno preuzeti datoteke, uređivati ih u softveru za stvaranje, a zatim ih ponovno učitati nakon što je stvaranje ili izmjena dovršena (Bedoiseau i ostali, 2022).

Na razini 2 naglasak je na sastavljanju BIM modela, podataka i dokumenata, pa je važna sposobnost platforme da poveže modele i dokumente kako bi se informacije automatski ažurirale (Bedoiseau i ostali, 2022). Ako se napravi promjena u nekom podatku, ona se odražava u svim povezanim datotekama. Na ovoj razini važno je imati sustav kontrole verzija (proces koji integrira elektroničke potpise). Tijekom provjere dokumenta, recenzenti imaju određeni rok za izdavanje obavijesti o potpunoj ili djelomičnoj odobrenosti ili odbijanju, a da bi dokument bio pušten u distribuciju, mora biti u cijelosti odobren od svih recenzenata. Svaki model mora omogućiti multidisciplinarnu koordinaciju (uključujući 3D koordinaciju) na ovoj razini. Modeli moraju imati kapacitet za sastavljanje kako bi se formirao cjelovitiji model koji omogućuje analizu sudara ili integracije u 4D. Sustav komunikacije je asinkron, poput trenutnih poruka, kako bi se omogućile brze i arhivirane razmjene. Potrebno je formalizirati formate razmjene, poput BCF formata što omogućuje kompatibilnost s različitim formatima softvera bez prevelike degradacije informacija. Bitna je automatizacija određenih zadataka jer pruža značajne uštede vremena, kao što je u slučaju izračuna opterećenja. Na ovoj razini također se

razmatra mogućnost obavljanja određenih zadataka uređivanja modela unutar platforme. To znači da postaju moguće izmjene modela, ali samo jednostavni zadaci koji zahtijevaju jednostavnu računalnu snagu. Na primjer, opcije arhitektonskih crteža moraju biti moguće, dok se opcije izračuna obavljaju na posebnom računalu.

Razina 3 CDE-a, koja je usmjerena na integraciju BIM-a, naglašava važnost jedinstvenog multidisciplinarnog modela koji obuhvaća sve potrebne informacije i povezan je s kompletnom dokumentacijom projekta (Bedoiseau i ostali, 2022). Centralni model sadrži više modela različitih disciplina kao što su arhitektonski, statički, HVAC modeli, i drugi, može se dodatno podijeliti prema zonama za bolju organizaciju. Ova razina zahtijeva sinkronu koordinaciju kako bi se osiguralo učinkovito napredovanje u modeliranju, omogućujući višestruko sukladno modeliranje na zajedničkom modelu te omogućuje brzu realizaciju 3D koordinacije, uključujući otkrivanje sudara. Komunikacija na razini 3 uključuje sustav za trenutne poruke i/ili druge alate za sinkroniziranu komunikaciju (npr. VOIP, video pozivi itd.). Načelo jedinstvenog modela i sinkronizirane veze čine upotrebu podmodela izrazito korisnom na ovoj razini. Također, dokumenti se mogu uređivati unutar platforme kako bi se maksimizirala centralizacija informacija.

2.1.2 Otvoreni BIM standardi i njihova važnost kod primjene CDE-a

Često svaki dionik u projektu nije uključen u isti CDE tijekom životnog ciklusa projekta, a to predstavlja izazov kod prijenosa podataka između različitih sustava i rezultira ručnim praćenjem i razmjenom podataka te učestalom gubitku i/ili dupliciranju podataka (*OpenCDE-API - The open interface to rule them all — BIMLauncher, 2019*). OpenCDE predstavlja inicijativu koja je usmjerena na pametne razmjene podataka između online podatkovnih okruženja (*eng. Data Environments*), alata za modeliranje (*eng. Authoring Tools*) i alata za kvalitetu (*eng. Quality Tools*) (ORACLE, 2024).

OpenBIM je univerzalni pristup projektiranju, izgradnji i održavanju građevine baziran na otvorenim standardima (*eng. Open Standards*), a openBIM metodologija podržava transparentnu i otvorenu suradnju svih dionika u projektu bez obzira na softverska rješenja koja koriste (BIMcollab, 2024c). OpenBIM ukratko znači korištenje BIM-a korištenjem otvorenih standarda, npr. jedan od otvorenih standarda analogan openBIM-u je PDF (*eng. Portable Document Format*) (BIMconnect, 2024). Dakle, otvoreni standardi široko su dostupni svima, a omogućuju interoperabilnost između različitih softvera, kao što to omogućuje PDF format. BuildingSMART International poznat je kao Međunarodni dom openBIM-a i pokreće transformaciju industrije izgrađene imovine kroz stvaranje i usvajanje otvorenih, međunarodnih standarda. Jedni od takvih standarda su IFC, bSDD, BCF i IDS koji predstavljaju zajednički jezik za izvoz i uvoz podataka zajednici AECO industrije (*eng. Architecture, Engineering, Construction, Operations - AECO*) (buildingSMART, 2024d). Otvoreni standardi su sljedeći:

1. IFC (*eng. Industry Foundation Classes*) – standardizirani digitalni opis izgrađene okoline, uključujući građevine i infrastrukturu. IFC je međunarodni otvoreni standard, a osmišljen je da bude neutralan prema proizvođačima te upotrebljiv na širokom spektru uređaja, softverskih platformi i sučelja za različite primjene. (buildingSMART, 2024c). IFC kodificira podatke i koristi se za razmjenu informacija između dionika na BIM projektu, a može se koristiti i kao sredstvo pohrane podataka (buildingSMART, 2024c).
2. bSDD (*eng. BuildingSMART Data Dictionary*) - bSDD je zbirka međusobno povezanih podatkovnih rječnika s definicijama pojmova za opisivanje izgrađene okoline i služi kao knjižnica za referenciranje zajedničkih definicija u IDS specifikacijama i IFC podacima, a zahvaljujući bSDD-u moguće je distribuirati standarde, bilježiti sporazume, osigurati značenje i dijeliti razumijevanje podataka o izgrađenoj okolini (buildingSMART, 2024b). Svaki podatkovni rječnik u bSDD-u sadrži definicije klasa i svojstava za opis izgrađenog okoliša (buildingSMART, 2024b).
3. BCF (*eng. BIM Collaboration Format*) – omogućuje komunikaciju između različitih BIM aplikacija o problemima koji su vezani uz model korištenjem IFC podataka koji su prethodno podijeljeni među suradnicima na projektu (buildingSMART, 2024a).
4. IDS (*eng. Information Delivery Specification*) - standard u razvoju od strane buildingSMART-a za definiranje zahtjeva za informacijama na način koji je lako čitljiv ljudima i razumljiv računalima, a pomaže ljudima da bolje definiraju svoje zahtjeve za razmjenu informacija te dodaje jasnoću među različitim dionicima (buildingSMART, 2024f). Dosadašnjom praksom zahtjevi za informacijama su se dijelili na načine koji nisu razumljivi računalima, poput Excel tablica ili PDF-ova (buildingSMART, 2024f). S IDS-om dionici mogu zahtijevati korištenje svojstava (uključujući količine i attribute), materijala, klasifikacija, vrsta entiteta i ovisnosti objekata (buildingSMART, 2024f).

OpenBIM proširuje prednosti BIM-a poboljšanjem pristupačnosti, upotrebljivosti, upravljanja i održivosti digitalnih podataka i u svojoj srži je kolaborativni proces koji je neutralan prema dobavljačima (buildingSMART, 2024e). BuildingSMART (2024e) daje načela openBIM-a:

1. Interoperabilnost je ključna za digitalnu transformaciju u industriji izgrađene imovine.
2. Otvoreni i neutralni standardi trebali bi se razviti kako bi olakšali interoperabilnost.
3. Pouzdana razmjena podataka ovisi o neovisnim mjerilima kvalitete.
4. Kolaborativni tijekovi rada poboljšani su otvorenim i agilnim formatima podataka.
5. Fleksibilnost izbora tehnologije stvara veću vrijednost za sve dionike.
6. Održivost je osigurana dugoročnim interoperabilnim standardima podataka.

OpenCDE inicijativa se isto kao i openBIM inicijativa bazira na otvorenim standardima. Ako projekt podržava openCDE-API, spremnici podataka mogu se automatski i bez problema prenositi između njih s minimalnim gubitkom metapodataka i eliminiranjem skupih pogrešaka u podacima (*OpenCDE-API - The open interface to rule them all — BIMLauncher, 2019*). OpenCDE temeljen je na sljedećim principima (bSI Virtual Summit, 2020):

1. Fokusrana aplikacijska programska sučelja (*eng. Application Programming Interfaces – APIs*).
2. Aplikacijska programska sučelja rade u sprezi i dijele jednaki izgled sučelja.
3. Prvo softver, specifikacija kasnije.
4. Tražiti povratnu informaciju od korisnika.
5. Smanjiti barijere za primjenu.
6. Otvorenost industrijama i tržištima da se pridruže i daju svoj utjecaj.

Dakle temelji openCDE-a su aplikacijska programska sučelja koja su prema definiciji skup pravila i protokola koji omogućuju softverskim aplikacijama međusobnu komunikaciju, razmjenu podataka, značajki i funkcionalnosti (IBM, 2024). API omogućava programerima pristup postojećim softverskim funkcionalnostima ili izvorima podataka bez potrebe za poznavanjem njihovih unutarnjih detalja (kao što su formati podataka) (European Commission, 2023). OpenCDE inicijativa je portfolio API standarda u koji spadaju (GitHub - buildingSMART/OpenCDE-API, 2024):

1. *Foundation API* (temeljni API) – uključuje mali broj usluga i nekoliko konvencija koje su zajedničke svim OpenCDE API-jima.
2. *BCF API* (BIM kolaboracijski format) - otvoreni standard za upravljanje problemima na BIM projektu. BCF se sastoji od 3 dijela: snimke zaslona, kuta kamere i popisa objekata iz BIM modela na koje se problem odnosi (BIMcollab, 2024b).
3. *Document API* (API za dokumente) - dizajniran je za pojednostavljenje procesa preuzimanja i učitavanja datoteka u zajedničko podatkovno okruženje. Kada ga podržavaju i klijent i poslužitelj, pruža jednostavan i integriran način sinkronizacije dokumenata pohranjenih u oblaku unutar lokalnih aplikacija, a opseg API-ja za dokumente uključuje sve vrste datoteka; opseg nije ograničen na BIM modele.
4. *Dictionary API* (API za bSDD) – aplikacijsko programsko sučelje za pristup buildingSMART rječniku podataka (*eng. buildingSMART Data Dictionary - bSDD*).

2.1.3 Stanje primjene CDE-a

Postoji vrlo malo studija koje istražuju trenutno stanje primjene CDE-a u praksi (Jaskula i ostali, 2024). Do sad su, na temelju empirijskih podataka, istraživani izazovi alata baziranih na sustavima za upravljanje elektroničkim dokumentima u projektiranju i gradnji, a što se tiče BIM-a istraživani su alati koje koriste stručnjaci u fazi projektiranja, ali nije pruženo više informacija o iskustvima korisnika u korištenju CDE alata. Nije jasno kako se alati koriste ili ispunjavaju li zahtjeve i potrebe korisnika.

Široka upotreba CDE-a započela je tek tijekom posljednjih 10 godina (Jaskula i ostali, 2024). Sustavi za elektroničko upravljanje dokumentima su se često koristili u AECO (*eng. Architecture, Engineering, Construction and Operation*) sektoru prije pojave CDE-a. Početkom 2010-ih EDMS alati su se još uvijek koristili više od CDE-a. Osim toga, još uvijek postoji nerazumijevanje razlike između EDMS-a, BIM platformi i CDE-a jer se ti pojmovi često koriste

naizmjenično u studijama, ali bitna razlika je više funkcionalnosti kao što su CDE tijekom rada, integracija sa BIM-om koje CDE omogućuje.

U literaturi postoji mnogo pristupa korištenju različitih tehnologija za razvoj CDE-a (Jaskula i ostali, 2024). Obecavajuće ideje uključuju korištenje *SQL servera* kao baze za CDE, korištenje taksonomije koja predstavlja potrebne podatke za učinkovitu primjenu BIM-a, korištenje povezanih podataka u građevini i proširene stvarnosti za vizualizaciju informacija u CDE-u, korištenje umjetne inteligencije i tehnike strojnog učenja. Međutim, postoji mnogo izazova koje treba prevladati kako bi informacije karakteristične za građevinarstvo postale čitljive za strojeve, zbog niske kvalitete podataka uzrokovane fragmentiranim i neskladnim tijekovima upravljanja informacijama u građevinarstvu.

Nedavna istraživanja sve se više fokusiraju na implementaciju blockchain tehnologije u AECO sektoru (Jaskula i ostali, 2024). Blockchain se predlaže za pohranu osjetljivih podataka digitalne infrastrukture zbog visokih značajki sigurnosti i privatnosti, a njegova otpornost na *cyber* napade dodatno bi ojačala sigurnost digitalno upravljane izgrađene imovine. Također, predložena je integracija blockchaina u informacijske tokove unutar različitih CDE-ova, koristeći pametne ugovore (*eng. Smart Contracts*) za smanjenje ljudskih pogrešaka i povećanje pouzdanosti i transparentnosti u procesu donošenja odluka. Praćenje značajnih događaja u blockchainu može stvoriti provjerljive i pouzdane zapise, poboljšavajući nepromjenjivost i transparentnost tokova informacija. Osim toga, blockchain ima potencijal za pravno certificiranje građevinskih dokumenata, čime bi se spriječili pravni sporovi.

2.1.4 CDE alati na tržištu

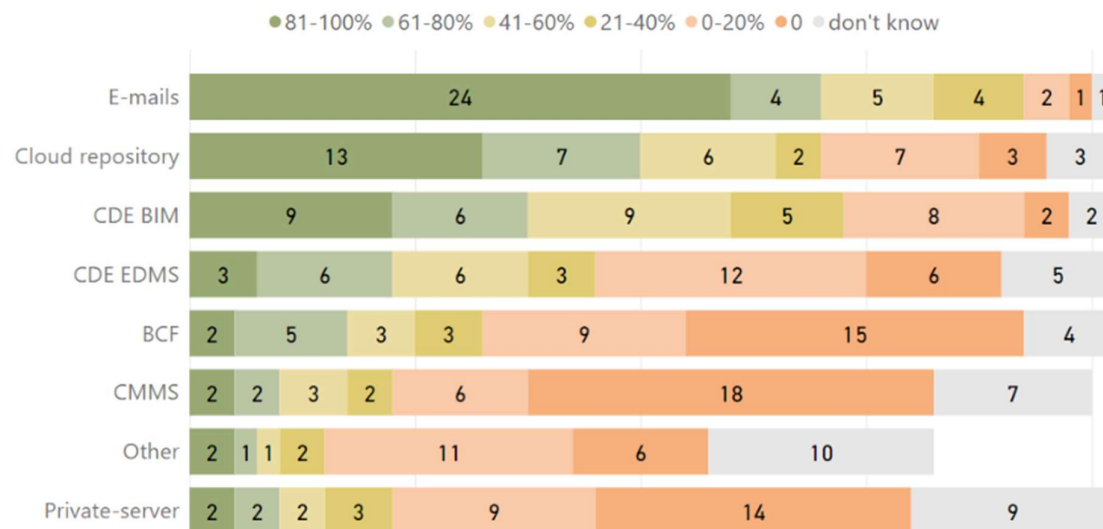
Nacionalna BIM anketa Ujedinjenog Kraljevstva iz 2020. godine navodi nekoliko alata koje stručnjaci koriste kao CDE, uključujući Viewpoint/4Projects (koristi ga gotovo 50% ispitanika), Autodesk BIM 360 (39%) i Aconex/Conject (36%). Također, 38% ispitanika koristi Microsoft SharePoint, a 36% koristi Dropbox, opće sustave za upravljanje dokumentima, umjesto specifično dizajniranih CDE alata (Jaskula i ostali, 2023). Međutim, iako je mnoštvo CDE softverskih alata dostupno nakon objave ISO 19650 standarda, nije jasno kako se alati koriste niti ispunjavaju li zahtjeve definirane u standardima ISO 19650 i potrebe korisnika.

U svrhu pronalaska odgovora na pitanje koji se alati trenutno koriste u AECO industriji kao CDE i koje su njihove osnovne funkcionalnosti Jaskula i sur. (2023) proveli su istraživanje na uzorku od 41 ispitanika, uključujući stručnjake iz različitih disciplina i faza građevinskih projekata. Većina sudionika bili su BIM menadžeri (18), zatim arhitekti (11) i voditelji projekata (10). Većina sudionika dolazila je iz sjevernih europskih zemalja, poput Ujedinjenog Kraljevstva (11) i Irske (8).

Ocjena softvera u istraživanju napravljena je na temelju klasifikacija koje su uspostavili Bedoiseau i sur. (2022) te Das i sur. (2021), i sastavljena je nova klasifikacija koja uzima u obzir i životni vijek informacija kroz faze isporuke i faze održavanja. Uz životni vijek informacija, softveri se klasificiraju prema funkcionalnostima: upravljanje dokumentima (sadrži

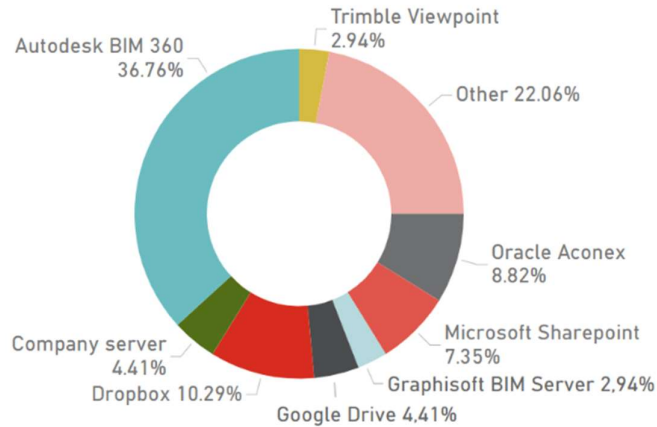
dokumente, koordinaciju i komunikaciju prema klasifikaciji koju su definirali Bedoiseau i sur. (2022)), BIM integracija (prema Bedoiseau i sur. (2022)) i sigurnost (prema Das i sur. (2021)). Uspoređeni su najpopularniji softverski alati koji su odabrani na temelju nacionalne BIM ankete Ujedinjenog Kraljevstva iz 2020. godine. Ispitanici su najprije ispitani o postotku projektnih podataka kojima upravljaju i koje razmjenjuju kroz email, repozitorije u oblaku (*eng. Cloud Based Repositories*), kroz CDE, EDMS sustave, BCF, CMMS i ostale metode.

Na slici 2 prikazani su rezultati koji ukazuju da više od pola ispitanika koristi email za razmjenu informacija u svim projektima. Repozitorije na oblaku kao što su Dropbox, OneDrive ili Google Drive koristi 20 ispitanika za više od 60% projektnih informacija. CDE rješenja za BIM koordinaciju, poput BIM 360, spomenulo je kao glavni izvor informacija 9 sudionika, a 15 sudionika koristi CDE alate za upravljanje dokumentima (CDE EDMS), kao što su Viewpoint4Projects ili Aconex, kako bi upravljali s najmanje 40% informacija. BCF je još uvijek vrlo slabo prihvaćen, koriste ga samo 2 sudionika u svim svojim projektima, dok ga 19 sudionika uopće ne koristi.



Slika 2 Korištenje izvora informacija u građevinskim projektima prema sudionicima ankete (Izvor: Jaskula i ostali, 2023)

Slika 3 prikazuje zastupljenost različitih CDE softvera među ispitanicima. Ispitanici su naveli koja CDE rješenja koriste. CDE kompanije Autodesk, BIM 360, je najčešće korišteno rješenje. Također, repozitoriji bazirani na oblaku kao što je Dropbox su dosta zastupljeni među ispitanicima kao i rješenja poput Aconex kompanije Oracle te Microsoft SharePoint.



Slika 3 Zastupljenost različitih CDE softvera među ispitanicima (Izvor: Jaskula i ostali, 2023)

Na slici 4 su prikazana sva CDE rješenja koje su Jaskula i sur. (2023) klasificirali prema razinama zrelosti.

Naziv CDE alata	Mjesečna pretplata po korisniku	Ispitani korisnici BIM-a	Captera rejting	Upravljanje dokumentima	Integracija BIM-a	Sigurnost	Funkcionalnost faza životnog ciklusa
Autodesk BIM360 / ACC	£48 to £155	39%	4.3	Level 2	Level 3	Level 3	Level 2
Viewpoint 4projects (Trimble)	£15 to £50	50%	4.1	Level 3	Level 2	Level 3	Level 2
Aconex (Oracle)	£53 to £87	36%	4.4	Level 3	Level 2	Level 3	Level 2
Asite	From £375 per project	32%	3.6	Level 3	Level 2	Level 3	Level 2
ProjectWise (Bentley)	£49 to £145	18%	4.4	Level 3	Level 2	Level 3	Level 2
Deltek/ UnionSquare	n.a.	11%	2.8	Level 3	Level 2	Level 3	Level 2
Procore	From \$375 (unlimited users)	5%	4.5	Level 3	Level 2	Level 3	Level 2
BIMcollab	£5 to £14	n.a.	4.3	Level 2	Level 3	Level 3	Level 2
Dropbox	£14 to £40	38%	4.5	Level 1	Level 1	Level 1	Level 1
SharePoint (Microsoft)	£4.10 to £22	36%	4.3	Level 1	Level 1	Level 1	Level 1
Google Drive	from £5	23%	4.8	Level 1	Level 1	Level 1	Level 1
One Drive (Microsoft)	£8.20 to £36	30%	4.5	Level 1	Level 1	Level 1	Level 1

Slika 4 Usporedba CDE platformi prema razini zrelosti (Prevedeno prema: Jaskula i ostali, 2023)

Razine zrelosti su definirane prema klasifikacijama prema Das i sur. (2021) te klasifikaciji prema Bedoiseau i sur. (Badoiseau i ostali, 2022). Stupac *Upravljanje dokumentima* predstavlja

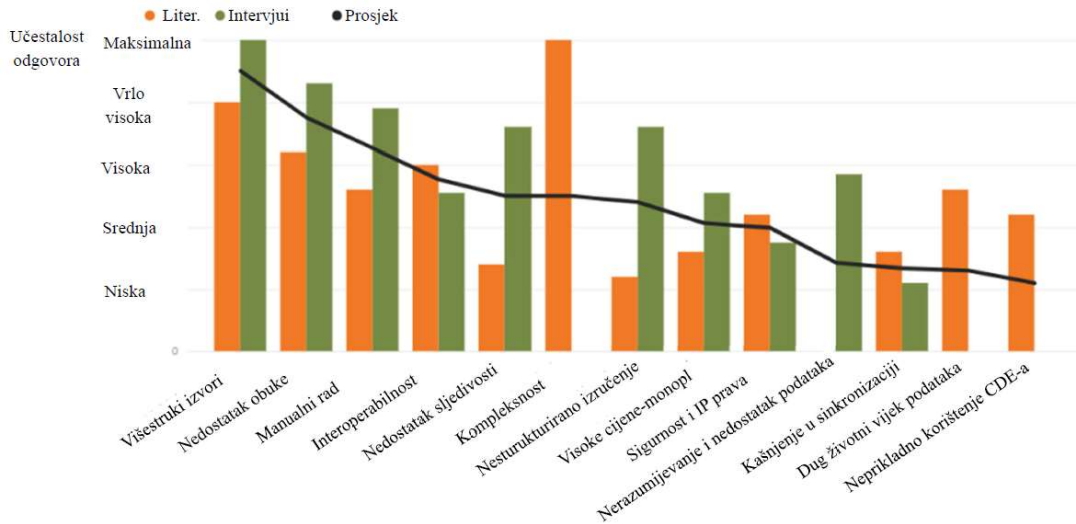
integraciju stupaca (*Dokumenti, koordinacija i komunikacija*) iz klasifikacije na slici 1, a stupac *Integracija BIM-a* predstavlja ekvivalent stupcu *BIM produkcija* klasifikacije prikazane na slici 1. Stupac *Sigurnost* predstavlja klasifikaciju CDE rješenja prema Das i sur. (2021). Dodatno, Jaskula i sur. (2023) dodaju klasifikaciju prema *Funkcionalnosti faza životnog ciklusa*, odnosno klasificiraju CDE alate prema razinama 3, 2 i 1. Alati razine 3 svojim funkcionalnostima podržavaju upravljanje i proizvodnju PIM-a i AIM-a, alati razine 2 samo AIM-a ili samo PIM-a i alati razine 1 nemaju takve funkcionalnosti (Jaskula i ostali, 2023).

Potpuni CDE razine zrelosti 3 u sva četiri područja (Upravljanje dokumentima, BIM integracija, sigurnost i životni vijek) trenutno nije dostupan na tržištu iako se većina identificiranih alata reklamira kao sukladnim sa ISO 19650 serijom standarda, ali nijedan od njih nije jedinstveni i jedini izvor istine tijekom cijelog životnog vijeka imovine (Jaskula i ostali, 2023).

Jaskula i sur. (2023) u istraživanje čiji su rezultati na slici 4 nisu uključili alate kao što su CAFM (*eng. Computer Aided Facility Management*) i CMMS (*eng. Computerized maintenance management system*) sustavi koji se koriste u fazi korištenja i održavanja zbog nedostatka informacija o njihovoj primjeni, a u intervjuima sa ispitanicima zaključeno je kako su CDE alati za održavanje potpuno drugačiji CDE alati od onih koji se koriste u fazi isporuke imovine jer podaci u fazi upravljanja imovinom imaju drugačije karakteristike i zahtjeve. Alati na slici 4 nisu prikladni za upravljanje informacijama u fazi održavanja. Dakle, niti jedan alat dostupan na tržištu ne može zadovoljiti funkcionalnosti koje zahtijevaju i faza isporuke imovine i faza održavanja. Rješenja koja su bazirana na oblaku često se koriste u AECO industriji, ali ne mogu se deklarirati kao kompletna CDE rješenja jer ne nadilaze razine 1 u sva četiri aspekta zbog toga što se ne integriraju dobro s BIM tehnologijom i ne pružaju napredniju funkcionalnost upravljanja dokumentima te visoku razinu sigurnosti. Sofisticiranija rješenja kao što su Autodesk BIM 360 ili BIMcollab pružaju BIM integraciju razine 3 zbog čega ih projektantske tvrtke koriste za multidisciplinarnu BIM suradnju u stvarnom vremenu. Međutim, ne pružaju funkcionalnost razine 3 upravljanja dokumentima kao što to omogućuju Aconex ili Viewpoint. Budući da su, rješenja kao što su Aconex i Viewpoint više fokusirana na upravljanje dokumentima, ona ne omogućuju uređivanje BIM modela. Niti jedno rješenje nije primjenjivo kroz cijeli životni ciklus imovine te su često potrebni drugi alati kako bi se imovina prebacila iz softvera korištenog u fazi isporuke imovine u softver koji se koristi u fazi održavanja imovine.

2.1.5 Izazovi u primjeni

Jaskula i sur. (2024) proveli su pregled literature i empirijsko istraživanje, a rezultati sinteze rezultata ove dvije metode daju izazove u primjeni CDE-a u praksi. U svrhu prevladavanja ovih izazova autori daju prijedlog rješenja u dvije grupe: društveno-ekonomske mjere i tehnološke mjere. Na slici 5 prikazana je učestalost pojave određenih izazova u primjeni CDE-a.



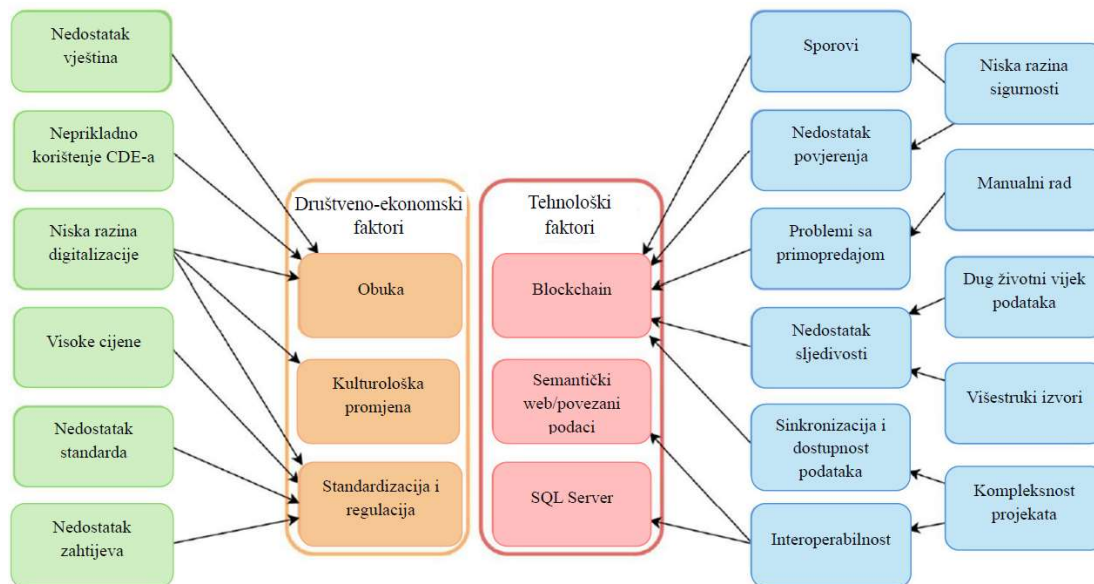
Slika 5 Sinteza rezultata istraživanja (Prevedeno prema: Jaskula i ostali, 2024)

Najveći izazovi u primjeni CDE-a prema dostupnoj literaturi su problemi kompleksnosti projekata, zatim višestruki izvori informacija, nedostatak sljedivosti, problem interoperabilnosti, ručni rad, dug životni vijek podataka itd. Što se tiče intervjua sa korisnicima različitih CDE alata u praksi, najveći izazov u primjeni CDE-a je višestrukost izvora informacija, zatim nedostatak obuke, problem prisutnosti ručnog rada, nedostaci u sljedivosti, primopredaja podataka iz faze isporuke imovine u fazu održavanja itd.

Višestruki izvori podataka odnose se na širok raspon alata, sustava i izvora podataka koji se koriste na projektima i na nestrukturiranost izvora podataka. Pravilna implementacija CDE-a zahtijeva vještine za sustave temeljene na oblaku i BIM softvere koje često nedostaju u AECO sektoru, a osobito mala i srednja poduzeća imaju nisku razinu zrelosti u primjeni tehnologije i procesa. Trenutna primjena CDE-a zahtijeva veliku količinu ručnog rada zbog praćenja promjena temeljenih na objektima i kontrole verzija, zbog tehničke i računovodstvene dokumentacije koja se i dalje proizvodi u PDF-ovima ili skeniranim dokumentima. Zatim, dokumenti često zahtijevaju ručno odobravanje, a često je i ručno prebacivanje dokumentacije između faza. Korištenje višestrukih alata specifičnih za različite domene i modeliranja u građevinskim projektima uzrokuje probleme interoperabilnosti što zahtijeva višestruke konverzije formata i rezultira gubitkom kvalitete podataka. Kompleksnost projekata uzrokovano je fragmentiranosti zbog velikog broja različitih organizacija uključenih u projekt. Svaka organizacija ima različitu hijerarhijsku strukturu i koristi različite alate i sredstva komunikacije. Što se tiče problema primopredaje, podaci generirani tijekom faza projektiranja i izgradnje moraju se prenijeti u sustave za fazu korištenja i održavanja (*eng. Facility management*), a ovaj proces često uključuje ručni prijenos informacija zbog nedostatka cjelovitih CDE rješenja na tržištu. U velikim projektima ponekad je teško razumjeti velike količine informacija ili pronaći specifične informacije koje se traže. Podaci su često raspoređeni u izoliranim bazama i baze podataka nisu povezane niti sinkronizirane. Još jedan značajan izazov u upravljanju informacijama o građevnim objektima je duljina njihovog životnog vijeka.

Naime, informacije se mogu koristiti do 40 godina nakon početka projekta, pa učestala razmjena podataka između dionika i promjena vlasništva nad imovinom povećava rizik gubitka i zastarjelosti podataka. Zaključno, jedna od izazova implementacije CDE alata je niska stopa usvajanja i nepravilno korištenje CDE alata u stvarnim projektima. CDE alati se više koriste kao platforme za pohranu i dijeljenje datoteka, a ne kao istinske kolaboracijske platforme.

Na slici 6 prikazane su društveno-ekonomske mjere i tehnološke mjere koje autori predlažu kao rješenje za navedene probleme koji se javljaju u primjeni. Za ublažavanje izazova društveno-ekonomske prirode potrebna je obuka korisnika, kulturološka promjena i veća standardizacija i regulacija. Problemi tehnološke prirode mogu se riješiti tehnologijama kao što je blockchain, semantički/povezani podaci i SQL server.



Slika 6 Identificirani izazovi sa odgovarajućim sredstvima za prevladavanje izazova (Prevedeno prema: Jaskula i ostali, 2024)

2.1.6 Problem sigurnosti podataka

Kolaborativne BIM platforme, zbog svojih karakteristika kao što su interdisciplinarna priroda, velik broj dionika u razvoju podataka, geografska odvojenost dionika, komunikacija temeljena na mreži i decentralizirana organizacijska struktura projekta naslijeđena iz građevinskih projekata, imaju posebno jedinstvene sigurnosne zahtjeve (Das i ostali, 2021).

Zadaci voditelja projekata i nadzornih inženjera još uvijek rezultiraju izvješćima (u PDF formatu) ili u obliku skeniranih papirnatih dokumenata, koji često zahtijevaju potpise više strana što predstavlja ručni rad koji je ovisan o ljudima. Ovi se dokumenti uglavnom razmjenjuju putem e-maila, s dodatnim ciljem dobivanja potpisa svih uključenih strana u projektu, a korištenjem ovakvih tradicionalnih pristupa trpi učinkovitost, dosljednost i koordinacija rezultata vezanih uz sigurnost konstrukcija što uzrokuje kašnjenja, redundanciju, gubitak dokumentacije i pogreške (Ciotta i ostali, 2021).

Nadalje, iako je CDE idealan model za učinkovitu suradnju temeljenu na BIM-u, centraliziranost postojećih kolaboracijskih platformi i CDE rješenja predstavlja slabost na probleme sigurnosti podataka, posebno na manipulaciju projektnim podacima i uskraćivanje pristupa od strane autoriziranih dionika koji su uključeni u projekt (Tao i ostali, 2021). Problem sigurnosti centraliziranih projektnih servera ili platformi u oblaku (*eng. Cloud Platform*) koji su osjetljivi na unutarnje rizike može predstavljati jedna točka u radnom tijeku koja može sabotirati i zaustaviti cijeli projekt (Tao i ostali, 2023).

Tao i sur. (2023) ukazuju na problem transparentnosti, sljedivosti (*eng. Traceability*), dugotrajnog čekanja dozvola u projektima koji zahtijevaju brzu realizaciju. Problem nedostatka transparentnosti se javlja prilikom paralelnog projektiranja, zbog nedostatka referenciranja, transparentne kolaboracije i sinkronizacije napora radnih timova. Također, decentralizirana komunikacija (*eng. Peer-to-peer*) uzrokuje neadekvatnu sljedivost.

Prema Das i sur. (2021) trenutna razina usvajanja sigurnosnih praksi i tehnologija za kolaborativne BIM platforme je niska i nije sustavna. Kolaborativne BIM platforme imaju posebne karakteristike vezane uz sigurnost podataka zbog svoje systemske arhitekture i funkcionalnih zahtjeva, koje je potrebno identificirati, npr. proces stvaranja sastavljenih BIM modela zahtijeva sastavljanje BIM podataka od nekoliko vlasnika podataka, što postavlja zahtjeve vezane uz privatnost podataka (zaštita osjetljivih BIM podataka od neovlaštenih strana), sigurnost prijenosa podataka (zaštita podataka od presretanja i zloupotrebe tijekom prijenosa) i autentičnost podataka (integritet verzije i svježina podataka). Neprimjereno dijeljenje, propuštanje ili gubitak osjetljivih projektnih informacija može rezultirati ozbiljnim posljedicama poput financijskog gubitka i gubitka povjerenja i reputacije (Das i ostali, 2021).

2.1.6.1 Tri razine sigurnosti BIM-a

Das i sur. (2021) identificiraju sedam komponenti sigurnosti koje bi trebale biti uzete u obzir pri izradi strategije kibernetičke sigurnosti za kolaborativne BIM platforme:

1. Vlasništvo nad podacima - sigurnosne mjere potrebne su kako bi se osiguralo da vlasništvo nad određenim podacima u BIM modelu bude očuvano kod njihovog tvorca tijekom cijelog životnog ciklusa BIM modela na siguran način.
2. Dijeljenje podataka - sigurnosne mjere potrebne su za olakšavanje dijeljenja djelomičnih ili cjelovitih BIM modela s ovlaštenim sudionicima.
3. Stvaranje sastavljenog modela - sigurnosne mjere potrebne su za sigurno sastavljanje relevantnih informacija BIM modela iz različitih domena.
4. Tijekovi rada - sigurnosne mjere potrebne su za dodjelu i opoziv ovlaštenja sudionicima projekta za pregled, odobravanje i odbacivanje podataka kroz različite faze životnog ciklusa BIM modela.
5. Sigurnost podataka - sigurnosne mjere potrebne su za zaštitu podataka u smislu privatnosti podataka i integriteta podataka kada su pohranjeni na uređajima za pohranu.

6. Sigurnost mreže - sigurnosne mjere potrebne su za osiguranje da potpuni (integritet podataka) i točni (autentičnost podataka) podaci budu poslani od strane ovlaštenih sudionika (autentičnost korisnika) tijekom prijenosa podataka.
7. Sigurnost sustava - sigurnosne mjere koje čuvaju integritet podataka kroz predefiniране strukture podataka i unaprijed definirana pravila za strukturirane i nestrukturirane podatke.

Definirane su i tri razine sigurnosti BIM-a, koje primjenjuju sedam komponenti sigurnosti BIM-a na različitim razinama u smislu granularnosti podataka, sustava pohrane i sigurnosnih protokola (Das i ostali, 2021). A u svrhu razumijevanja razina sigurnosti potrebno je definirati pojam *model podataka* (eng. *Data Model*). Model podataka je apstraktna reprezentacija strukture podataka koja se koristi za organizaciju i upravljanje podacima u bazi podataka ili informacijskom sustavu i definira odnos između podatkovnih elemenata i način njihove organizacije, pohrane i dohvaćanja (Suszterova, 2023).

Slika 7 prikazuje koje zahtjeve je potrebno ispuniti za ostvarivanje bilo koje od tri razine sigurnosti BIM-a.

Razine	Razina 1	Razina 2	Razina 3	
Komponente BIM sigurnosti	nestrukturirani sustav datoteka	strukturirani sustav datoteka	strukturirana baza podataka	
1	Vlasništvo and podacima	Na razini mape	Na razini datoteke	Na razini objekta
2	Sastavljeni model	N/A	Na razini datoteke	Na razini objekta
3	Dijeljenje podataka	Na razini datoteke	Na razini datoteke	Na razini objekta
4	Tijekovi rada	N/A	Na razini datoteke	Na razini objekta
5	Sigurnost podataka	Na razini bloka	Na razini bloka/ datoteke	Na razini objekta
6	Sigurnost mreže	Perimetarska sigurnost	Jednosmjerna autentifikacija + Sigurnost veze + Perimetarska sigurnost	Dvosmjerna autentifikacija + + Sigurnost veze + Perimetarska sigurnost
7	Sigurnost sustava	Nestrukturirana	Strukturirana	Strukturirana + Nestrukturirana (Big Data)

Slika 7 Tri razine sigurnosti BIM-a (Prevedeno prema: Das i ostali, 2021)

Prema Das i sur. (2021) razine sigurnosti predstavljaju sljedeće:

1. Razina 1 (nestrukturirani sustav datoteka) - informacije nisu organizirane prema određenom modelu podataka. Na razini aplikacije, podaci se pohranjuju kao BIM datoteke i kategoriziraju u mape prema kriterijima kao što su kontekst podataka, datum kreiranja i vlasništvo, a podaci se obično spajaju u blokove fiksne veličine i pohranjuju na uređaje za pohranu. S aspekta sigurnosti u BIM-u, nestrukturirani poslužitelji datoteka ne pružaju potrebnu funkcionalnost i sigurnost. Segregacija se provodi kroz logičke jedinice, što nije učinkovita metoda za osiguranje privatnosti podataka. Osim toga, zbog nedostatka modela podataka na razini aplikacije, održavanje sigurnosti sustava je teško. Tokove informacija i automatsko sastavljanje modela koji se temelje na odnosima između podatkovnih jedinica iz više domena teško je ostvariti zbog nedostatka modela podataka.
2. Razina 2 (struktuirani sustav datoteka) - pohranjuju BIM podatke prema unaprijed definiranom podatkovnom modelu. Za razliku od nestrukturiranih poslužitelja datoteka, strukturirani poslužitelji datoteka održavaju međusobne veze između datoteka, međutim budući da je najmanja jedinica informacije datoteka, takve platforme imaju ograničenu funkcionalnost radnih tokova ili stvaranja sastavljenih modela.
3. Razina 3 (strukturirana baza podataka) - olakšavaju pohranu i razmjenu informacija o projektu na razini objekata ili elemenata (na primjer, građevinski element, materijal i zadatak) temeljenih na unaprijed definiranom modelu podataka. Visoka granularnost podataka karakteristika je ovih platformi koja učinkovito omogućuje djelomični pristup i modificiranje BIM modela. Strukturirani poslužitelji baza podataka učinkoviti su u pružanju visoke funkcionalnosti putem sigurnosti vlasništva nad podacima i dijeljenja podataka na razini objekata. Ponovna upotreba podataka je optimalna i sigurna jer se generiraju sastavljeni modeli, a primjena radnih tokova informacija je olakšana sigurnim segregiranjem informacija visoke granularnosti uz istovremeno očuvanje vlasništva nad podacima.

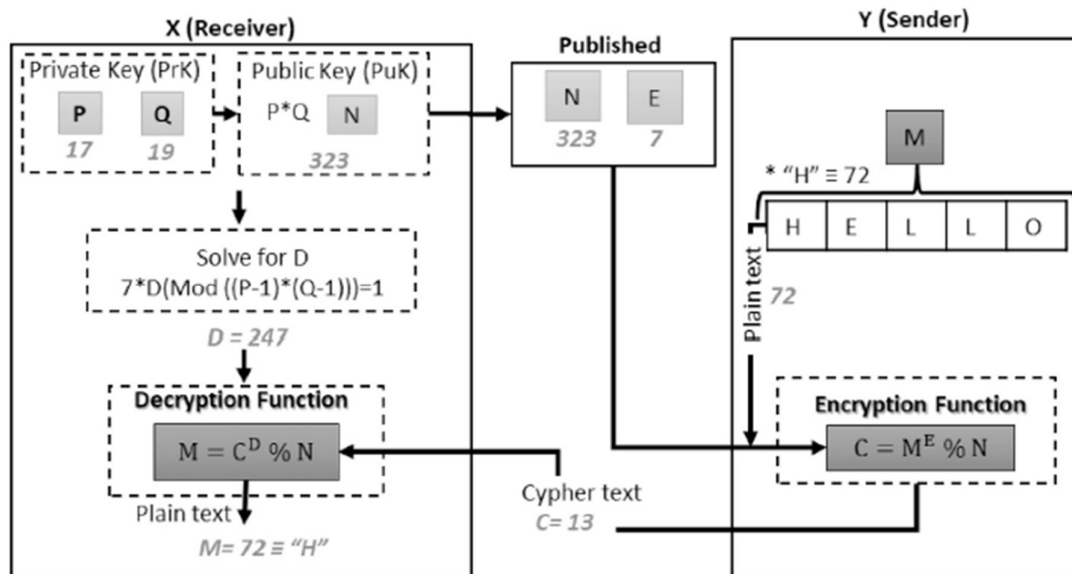
2.1.6.2 Tehnologije za ostvarenje sigurnosti podataka

Das i sur. (2021) identificiraju enkripciju, sigurnost u oblaku, distribuirane baze podataka i blockchain tehnologiju kao četiri popularne tehnologije za ostvarenje sigurnosti u BIM-u.

2.1.6.2.1 Enkripcija ili šifriranje

Protokol šifriranja odnosi se na metode koje omogućuju sigurnosne mjere kroz kriptografiju. Protokoli šifriranja sastoje se od algoritama šifriranja i ključeva šifriranja. Algoritmi šifriranja koriste se za pretvaranje običnog teksta u nečitljive šifrirane podatke. Simetrični, asimetrični i jednosmjerni algoritmi šifriranja glavne su vrste algoritama šifriranja u upotrebi (Das i ostali, 2021). Simetrični algoritmi šifriranja istaknuti su kao prikladni kandidati za osiguravanje privatnosti podataka na kolaborativnim BIM platformama zbog svoje učinkovitosti s velikim

skupovima podataka (Das i ostali, 2021). Slika 8 prikazuje ilustraciju robusnosti asimetrične enkripcije. Svaki podatak koji se od pošiljatelja šalje primatelju šalje se u šifriranom obliku preko funkcije šifriranja. Svaki dionik ovakve komunikacije ima tzv. *privatni ključ* i *javni ključ*. Podaci koje pošiljatelj šalje šifrirani su tako da je dešifriranje tog podatka moguće samo preko privatnog ključa primatelja. Dakle, samo primatelj kojem je poslana šifrirana informacija može dešifrirati informaciju preko *svog privatnog ključa* koji je dostupan samo njemu. Kao što možemo vidjeti na slici 8 *javni ključ* je dostupan svima i služi za slanje šifriranih podataka.



Slika 8 Prikaz robusnosti asimetrične enkripcije (Izvor: Das i ostali, 2021)

2.1.6.2.2 Sigurnost u oblaku

Sigurnost u oblaku odnosi se na zaštitu podataka, aplikacija i infrastrukture u oblaku. To uključuje implementaciju sigurnosnih mjera za zaštitu resursa temeljenih na oblaku, od prijetnji sigurnosti, kao što su proboji podataka, neovlašteni pristupi, gubitak podataka i prekidi u uslugama. Protokoli sigurnosti u oblaku fokusiraju se na osiguranje mrežne sigurnosti kako bi se zaštitili podaci tijekom prijenosa i sigurnost podataka kroz šifriranje na razini datoteka ili blokova. Obje vrste usluga u oblaku, javne i privatne, zahtijevaju sigurnosne mjere poput šifriranja i segmentacije u svrhu sigurnog pohranjivanja i upravljanja podacima, posebno kada se radi o osjetljivim resursima (Das i ostali, 2021).

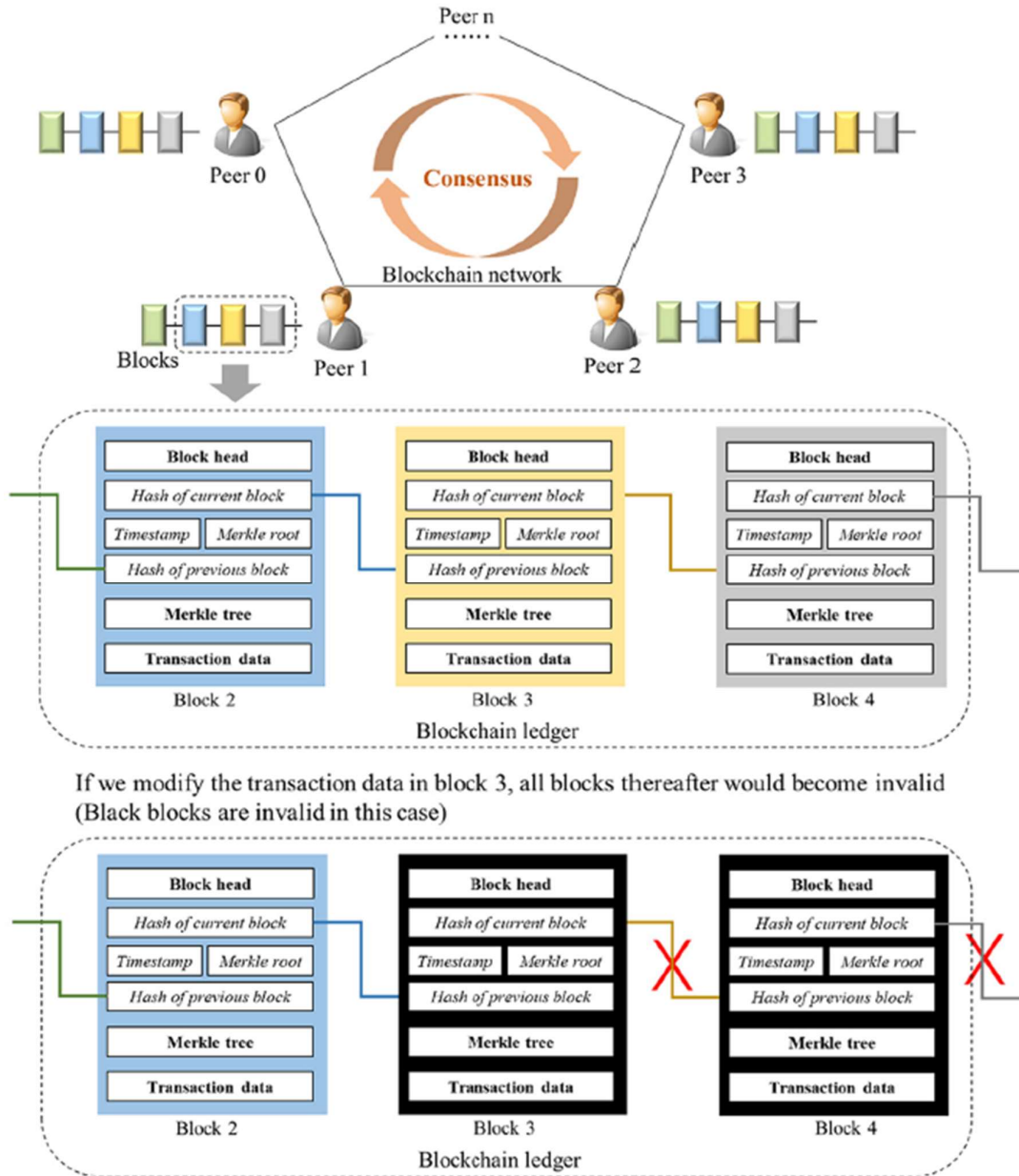
2.1.6.2.3 Distribuirane baze podataka

Distribuirane baze podataka su tehnološki sustavi koji integriraju više baza podataka kako bi funkcionirale kao jedinstvena logička jedinica putem mehanizama poput dijeljenja podataka (data sharing) i replikacije podataka. Ove baze podataka prvenstveno su dizajnirane za poboljšanje dostupnosti podataka distribuiranjem podataka na više lokacija. U kontekstu kolaborativnih BIM platformi, distribuirana tehnologija baza podataka smatra se prikladnom

zbog necentraliziranosti projekata gradnje. Implementacijom distribuirane tehnologije baza podataka na kolaborativnim BIM platformama, komponente poput dijeljenja podataka, informacijskih tokova i sigurnosti sastavljanja modela mogu imati koristi od poboljšane dostupnosti podataka (Das i ostali, 2021).

2.1.6.2.4 Blockchain

Blockchain je tehnologija dizajnirana za omogućavanje sigurnih transakcija (Das i ostali, 2021). Blockchain se odnosi na distribuiranu tehnologiju koja funkcionira kao decentralizirana baza podataka dijeljena među mrežom računala, poznatih kao *čvorovi* (Tao i ostali, 2023). Integrira nekoliko tehnologija poput peer-to-peer umrežavanja, asimetričnog šifriranja i algoritama konsenzusa kako bi sigurno provjeravala, sinkronizirala i bilježila podatke u decentraliziranim okruženjima. Integracija ovih tehnologija u blockchain čini ga prikladnim za podršku sigurnosnim zahtjevima kolaborativnih BIM platformi. Blockchain tehnologija omogućuje sigurno praćenje promjena i mjerenje produktivnosti u građevinskoj industriji. Može se koristiti za sprječavanje manipulacije povijesnim BIM podacima i osiguranje integriteta podataka u distribuiranim okruženjima (Das i ostali, 2021). Blockchain tehnologija sastoji se od niza podatkovnih spremnika zvanih blokovi koji su povezani u kronološki lanac pomoću kriptografije. Svaki blok sadrži podatke o transakcijama, vremensku oznaku i kriptografski sažetak prethodnog bloka, što osigurava integritet i sigurnost podataka. Blockchain tehnologija omogućuje sigurno, transparentno i nepromjenjivo vođenje evidencije o transakcijama ili razmjenama informacija bez potrebe za središnjim autoritetom (Tao i ostali, 2023). Na slici 9 prikazana je shema blockchain tehnologije.



Slika 9 Shema blockchain tehnologije (Izvor: Tao i ostali, 2021)

2.2 Pregled ISO 19650 serije standarda

Međunarodna organizacija za standardizaciju (*eng. International Organization For Standardization - ISO*) je svjetska federacija nacionalnih tijela za standardizaciju. ISO svoje standarde objašnjava kao formulu koja opisuje najbolji način na koji se proizvod, upravljanje procesom, isporuka usluga, opskrba materijalom i slično može izvršiti (*ISO - Standards, 2024*). Dakle, ISO standardi su međunarodno priznati i time predstavljaju dogovorenu praksu na svjetskoj razini.

Standardi u ISO 19650 seriji standarda koji su predmet ovog poglavlja (ISO 19650-1, ISO 19650-2, ISO 19650-3, ISO 19650-4 i ISO 19650-5) prihvaćeni su kao europski standardi od strane tehničkog odbora Europskog povjerenstva za standardizaciju (*eng. European Committee for Standardization - CEN*) te im je dan status nacionalnih standarda. Prema CEN-CENELEC internim propisima ovi standardi su obvezni za implementaciju u Hrvatskoj, te su na temelju Zakona o normizaciji od Hrvatskog zavoda za norme prihvaćeni kao hrvatske norme (*International Organization for Standardization, 2019a, 2019b, 2020b, 2020c, 2022*).

Ovi standardi redom, tematski predstavljaju slijedeće: koncepte i načela, fazu isporuke imovine, fazu održavanja imovine, razmjenu podataka te sigurnosni pristup informacijama procesu upravljanja informacijama. ISO 19650 serija standarda usko je vezana uz informacijsko modeliranje gradnje (*eng. Building Information Modeling- BIM*) i daje preporuke za proces upravljanja informacijama u informacijskom modeliranju gradnje. Jedna od bitnih stavki u upravljanju informacijama u BIM-u je zajedničko podatkovno okruženje koje je predmet ISO 19650 serije standarda, i predstavlja svojevrstni centar za prikupljanje, upravljanje i dijeljenje informacija u projektu kroz upravljani proces. Dakle, standardi međunarodne organizacije za standardizaciju ISO 19650-1, ISO 19650-2, ISO 19650-3, ISO 19650-4 i ISO 19650-5 predstavljaju dogovoreni okvir na svjetskoj i europskoj razini za definiranje CDE-a i procesa povezanih sa CDE-om, te kao takvi predstavljaju temelje upravljanja informacijama u BIM okruženju korištenjem zajedničkog podatkovnog okruženja.

2.2.1 ISO 19650-1 Koncepti i principi upravljanja informacijama

ISO 19650-1 definira i nudi koncepte i principe za upravljanje i stvaranje podataka tijekom životnog vijeka građevine. Namijenjen je dionicima koji sudjeluju u fazama natječaja, projektiranja, izvođenja i puštanja u rad građevina te onim dionicima tijekom faze upravljanja imovinom i održavanja građevine. Predviđen je za projekte svih veličina, razina i kompleksnosti i prilagodljiv je okolnostima različitih nacionalnih tržišta i specifičnostima koje zahtijevaju različiti projekti. Procesi u ovom standardu obećavaju povoljne poslovne rezultate, nove prilike, smanjenje rizika i troška kroz isporuku i korištenje informacijskog modela projekta (*eng. Project Information Model - PIM*) i imovine (*eng. Asset Information Model - AIM*) (*International Organization for Standardization, 2019a*).

Velik broj sudionika u projektima gradnje koji rade na istom finalnom proizvodu tj. građevini iziskuje dobru i pravovremenu koordinaciju i standardizaciju procesa izmjene i kolaborativne isporuke informacija. Prema ISO (2019a) ISO 19650-1 standard nudi koncepte i principe koji u procesu kolaborativne isporuke informacija smanjuju prekoračenja rokova uslijed nedostatka koordiniranosti timova vezanih uz ponovnu upotrebu i reprodukciju informacija. ISO 19650-1 postavlja koncepte i principe za upravljanje informacijama u informacijskom modeliranju gradnje te daje prijedlog okvira za upravljanje informacijama što uključuje: razmjenu, pohranjivanje, verzioniranje i organiziranje informacija svih sudionika uključenih u projekt gradnje.

2.2.1.1 Definicije i terminologija (BIM i CDE)

BIM prema ISO (2019a) predstavlja upotrebu digitalne reprezentacije imovine radi olakšanja procesa projektiranja, izgradnje i upravljanja u svrhu formiranja pouzdane osnove za donošenje odluka. Budući da projekti gradnje podrazumijevaju velik broj sudionika različitih struka, primjena BIM-a u takvom okruženju podrazumijeva potrebu za upravljanjem i razmjenom informacija u digitalnom okruženju kroz sve faze životnog ciklusa projekta. Razmjena informacija pritom podrazumijeva postavljanje zahtjeva za isporukom informacija od strane koja imenuje (*eng. Appointing Party*) te isporuku informacija od imenovanih strana (*eng. Appointed Parties*). Stranu koja imenuje može predstavljati npr. naručitelj ili vlasnik, a imenovana strana može biti npr. projektant ili izvođač, no standard ISO 19650-1 se ne ograničava na konkretne uloge. Imenovana strana, tj. strana isporučitelja organizirana je kroz takozvane timove za isporuku (*eng. Delivery Teams*), koji se sastoje od glavne imenovane strane (*eng. Lead Appointed Party*) i ostalih imenovanih strana koje zajedno djeluju unutar radnih timova (*eng. Task Teams*).

Posljedično, javlja se potreba za reguliranjem razmjene informacija i definiranja ciklusa isporuke informacija u fazama isporuke imovine (*eng. Delivery Phase*) i u fazi održavanja imovine (*eng. Operational Phase*). Za ovu svrhu ISO (2019a) definira zajedničko podatkovno okruženje koje se može shvatiti kao koncept digitalnog odnosno tehničkog rješenja, ali i proces, a definira se kao dogovoreni izvor informacija za bilo koji projekt ili imovinu, za prikupljanje, upravljanje i širenje svakog spremnika informacija kroz upravljani proces. Dakle, zajedničko podatkovno okruženje je sredstvo za osiguravanje kvalitete razmijenjenih informacija, a organiziran je kroz tzv. spremnike (*eng. Information Container*) podataka u kojima se informacije nalaze i prolaze kroz različite faze razvoja. Koncepti i terminologije definirane u ISO 19650-1 standardu daju dva izraza povezana sa zajedničkim podatkovnim okruženjem: CDE tijekom rada (*eng. CDE Workflow*) i CDE rješenje (*eng. CDE Solution*). CDE koristi svoja rješenja za podršku svojim procesima osiguravajući upravljanje informacijama i dostupnost informacija onima kojima su potrebne, kada im trebaju (UK BIM Framework, 2024). Dakle, CDE rješenje je tehnološko rješenje i ono predstavlja konkretan alat dok je CDE tijekom rada proces razmjene informacija unutar CDE rješenja, a važno je istaknuti da je CDE rješenje jedini alat kojeg ISO 19650 serija standarda prepoznaje i zahtijeva njegovu primjenu.

Postoji česta zablude da se CDE odnosi samo na tehnologiju kao jedinstveno rješenje. ISO (2019a) u standardu ISO 19650-1 pojašnjava da može biti potreban niz različitih tehnologija. Zbog toga je važno na početku projekta ili aktivnosti upravljanja imovinom odrediti potrebnu funkcionalnost i kako jedan ili više proizvoda mogu podržati tu funkcionalnost. Prema Kemp (2019) ISO 19650-2 predviđa da naručitelj (ili treća strana koja djeluje u njegovo ime) osigura CDE i upravlja CDE-om u svrhu upravljanja svim spremnicima informacija koji se razvijaju i razmjenjuju s naručiteljem tijekom cijelog trajanja projekta od strane svakog tima za isporuku, a ovaj CDE se u ISO 19650-2 naziva projektnim CDE-om. Međutim, ISO 19650-2 također predviđa da timovi za isporuku mogu implementirati vlastite (distribuirane) CDE alate (ali ne umjesto projektnog CDE-a). Također, koncept CDE-a se često miješa sa sustavima za *hosting* datoteka, no ono što CDE rješenje osim pohrane podataka mora omogućiti su proces, revizijski trag i prikladnost za korištenje (UK BIM Framework, 2024). CDE rješenje može biti softver ili neki drugi oblik alata. Ako se informacije razmjenjuju putem nedigitalnog rješenja tada se to također može opisati kao CDE rješenje koje može biti podržano radnim procesima (Kemp, 2019).

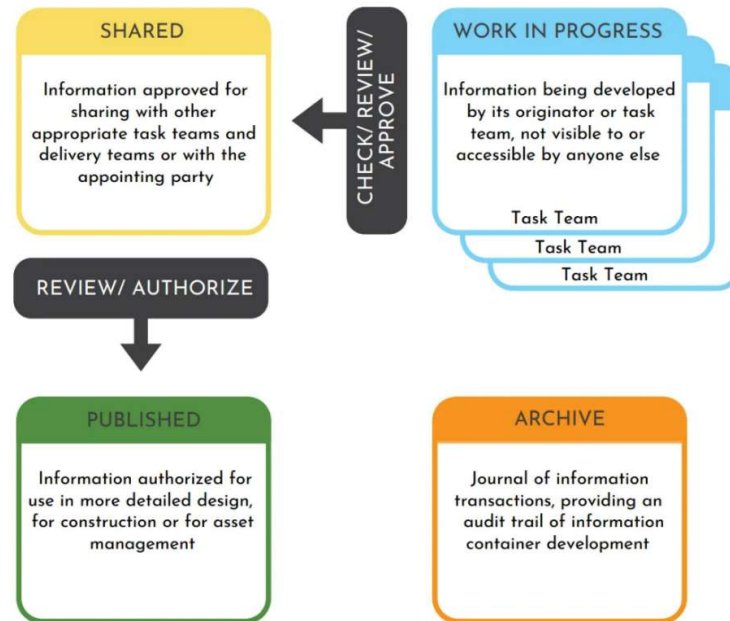
CDE je alat koji podržava proces upravljanja informacijama u informacijskom modeliranju gradnje i neophodan je za ostvarenje koncepata definiranih unutar ISO 19650 serije standarda. Osim toga, ISO (2019a) definira i takozvane razine zrelosti upravljanja informacijama, konkretno tri faze zrelosti koje integriraju kompleksnost primjene koncepata upravljanja analognim i digitalnim informacijama, redom poredane od najmanje do najviše razine primjene u aspektu razvoja standarda, informacija, poslovanja te napretka u tehnološkom smislu. Tehnološki aspekt ove tri razine zrelosti pretpostavlja i predstavlja primjenu CDE-a u sve tri razine zrelosti, što CDE svrstava kao neophodan i neizostavan dio upravljanja informacijama u okvirima definiranim ISO 19650 serijom standarda.

2.2.1.2 Principi upravljanja informacijama u zajedničkom podatkovnom okruženju

Prema ISO (2019a) zajedničko podatkovno okruženje kao koncept zasniva se na principu spremnika informacija koji prolaze kroz različite faze sljedećim redoslijedom: područje za rad u tijeku (*eng. Work In Progress*), područje za dijeljenje (*eng. Shared*), područje za objavljivanje (*eng. Published*) te dodatno područje za arhiviranje (*eng. Archive*). Važno je napomenuti kako se svaki spremnik informacija može nalaziti u bilo kojem području ovisno o stadiju razvoja u kojem se nalazi. Prijelaz svakog spremnika informacija iz jednog područja u drugo pretpostavlja procese odobrenja i autorizacije, i sadrži metapodatke, a to su revizijski kod prema ugovorenom standardu i statusni kod koji daje informacije o dozvoljenim upotrebama informacija. Koncept kolaborativnog rada baziranog na spremnicima informacija daje mogućnost rada kroz različite računalne sisteme i platforme, što omogućuje rad na tzv. sastavljenom informacijskom modelu (*eng. Federated Model*) koji se sastoji od informacijskih modela svih imenovanih strana, isporučitelja ili radnih timova koji rade na isporuci informacijskog modela. CDE mora omogućiti upravljanje i pohranu informacija uz siguran

pristup informacijama onim stranama od kojih se traži isporuka, korištenje i održavanje informacija (International Organization for Standardization, 2019a).

Na slici 10 prikazan je koncept zajedničkog podatkovnog okruženja kojeg daje ISO (2019a) sa prikazanim fazama kroz koje prolaze spremnici podataka.



Slika 10 Koncept zajedničkog podatkovnog okruženja - CDE (Izvor: International Organization for Standardization, 2018)

Područje za rad u tijeku predstavlja svojevrsno okruženje u kojem na razvoju podataka, odnosno razvijanju strukturiranih (geometrijski modeli, nacrti i baze podataka) i ne strukturiranih informacija (dokumentacija, video isječki i zvučne snimke) rade tzv. radni timovi. Područje za rad u tijeku mora omogućiti radnim timovima zaštitu podataka, osiguravajući nemogućnost pristupa spremnicima koji sadrže informacije zadatka na kojem rade, bilo kojem drugom sudioniku (International Organization for Standardization, 2019a).

Prijelaz spremnika podataka iz područja za rad u tijeku u područje za dijeljenje pretpostavlja proces provjere, pregleda i odobrenja od strane radnog tima od kojeg potječe. Provjerava se usklađenost sa planom isporuke informacija, dogovorenim standardima, metodama i procedurama za dostavu informacija. Područje za dijeljenje predstavlja prostor u kojem su podijeljeni spremnici podataka svih radnih timova. Važno je pri tome napomenuti da su podaci u ovom području dostupni samo za pregled, ali ne i uređivanje. To daje priliku da se usklađuju podaci sa podacima drugih radnih timova, te se u slučaju neusklađenosti mogu vratiti izvornom radnom timu, natrag u područje za rad u tijeku, na doradu (International Organization for Standardization, 2019a).

Prije prelaska u područje za objavljivanje informacije u spremnicima također prolaze proces provjere i autorizacije. Područje za objavljivanje predstavlja prostor za informacije koje su

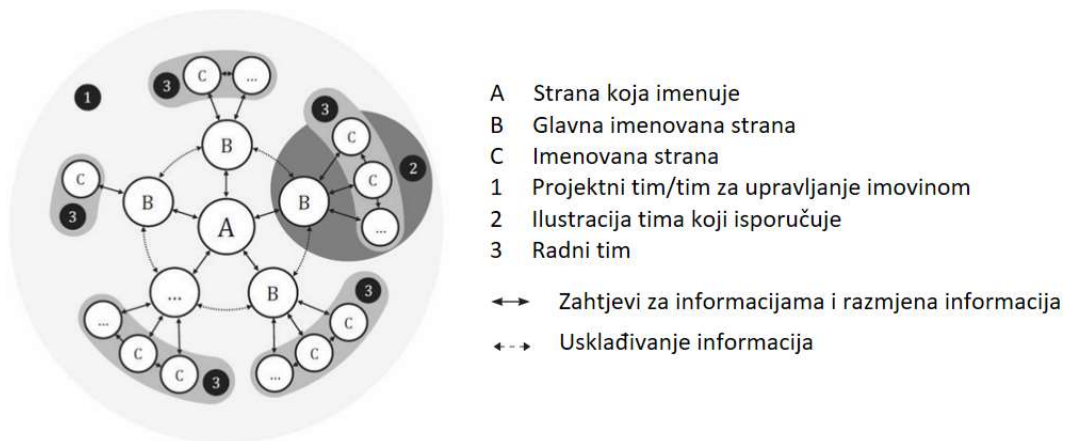
odobrene za upotrebu u procesu izvođenja radova ili tijekom faze održavanja građevine. PIM i AIM sadrže samo informacije iz ovog područja. U procesu provjere uspoređuju se zahtjevi za usklađenost te potpunost i točnost podataka. Autorizacijom spremnik podataka prelazi u područje za objavljivanje, a u suprotnom se vraća u područje za rad u tijeku izvornom radnom timu na doradu ili ispravak (International Organization for Standardization, 2019a).

Područje za arhiviranje predstavlja osnovu za revizijski trag ili svojevrsan dnevnik povijesnih podataka. U njemu se nalaze spremnici podataka koji su bili u području za dijeljenje i području za objavljivanje (International Organization for Standardization, 2019a).

Ovakav princip rada u sastavljenom modelu omogućuje detekciju neusklađenosti i problema tj. sudara u prostornim i funkcionalnim aspektima informacijskih modela.

2.2.1.3 Struktura dionika uključenih u proces razmjene informacija

Kako bi se upravljanje informacijama u projektu moglo uspostaviti potrebno je sagledati strane koje su uključene u projekt i različitost u perspektivama svakog sudionika u zahtjevima za informacijama i u isporuci informacija. Uzimajući u obzir jedinstvenost svakog građevinskog projekta i sastava sudionika uključenih u isti, perspektive se mogu definirati za svaki projekt zasebno, a mogu biti npr. perspektiva vlasnika imovine, perspektiva korisnika imovine, perspektiva isporučitelja informacija i sl. Dakle, bitno je zaključiti da je za upravljanje informacijama u CDE-u potrebno prepoznati perspektive svih sudionika uključenih u projekt te ih sagledati tijekom specificiranja zahtjeva za informacijama koje se trebaju isporučiti, planiranja isporuke informacija i tijekom isporuke informacija (International Organization for Standardization, 2019a). Na slici 11 prikazana je shema strana koje mogu biti uključene u projekt i složenost razina u isporuci informacija.



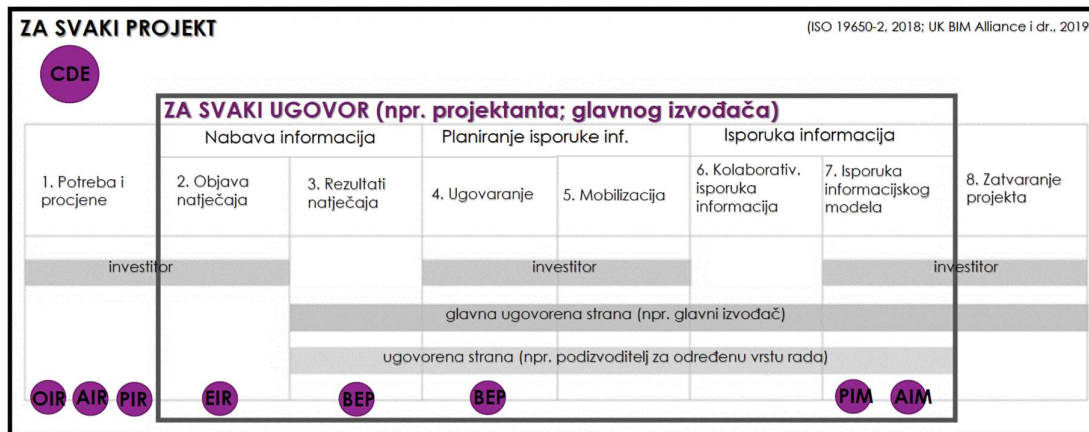
Slika 11 Shema sučelja između strana uključenih u project (Prevedeno prema: International Organization for Standardization, 2019b, 2020b)

U smislu isporuke informacija postoje tri strane koje su uključene u proces razmjene informacija: strana koja imenuje, glavna imenovana strana te imenovana strana. Prema Kemp (2019), gdje god se ISO 19650 serija standarda referira na stranu koja imenuje zapravo se odnosi na organizaciju koja ispunjava funkciju upravljanja informacijama u ime naručitelja bez obzira nalazi li se unutar organizacije naručitelja ili je angažirana za tu ulogu. Strana koja imenuje je ta koja mora uspostaviti zajedničko podatkovno okruženje za podršku projektu i kolaborativnu isporuku informacija, a može i imenovati treću stranu za pružanje usluga upravljanja ili uspostave CDE-a. Glavna imenovana strana se u ISO 19650 seriji standarda referira na dva načina: kao perspektivna glavna imenovana strana (strana koja se natječe za tu ulogu u fazi natječaja) i glavna imenovana strana (glavna imenovana strana koja je potvrđena za tu ulogu). Glavna imenovana strana treba mobilizirati resurse. To znači osposobiti članove tima koji isporučuje, tj. imenovane strane ili radne timove tako da budu prikladno osposobljeni i upoznati s tehnologijom i procesima, testirani i spremni za rad. Zajedničko podatkovno okruženje projekta je ključno za uspješne aktivnosti temeljene na informacijama, a glavna imenovana strana treba biti svjesna svih problema koje radni timovi imaju u radu sa CDE-om, i s informacijama ili resursima kojima pristupaju putem njega. Kemp (2019) tumači kako je puno fleksibilnosti unutar ISO 19650 u vezi s odnosom između imenovanih strana i radnih timova. U nekim slučajevima svaki radni tim može biti posebna imenovana strana, u drugim slučajevima imenovana strana može uključivati nekoliko radnih timova, a u još više slučajeva radni timovi mogu uključivati više imenovanih strana. Imenovana strana zajedno sa glavnom imenovanom stranom isporučuje informacijski model imovine kolaborativno unutar CDE rješenja prateći CDE tijek rada.

2.2.2 ISO 19650-2 Faza isporuke imovine

2.2.2.1 BIM tijek rada u fazi isporuke imovine

Zajedničko podatkovno okruženje definirano je u ISO 19650-1, a implementira se kroz ISO 19650-2 i 3 (UK BIM Framework, 2024). Standard ISO 19650-2 izrađen je u svrhu olakšavanja postavljanja zahtjeva za informacijama strani koja imenuje tijekom faze isporuke imovine i pružanja odgovarajućeg komercijalnog i kolaborativnog okruženja unutar kojeg više imenovanih strana može proizvesti informacije na uspješan i učinkovit način. Ovaj dokument specificira zahtjeve za upravljanje informacijama, u obliku procesa, u kontekstu faze isporuke imovine i razmjene informacija korištenjem BIM-a (International Organization for Standardization, 2019b). Slika 12 prikazuje proces upravljanja informacijama tijekom faze isporuke imovine sa svim podfazama.



Slika 12 Proces upravljanja informacijama tijekom faze isporuke imovine (Izvor: Vukomanović & Kolarić, 2024)

Faza isporuke isporuke imovine sastoji se od sljedećih podfaza:

- | | |
|-------------------------|--|
| 1. Potreba i procjene. | 5. Mobilizacija. |
| 2. Objava natječaja. | 6. Kolaborativna isporuka informacija. |
| 3. Odgovor na natječaj. | 7. Isporuka informacijskog modela. |
| 4. Ugovaranje. | 8. Zatvaranje projekta. |

Podfaze faze isporuke imovine prikazane su u obliku dijagrama tijeka. Svaka od navedenih podfaza može se shvatiti kao koraci u BIM tijeku rada koje je potrebno slijediti za uspješnu i učinkovitu kolaborativnu isporuku informacijskog modela projekta. Svaki od prikazanih koraka od potreba i procjene do zatvaranja projekta zahtijevaju poštivanje definiranih procesa i protokola te izradu tražene dokumentacije.

Aktivnosti navedene u ISO 19650-2 točkama 5.1 do 5.8 (sve podfaze prikazane na slici 12) odnose se na projekt u cjelini. Aktivnosti navedene u točkama 5.2 do 5.7 (od podfaze objave natječaja do podfaze isporuke informacijskog modela) ponavljaju se za svaki dio posla za koji naručitelj raspisuje natječaj (bilo za konzultante, izvođače radova i/ili stručnjake) (Kemp, 2019).

CDE rješenje i tijek rada podržavaju proces upravljanja informacijama u podfazama kolaborativne isporuke informacija i u podfazi isporuke informacijskog modela projekta (*eng. Project Information Model*), no CDE je potrebno uspostaviti već u početnim fazama procesa upravljanja informacijama. ISO (2019b) opisuje aktivnosti koje je potrebno poduzeti u svakoj podfazi od podfaze potreba i procjene do zatvaranja projekta, od postavljanja zahtjeva za zajedničkim podatkovnim okruženjem, njegove uspostave i procesa u CDE tijekom rada koji je neophodni dio procesa upravljanja informacijama u BIM-u.

2.2.2.2 Uspostava i zahtjevi za CDE

Strana koja imenuje treba implementirati, uspostaviti i podržati CDE tako da odgovara zahtjevima projekta i podržava kolaborativnu isporuku informacija. Kako bi razmjena informacija bila moguća već prilikom objave natječaja, savjetuje se uspostava CDE-a prije faze objave natječaja (International Organization for Standardization, 2019b).

Prema ISO 19650-2 definiraju se zahtjevi koje CDE mora omogućiti:

1. Svakom spremniku podataka dodjelu jedinstvenog ID-a koji je baziran na dogovorenom i dokumentiranom standardu kodiranja.
2. Svakom polju dodjelu vrijednosti iz dogovorenog i dokumentiranog standarda kodiranja.
3. Svakom spremniku podataka dodjelu sljedećih atributa: status, revizija i klasifikacija.
4. Mogućnost prijelaza spremnika podataka iz jedne faze u drugu.
5. Dokumentiranje datuma i korisnika koji je izvršio tranziciju spremnika podataka između različitih faza.
6. Kontrolu pristupa na razini spremnika podataka.

Ono što je također bitno za CDE-a je plan mobilizacije koji se sastavlja u fazi natječaja te implementira u fazi mobilizacije, a u kojem glavna imenovana strana daje svoj pristup, rokove i odgovornosti za testiranje i dokumentiranje predloženih metoda i procedura proizvodnje informacija, te pristup razmjeni informacija između radnih timova i sa naručiteljem. Zatim, konfiguriranje i testiranje projektnog CDE-a u skladu sa zahtjevima koje CDE mora omogućiti, konfiguriranje i testiranje CDE-a distribuiranog timu koji isporučuje i povezanost sa projektnim CDE-om, nabavljanje i implementaciju dodatnih softvera, hardvera i IT infrastrukture, stvaranje dodatnih zajedničkih resursa te educiranje tima za isporuku i regrutiranje novih članova u tim za isporuku, ukoliko je to potrebno za ostvarivanje traženih kapaciteta (International Organization for Standardization, 2019b).

U fazi ugovaranja sastavljaju se ugovorni dokumenti glavne imenovane strane i imenovanih strana unutar radnih timova. Dokumenti koji su ključni u fazi ugovaranja su BIM plan izvršenja, glavni plan isporuke informacija (*eng. Main Information Delivery Plan- MIDP*) te plan isporuke informacija radnog tima (*eng. Task Information Delivery Plan-TIDP*). Plan isporuke je plan koji svaki radni tim treba uspostaviti i održavati tijekom svog imenovanja, a uspostavlja se tijekom faze ugovaranja. Prilikom izrade plana izvršenja svaki radni tim treba razmotriti prekretnice u isporuci informacije na razini projekta, odgovornosti radnih timova, zahtjeve za informacijama glavne imenovane strane, dostupnost zajedničkih resursa unutar tima koji isporučuje, vrijeme koje je potrebno radnom timu da proizvede informacije od generiranja do prihvaćanja za dijeljenje. Plan izvršenja radnog tima u kontekstu CDE-a mora za svaki spremnik informacija definirati ime i naslov, prethodnike i ovisnosti, razinu detaljnosti informacija (*eng. Level of Information Need*), procijenjeno trajanje proizvodnje informacija, autore odgovorne za

proizvodnju informacija i prekretnice u isporuci informacija (International Organization for Standardization, 2019b).

2.2.2.3 Kolaborativna isporuka informacija i isporuka informacijskog modela

Kako bi se omogućio rad u suradničkom okruženju, informacije trebaju biti razvijene u skladu s ISO 19650-2 i 3, točnije u skladu sa točkama 5.6 i 5.7 unutar ovih standarda. Te točke pokrivaju proizvodnju, dijeljenje, autorizaciju i prihvaćanje informacija. ISO 19650-4 nadograđuje te klauzule i detaljnije definira zahtjeve za razmjenu informacija (UK BIM Framework, 2024). Proces i postupci unutar podfaza kolaborativne isporuke informacija i isporuke informacijskog modela podržani su CDE rješenjem i CDE tijekom rada a detaljnije su objašnjeni u točki 2.2.4. ovog rada.

2.2.3 ISO 19650-3 faza održavanja imovine

ISO 19650-3 standard je osmišljen kako bi omogućio strani koja imenuje (kao što je vlasnik imovine, upravitelj imovine ili vanjski pružatelj usluga upravljanja imovinom) da uspostavi svoje zahtjeve za informacijama tijekom faze korištenja imovine, a namijenjen je primarno upraviteljima objekta i imovine te timovima koji surađuju sa njima na održavanju imovine (International Organization for Standardization, 2020b). ISO 19650-3 napravljen je kao pratitelj standardu ISO 19650-2, koristi istu terminologiju i mnoge točke ova dva dokumenta su slične. Time se omogućuje lakša primjena oba standarda istovremeno tijekom cijelog životnog vijeka imovine (Kemp, 2020b). Kao i ISO 19650-2, ovaj standard se za proizvodnju i pregled informacija referira na koncepte CDE tjeka rada i CDE rješenja definiranih unutar standarda ISO 19650-1.

Budući da su ISO 19650-2 i ISO 19650-3 osmišljeni da se mogu zajedno koristiti kroz fazu isporuke imovine i u fazi održavanja unutar životnog vijeka imovine, tri četvrtine teksta je slično u formulaciji i/ili značenju unutar ova dva standarda (Kemp, 2020b). U ovom poglavlju će se uočiti sličnosti i razlike standarda ISO 19650-3 u odnosu na standard ISO 19650-2, te će se zaključiti možebitnim razlikama i sličnostima u odnosu na primjenu CDE-a (Kemp, 2020b):

1. Sličnosti:

Standardi ISO 19650-3 i ISO 19650-2 dijele sličnosti u terminologiji i definicijama, te uključuju osam faza/koraka u procesu upravljanja informacijama. Oba standarda razdvajaju aktivnosti na razini imovine/projekta i aktivnosti na razini ugovora te pokrivaju mnoge točke procesa unutar svake od osam faza u procesu upravljanja informacijama.

2. Razlike:

ISO 19650-3 se fokusira na događaje okidače tijekom životnog vijeka imovine koji zahtijevaju nove ili ažurirane informacije u informacijskom modelu imovine. Ti događaji mogu biti planirani, poput redovitog održavanja, ili neplanirani, npr. uzrokovani višom silom. ISO 19650-3 sadrži više putanja kroz proces upravljanja informacijama, prilagođenih

različitim okolnostima. Postoje putanje za predvidive događaje okidače, nepredvidive događaje, te posebna putanja za prijenos imovine drugom naručitelju. U kontrastu, ISO 19650-2 koristi jedinstveni tijek procesa upravljanja informacijama. ISO 19650-3 ima dugoročnu perspektivu, s mnogim petljama koje reflektiraju dugoročni interes vlasnika/upravitelja imovine. Svaki događaj okidač pokreće specifične aktivnosti upravljanja informacijama, a informacijski model imovine služi kao ulaz za izvođače i timove koji rade na tim događajima, pomažući im u planiranju tehničkih radova. Ovo je u suprotnosti s dijagramom tijeka u ISO 19650-2, koji prikazuje jedinstvenu reprezentaciju upravljanja informacijama od početka do kraja projekta, gdje je projektni informacijski model izlaz iz procesa. Na kraju, ISO 19650-3 prepoznaje da se EIR može koristiti za specifikiranje ugovornih zahtjeva za informacijama i u fazi održavanja, dok ISO 19650-1 predviđa AIR za ugovorne svrhe u fazi održavanja.

Iz priloženih sličnosti i razlika vidimo kako je glavna razlika procesa upravljanja informacijama u fazi održavanja, u odnosu na upravljanje informacijama u fazi isporuke imovine, u događajima okidačima koji pokreću procese kroz više mogućih putanja koji vode ka isporuci informacija dugoročno kroz životni vijek građevine.

2.2.3.1 Sličnosti i razlike u CDE-u u fazi održavanja i u fazi isporuke imovine

Kemp (2020b) navodi sličnosti u točkama procesa koje čine svaku od osam faza u procesu upravljanja informacijama između ISO 19650-2 i ISO 19650-3. Vezano uz CDE navodi se točka 5.1.9 standarda ISO 19650-3 koja navodi iste zahtjeve za CDE kao standard ISO 19650-2 u točki 5.1.7. Plan mobilizacije u kojem se razmatra testiranje CDE-a u točki 5.3.5 unutar ISO 19650-3, jednak je točki 5.3.5 u ISO 19650-2. Posljedično, identične su točke 5.5.2 u ISO 19650-2 i ISO 19650-3 koje opisuju proces mobilizacije. Prostorno koordiniranje geometrijskih modela s drugim geometrijskim modelima dijeljenima s odgovarajućom prikladnošću unutar CDE-a u procesu generiranja informacijama spominju se u točkama 5.6.2 u ISO 19650-2 i ISO 19650-3. Čitavi procesi od provjere do autorizacije generiranih informacijama unutar točaka 5.6.3, 5.6.4, 5.6.5 i 5.6.6 koji se odvijaju unutar CDE-a su isti u oba standarda. Točke 5.7.1 i 5.7.2 unutar standarda ISO 19650-3 ekvivalent su točkama 5.7.3 i 5.7.4 u standardu ISO 19650-2, a govore o procesima isporuke informacijskog modela imenovanoj strani na pregled i odobrenje te procesima pregleda i odobrenja koji se odvijaju u CDE-u.

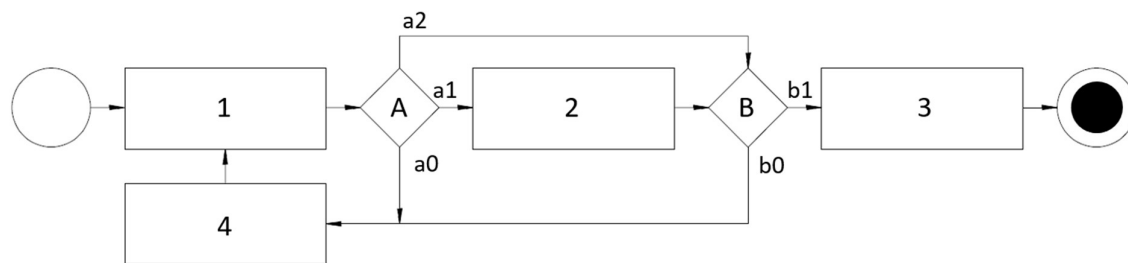
Može se zaključiti da razlike u CDE rješenjima u fazi isporuke imovine i u fazi održavanja nema. Razlika je u procesima i tijeku rada koji su karakteristični za svaku od ove dvije faze. Faza održavanja bazirana je na događajima okidačima koji definiraju tempo u procesu upravljanja informacijama dok je faza isporuke imovine fokusirana na isporuku informacijskog modela imovine.

2.2.4 ISO 19650-4 Razmjena informacija u CDE-u

ISO 19650-4 jedan je od standarda u nizu serije standarda ISO 19650-4, a daje detaljne procese i kriterije za donošenje odluka tijekom procesa razmjene informacija kako bi se osigurala kvaliteta konačnih informacijskih modela projekta i imovine, a primjenjiv je u bilo kojem procesu razmjene informacija unutar faze isporuke imovine i faze održavanja (International Organization for Standardization, 2022).

2.2.4.1 Proces upravljanja razmjenom informacija u CDE-u

Na slici 13 prikazan je proces prelaska spremnika podataka između tri područja, od područja za radove u tijeku, preko područja za dijeljenje do područja za objavljivanje. Osim toga prikazane su ključne točke za donošenje odluka (točke A i B) za prelazak spremnika podataka iz područja u područje te moguće putanje kretanja spremnika informacija ovisno o donesenoj odluci. Ovaj proces predstavlja CDE tijekom rada i podupire kolaborativnu proizvodnju informacija i isporuku informacijskog modela u fazi isporuke te proizvodnju informacija u fazi održavanja građevine.



1 područje za rad u tijeku

2 područje za dijeljenje

Odluka A:

- a0 odluka o promjeni
- a1 dozvola za prelazak u područje za dijeljenje
- a2 izostavljanje od područja za dijeljenje

3 područje za objavljivanje

4 razvijanje postupka promjene

Odluka B:

- b1 autorizacija i odobrenje za prelazak u područje za objavljivanje
- b0 odluka o promjeni

Slika 13 Proces upravljanja razmjenom informacija (Prevedeno prema: International Organization for Standardization, 2022)

2.2.4.1.1 Dionici u procesu razmjene informacija

ISO (International Organization for Standardization, 2022) definira tri strane uključene u proces razmjene informacija, a to su isporučitelj informacija (*eng. Information Provider*), primatelj informacija (*eng. Information Reciever*) i recenzent informacija (*eng. Information Reviewer*). Isporučitelj podataka proizvodi informacije u spremniku podataka, koji se zatim pregledavaju od strane recenzenta prije nego se šalju ciljanom primatelju. Slika 14 prikazuje dionike prije

odluke dijeljenja i objavljivanja spremnika informacija, prikazano je tko isporučuje informacije, tko pregledava informacije te tko prima, autorizira i prihvaća informacije u spremnicima podataka u CDE tijekom rada prije prelaska spremnika u prostor za dijeljenje ili u prostor za objavljivanje. Kriteriji za pregled su EIR i kriteriji za pregled razmjene informacija koji su definirani u ISO 19650-4.

	Odluka 'A'	Odluka 'B'
	Prije 'dijeljenja'	Prije 'objavljivanja'
Isporučuje informacije	Radni tim	Imenovana strana
Pregledava informacije	Voditelj radnog tima	Tim koji isporučuje uključujući glavnu imenovanu stranu
Prima informacije	Tim koji isporučuje	Glavna imenovana prima na autorizaciju Strana koja imenuje prima na prihvaćanje
Kriteriji za pregled	EIR i kriteriji za pregled definirani u ISO 19650-4	

Slika 14 Dionici u točkama odluke (Prevedeno prema: ISO 19650 Guidance 4: Information exchange, 2023)

Prije prelaska spremnika informacija u prostor za objavljivanje radni tim informacije kolaborativno generira u skladu sa standardima informacija, metodama i postupcima za proizvodnju informacija, koristeći referentne informacije i zajedničke resurse. Kako bi imenovana strana razumjela odgovarajuće informacije, treba razumjeti projektne definicije koje se odnose na razinu potrebnih informacija, strukturu raščlambe spremnika te pregled informacija koje proizvode druge imenovane strane/timovi, a koje utječu na njezine aktivnosti. Zatim slijedi provjera proceduralnih aspekata informacijskih spremnika od strane voditelja radnog tima kako bi se osigurala usklađenost s metodama i postupcima za proizvodnju informacija definiranim u projektu i usklađenost sa informacijskim standardom projekta. Nakon što su proceduralni aspekti informacijskog spremnika provjereni, provjerava se sadržaj informacijskog spremnika kako bi se osiguralo zadovoljavanje zahtjeva za informacijama i traženom razinom detaljnosti. Kada je informacijski model spreman za isporuku, predaje se glavnoj imenovanoj strani na pregled i odobrenje na razini tima koji isporučuje. Nakon što glavna imenovana strana odobri informacije imenovana strana ih predaje strani koja imenuje na pregled i prihvaćanje (Kemp, 2019).

Glavna imenovana strana ima proaktivnu ulogu u upravljanju napretkom informacijskog modela tima koji isporučuje. Ključna aktivnost na kraju svake faze je odobravanje informacijskog modela svakog radnog tima kako bi se osiguralo da odgovara informacijskom standardu projekta, BIM planu izvršenja i zahtjevima za razmjenu informacija dodijeljenih radnom timu. Prihvaćanje informacijskog modela omogućuje glavnoj imenovanoj strani koordinaciju informacijskog modela s informacijskim modelima drugih timova koji isporučuju. Strana koja imenuje tijekom cijelog projekta, pregledava informacijski model svakog tima za isporuku prema svojim zahtjevima za informacijama te prihvaća ili odbija informacije (Kemp, 2019).

Dakle, ako informacije zadovoljavaju navedene kriterije, dionici koji pregledavaju informacije daju dozvolu za dijeljenje spremnika podataka u područje za dijeljenje (odluka a1 na slici 13) ili davanje pregledanih informacija strani koja imenuje, na prihvaćanje za prijelaz spremnika podataka u područje za objavljivanje (odluka b1 na slici 13).

Ako informacije ne zadovoljavaju kriterije donosi se odluka o promjeni (*eng. Change Action*) u kojoj se problemi i rizici identificiraju, alociraju i vraćaju isporučitelju informacija na doradu u područje za rad u tijeku (odluke a0 i b0 na slici 13) (International Organization for Standardization, 2022).

2.2.4.1.2 Kriteriji za pregled razmjene informacija

Točke ISO 19650-4 od 7.1 do 7.6 pokrivaju šest kriterija informacija za podršku procesu pregledavanja razmjene informacija. Šest kriterija o kvaliteti razmijenjenih informacija služe maksimiziranju korisnosti informacija i time osiguranju očuvanja i razvitaka vrijednosti informacijskog modela projekta i/ili imovine. Pregled navedenih kriterija bi trebao minimizirati rizike od kontradikcija i nesuglasica (*ISO 19650 Guidance 4: Information exchange, 2023*). Kriterije koje je potrebno uzeti u obzir, a koje ISO (International Organization for Standardization, 2022) navodi su CDE, sukladnost, kontinuitet, komunikacija, dosljednost i potpunost. U fokusu svakog kriterija je (*ISO 19650 Guidance 4: Information exchange, 2023*):

1. CDE – pregledavaju se usklađenost s postavljenim konvencijama imenovanja i metapodaci zajedničkog podatkovnog okruženja.
2. Usklađenost – pregledava se spremnik podataka u odnosu na odabrane sheme razmjene i formate podataka.
3. Kontinuitet – pregledava se korespondencija spremnika podataka sa drugim spremnicima podataka, prethodnim verzijama te prijašnjim promjenama statusa, faza isporuke, prekretnicama i prethodnih faza isporuke i održavanja.
4. Komunikacija – pregledavaju degradacija ili gubitak informacija u procesu konverzije i razmjene informacija.
5. Dosljednost – pregledava se dosljednost u sastavljanju podataka (*eng. Federation*) te dosljednost prostornog smještaja te definiranja atributa.
6. Potpunost – pregledava se jesu li isporučene sve potrebne informacije te jesu li isporučene informacije adekvatne.

2.2.5 ISO 19650-5 Sigurnost informacija

Prema ISO (2020c) povećana upotreba i ovisnost o informacijskim i komunikacijskim tehnologijama u brzom razvoju informacijskog modeliranja gradnje te povećana upotreba digitalnih tehnologija u projektiranju, izgradnji, proizvodnji, upravljanju imovinom ili proizvodima, kao i pružanju usluga, dovela je do potrebe za rješavanjem pitanja ranjivosti, te stoga i sigurnosnih implikacija koje se javljaju, bilo za izgrađene okoline, imovinu, proizvode, usluge, pojedince ili zajednice, kao i bilo koje povezane informacije. Standard ISO 19650-5 daje

mjere za smanjenje rizika od gubitka, zloupotrebe ili modifikacije osjetljivih informacija koje mogu utjecati na sigurnost, sigurnost i otpornost imovine, proizvoda, izgrađene okoline ili usluga. Također daje okvir za zaštitu od gubitka, krađe ili otkrivanja poslovnih informacija, osobnih podataka i intelektualnog vlasništva. Standard opisuje radnje koje je potrebno poduzeti kako bi se proizvodnja, dijeljenje i odlaganje podataka učinili sigurnima.

Prema Piazzi (2022c) ISO 19650-5 omogućuje organizacijama tri glavne točke:

1. Smanjenje rizika od gubitka, zloupotrebe ili izmjene osjetljivih informacija.
2. Zaštitu od gubitka, krađe ili otkrivanja poslovnih informacija, osobnih podataka i intelektualnog vlasništva.
3. Povećanje sigurnosti, zaštite i otpornost imovine, proizvoda i izgrađenog okruženja.

ISO 19650-5 namijenjen je organizacijama koje su uključene u korištenje sustava i tehnologija za upravljanje informacijama tijekom cijelog životnog ciklusa imovine i organizacijama koje žele zaštititi svoje poslovne i osobne informacije te intelektualno vlasništvo.

BIM i druge metode i tehnologije digitalnog kolaborativnog rada, općenito uključuju zajedničko dijeljenje informacija u širokom rasponu organizacija ovisnih o njemu, unutar sektora gradnje. Stoga ISO (2020c) u ovom standardu potiče usvajanje pristupa temeljenog na riziku usmjerenom na sigurnost, koji se može primijeniti u svim organizacijama kao i unutar njih, a ne isključivo unutar jedne organizacije. Dakle, može se zaključiti kako je svrha ovog standarda implementacija sigurnosnog pristupa informacijama unutar kolaborativnog rada više neovisnih organizacija u BIM okruženju korištenjem CDE rješenja i CDE tijeka rada.

Prema Piazzi (2022c) detaljan proces uspostavljanja sigurnosnog pristupa informacijama kako je navedeno u ISO 19650-5, može se podijeliti u četiri faze:

1. Procjena osjetljivosti.
2. Sigurnosna strategija.
3. Plan upravljanja sigurnošću.
4. Ugovaranje.

2.2.5.1 Procjena osjetljivosti

U fazi procjene osjetljivosti pokušavamo definirati trebamo li doista primijeniti pristup usmjeren na sigurnost (*eng. Security Minded Approach*) kako bismo osigurali informacije u našem projektu. Usmjerenost na sigurnost znači razumjeti i rutinski primjenjivati odgovarajuće i razmjerne sigurnosne mjere u bilo kojoj poslovnoj situaciji u svrhu odvratanja i/ili ometanja neprijateljskih, zlonamjernih, prevarantskih i kriminalnih ponašanja ili aktivnosti (International Organization for Standardization, 2020c).

Prema Piazzi (2022b) proces procjene osjetljivosti uključuje dva glavna zadatka. Prvi zadatak je procjena sigurnosnih rizika koji se mogu primijeniti na informacije vezane uz građevinske objekte i građevinarstvo, koje su pod odgovornošću organizacije. Drugi zadatak je identifikacija organizacijske osjetljivosti, a to uključuje provjeru jesu li prikupljene informacije, ili informacije

koje će se prikupiti osjetljive ili ne, a provjeru i odluku o osjetljivosti informacija trebaju donijeti sve uključene organizacije.

Prema ISO (2020c), kako bi donijele odluku o potrebi za pristupom usmjerenim na sigurnost, organizacije mogu primijeniti proces sigurnosne trijaže (*eng. Security Triage Process*) u kojem ovisno o osjetljivosti informacija donosimo odluke koje informacije je potrebno zaštititi. Postoje 4 ishoda zaštite informacija u procesu sigurnosne trijaže ovisno o tome smatraju li se informacije osjetljivima ili ne:

1. Zaštita osjetljivih informacije u vezi s inicijativom, projektom, imovinom, proizvodom ili uslugom kao i osjetljive podatke trećih strana.
2. Zaštita osjetljivih informacije u vezi s inicijativom, projektom, imovinom, proizvodom ili uslugom.
3. Zaštita osjetljivih informacija trećih strana.
4. Zaštita svih osjetljivih komercijalnih i osobnih podataka.

2.2.5.2 Sigurnosna strategija

Ako je pristup usmjeren na sigurnost potreban, treba ga pokrenuti te razviti sigurnosnu strategiju u dokumentu pod nazivom *sigurnosna strategija*. Razvoju pristupa usmjerenog na sigurnosti treba prethoditi uspostava okvira za upravljanje, odgovornost i nadležnost. Ova faza može se smatrati nizom osnovnih zadataka koje treba provesti unutar organizacije u svrhu suglasnosti oko raspodjele napora te utvrđivanja odgovornost i nadležnosti za buduće procese. Postoje dva glavna cilja sigurnosne strategiji, a to su procijene sigurnosnih rizika (prijetnje i ranjivosti, utjecaj rizika u slučaju da informacije procure i vjerojatnost pojavljivanja rizika) koji proizlaze iz činjenice da su podaci o projektu digitalizirani i dostupniji ljudima i dogovor oko mogućih akcija za ublažavanje tih rizika. (Piazz, 2022b)

Prilikom procjene mjera ublažavanja organizacije trebaju uzeti u obzir nekoliko ključnih faktora: troškove implementacije, razinu smanjenja rizika, predviđene učinke i poslovne prednosti. (International Organization for Standardization, 2020c)

Prema Pezzi (2022b) u početku se mnoge informacije mogu smatrati osjetljivima na građevinskim projektima, ali organizacije mogu utvrditi da nije sve potrebno osigurati. Fokus sigurnosnih mjera trebao bi biti sužen na ključne osjetljive informacije.

2.2.5.3 Plan upravljanja sigurnošću

U ovoj fazi ISO 19650-5, osobe uključene u proces trebale bi dobro razumjeti sigurnosne rizike koji proizlaze iz dijeljenja informacija s drugima i osjetljivost informacija o projektu te bi također trebale dobro poznavati odgovarajuće i proporcionalne mjere za ove rizike. Nakon identificiranja rizika i odgovarajućih mjera za ublažavanje rizika, potrebno je definirati pravila i procese za implementaciju mjera ublažavanja unutar organizacija i projektnih timova. Prema pristupu usmjerenom na sigurnost, ove mjere trebale bi biti zabilježene u dokumentu pod

nazivom *plan upravljanja sigurnošću* (Piazz, 2022a). Prema ISO (2020c) organizacije trebaju razviti, održavati i implementirati plan upravljanja sigurnošću koji omogućuje implementaciju dogovorenih mjera ublažavanja definiranih u sigurnosnoj strategiji. U fazi planiranja upravljanja sigurnošću, trebamo uspostaviti akcije potrebne za osiguranje osjetljivih informacija koje će biti podijeljene s osobama unutar i izvan naših organizacija (Piazz, 2022a).

2.2.5.4 Ugovaranje

Već je zaključeno kako se unutar ISO 19650 potiče primjena pristupa temeljenog na riziku i usmjerenog na sigurnost u svim organizacijama kao i unutar njih, a ne isključivo unutar jedne organizacije. ISO (2020c) stalno razmatra kako će se zahtjevi za sigurnost informacija razvijati, implementirati i pratiti kroz više organizacija. ISO 19650-5 standard opisuje kako bi se sigurnosni zahtjevi utvrđeni u prethodnim koracima trebali komunicirati između organizacija prije ugovaranja, u fazi ugovaranja, nakon ugovaranja i na okončanju ugovorenih faza, jer svaka od tih faza ima svoje specifičnosti (Piazz, 2022a).

2.3 Struktura zajedničkog podatkovnog okruženja

Važno je definirati strukturu zajedničkog podatkovnog okruženja jer pravilna struktura CDE-a, koja je u skladu sa ISO 19650 serijom standarda, osigurava organiziranu i sigurnu pohranu podataka, olakšava pristup i upravljanje informacijama te podržava kolaborativne procese. Ovo poglavlje obrađuje strukturu zajedničkog podatkovnog okruženja. Konkretno, definiraju se komponente CDE-a, spremnici podataka koji su sastavni dio CDE tijekom rada, razmatraju se vrste podataka od kojih se sastoje informacijski modeli i objašnjena je važnost metapodataka. CDE obuhvaća tri osnovne komponente: Elektronički sustav za upravljanje dokumentima, upravljanje tijekom rada te 2D i 3D koordinacija. CDE se temelji na hijerarhiji spremnika podataka, gdje svaki spremnik predstavlja trajni skup informacija koje se mogu dohvatiti unutar sustava ili aplikacije. Radni timovi rade na razvoju informacija u svojim spremnicima, a njihovo sastavljanje tvori cjeloviti informacijski model projekta. Informacijski model sastoji se od strukturiranih i nestrukturiranih spremnika podataka. Metapodaci igraju ključnu ulogu u upravljanju ovim spremnicima, omogućujući klasifikaciju, reviziju i kontrolu korištenja informacija. To osigurava da su podaci točni, relevantni i lako dostupni svim sudionicima projekta.

2.3.1 Komponente zajedničkog podatkovnog okruženja

Vijeće građevinske industrije (*eng. Construction Industry Council - CIC*) (2022) govori kako je CDE u srži rješenje, ali stavlja važnost na CDE kao kombinaciju CDE tijekom rada i CDE rješenja, a svaki CDE je građen od tri osnovne komponente:

1. EDMS - sustav koji pruža sigurnu pohranu, pristup i upravljanje elektroničkim dokumentima.
2. Upravljanje tijekom rada - tijekom rada CDE-a podržava kolaborativnu proizvodnju, upravljanje, dijeljenje i razmjenu svih informacija tijekom faze održavanja i faze isporuke.
3. 2D i 3D koordinacija - CDE omogućuje 2D i 3D koordinaciju pružajući preglednik za prikazivanje 2D i 3D sadržaja digitalnih datoteka.

Prema Kemp (2020a) nužno je prvo uspostaviti CDE tijekom rada, a tek kasnije odabrati CDE rješenje koje podržava odabrani tijek rada. Postoje mnoge komponente CDE-a, a one koje Kemp (2020a) obrađuje su: faze informacija (faze u kojima se mogu naći spremnici informacija, objašnjeni u točki 2.2.1.2 ovoga rada), klasifikacija spremnika informacija, kontrola revizije dodjeljivanjem metapodataka i dopuštenja za korištenje informacija dodjeljivanjem metapodataka.

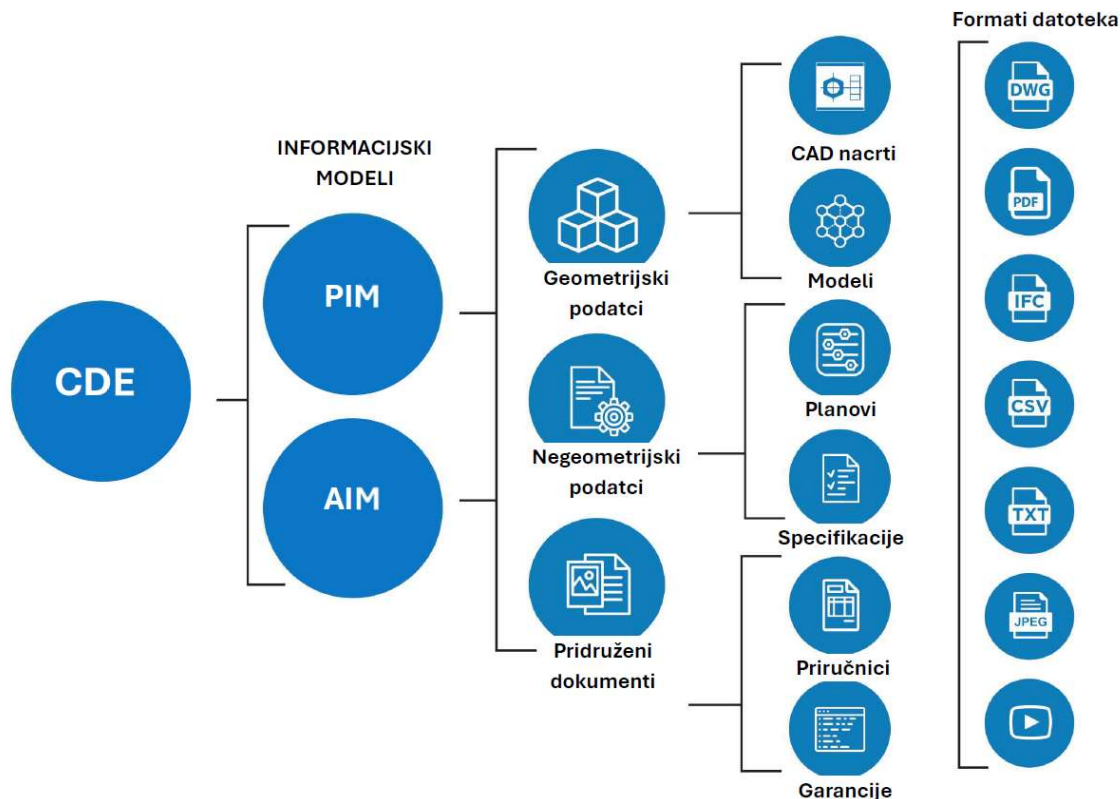
2.3.2 Spremnici podataka

Prema ISO (2019a) spremnik podataka je imenovani trajni skup informacija koje se mogu dohvatiti unutar hijerarhije pohranjenih datoteka nekog sustava ili aplikacije. Dakle, možemo zaključiti da u CDE riješenu postoji raščlanjena hijerarhija spremnika podataka, a u svakom spremniku podataka se nalazi određeni skup podataka. Svaki radni tim radi na razvoju informacija u svome spremniku podatka koji sastavljanjem tvore informacijski model (International Organization for Standardization, 2019a). Naravno ovisno o kompleksnosti i veličini projekta, na razvoju informacijskog modela mogu raditi različiti brojevi i sastavi radnih timova, a svrha sastavljanja i raščlambe spremnika podataka u projektu je pomoć u planiranju razvoja informacija uz više radnih timova. Strategija sastavljanja treba objasniti kako se informacijski model planira podijeliti na jedno ili više setova informacija, a strategija sastavljanja se razvija u u jednu ili više raščlambi spremnika informacija. (International Organization for Standardization, 2019a). Kao što je prikazano u točki 2.2.1.2 i točki 2.2.4.1 spremnici podataka prolaze kroz faze razvoja od područja za radove u tijeku do područja za objavljivanje, prateći dogovorene metode i procedure proizvodnje informacija na razini projekta, informacijski standard na razini projekta te zadovoljavajući zahtjeve za informacijama i tražene razine detaljnosti informacija na projektu. Prema Kemp (2019) metode i procedure proizvodnje informacija i informacijski standard na razini projekta predstavljaju proceduralne aspekte spremnika podataka, dok su zahtjevi za informacijama i tražena razina detaljnosti informacija na projektu vezani uz sadržaj unutar spremnika podataka, odnosno podatke koji se u njima nalaze.

2.3.3 Vrste podataka u CDE-u

Informacijski model je set strukturiranih i nestrukturiranih spremnika podataka. Strukturirani spremnici podataka sadrže geometrijske modele, nacрте i baze podataka, a nestrukturirani

spremnici sadrže dokumentaciju, video isječke i zvučne snimke (International Organization for Standardization, 2019a). Slika 15 prikazuje vrste podataka koje se pohranjuju, dijele i koordiniraju unutar CDE-a (Construction Industry Council, 2022). Dakle vrste podataka koji čine informacijski model projekta i informacijski model imovine su geometrijski podaci, negeometrijski podaci i pridruženi dokumenti.



Slika 15 Vrste podataka koje se pohranjuju, dijele i koordiniraju unutar CDE-a (Prevedeno prema: Construction Industry Council, 2022)

Također, prema Kemp (2019) može postojati mišljenje da jedinstvena tehnološka rješenja dominiraju upravljanjem informacijama u projektima, ali to nije slučaj, jer postoje brojna rješenja za različite vrste informacija. Na primjer, mogu postojati alati za upravljanje projektnim datotekama, ugovorima, alati za upravljanje e-poštom itd. Svako rješenje može imati više različitih tijekova rada, osiguravajući da su informacije pažljivo planirane, dijeljene, pohranjene, upravljane i dohvaćene te da su pravovremene, točne, potpune i dosljedne.

2.3.4 Metapodaci

Metapodaci su podaci o drugim podacima (International Organization for Standardization, 2020c). Prema ISO (2019a) svaki spremnik podataka treba imati revizijski kod u skladu sa dogovorenim standardom i statusni kod koji označava upotrebu za koju se koriste informacije unutar spremnika podataka. Nadalje ISO 19650 govori kako svaki CDE treba omogućiti svakom spremniku podataka dodjelu jedinstvenog ID-a i klasifikaciju u skladu sa okvirom definiranim u

standardu ISO 12006-2 (International Organization for Standardization, 2019b). Dakle ovi metapodaci se dodjeljuju spremnicima podataka i daju više informacija o spremnicima podataka. Metapodaci su u početku navedeni od strane autora, a zatim izmijenjeni kroz procese odobrenja i autorizacije. Korištenje spremnika informacija za bilo što drugo osim za upotrebu navedenu prema njegovom statusnom kodu je na vlastiti rizik korisnika (International Organization for Standardization, 2019a). Prema McPhersonu svrha svakog metapodatka je sljedeća:

1. Statusni kod: označava svrhu ili dopuštenu upotrebu spremnika podataka.
2. Revizija: prati verziju dijeljenih i objavljenih informacija, u skladu s dogovorenim standardom.
3. Klasifikacija: ostvaruje kategorizaciju sadržaja informacija, u skladu s dogovorenom klasifikacijskom konvencijom.

Na slici 16 prikazani su primjeri metapodataka koji se mogu dodijeliti spremniku podataka.

Naziv spremnika	Opis	Status	Revizija	Autor	Datum podnošenja	Klasifikacija spremnika
7001-BBH-ZZ-ZZ-DR-A-00301	First Floor Plan	S3	P04	Joe Blogs	12/11/2017	PM_40_30 : Design information
7001-BBH-ZZ-ZZ-DR-A-00312	West Elevation	A3	C06	Joe Blogs	12/11/2017	PM_40_30 : Design information

↑ Naziv spremnika / ID
 ↑↑↑↑↑ Dodjela dodatnih metapodataka spremniku podataka

Slika 16 Primjer opsega metapodataka koji se mogu dodijeliti u CDE rješenju (Prevedeno prema: Kemp, 2020a)

CDE kao rješenje može uključivati mogućnost upravljanja bazom podataka za upravljanje atributima metapodataka spremnika podataka, ali i mogućnost izdavanja obavijesti o ažuriranju članovima tima i održavanje revizijskog traga tijekom rukovanja informacijama (International Organization for Standardization, 2019a).

2.3.5 Upravljanje spremnicima podataka metapodacima

2.3.5.1 Klasifikacija spremnika podataka metapodacima

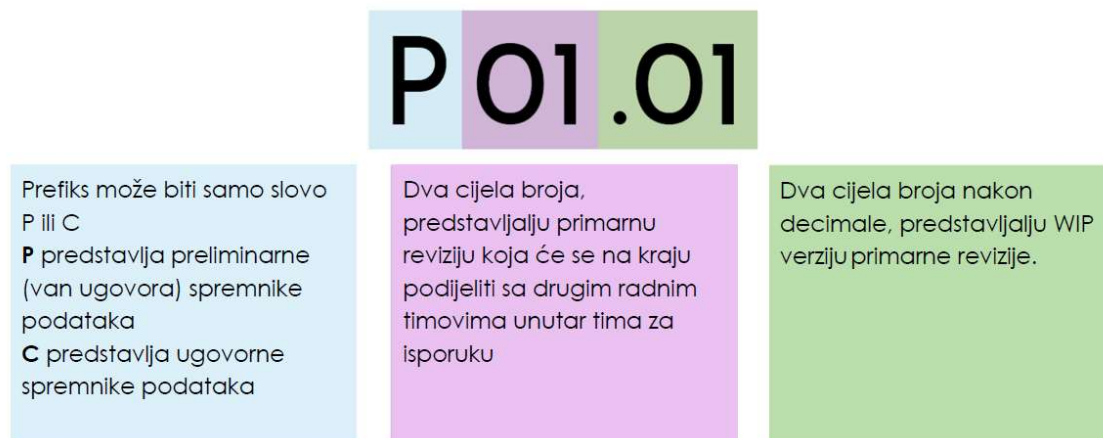
Norma ISO 19650-2 zahtijeva da se spremnicima informacija dodjeljuju klasifikacijski metapodaci u skladu s normom ISO 12006-2 (International Organization for Standardization, 2019b). ISO 12006-2 definira okvir za razvoj sistema klasifikacije građevina, daje set preporučenih klasifikacijskih tablica za niz klasa informacijskih objekata prema određenim perspektivama, na primjer prema obliku ili funkciji. ISO 12006-2 osigurava potpun i dosljedan pristup klasifikaciji objekata unutar projekta i između projekata kako bi bila moguća razmjena svih informacija tijekom trajanja projekta, između svih dionika u projektu i između svih aplikacija (International Organization for Standardization, 2020a).

Primjer jednog klasifikacijskog sustava koji se u skladu sa ISO 12006-2 je Uniclass 2015 koji sadrži više klasifikacijskih tablica koje se mogu koristiti za klasifikaciju različitih vrsta spremnika podataka. Naručitelj definira klasifikacijsku metodu u informacijskom standardu na razini projekta (ako ima specifične preferencije), a time bi se definiralo npr. koje tablice iz Uniclass 2015 se koriste za klasifikaciju spremnika podataka. Ako naručitelj nema preferencija, tada glavna imenovana stranka definira zahtjeve. Važno je osigurati da nijedan drugi metapodatak ili element jedinstvenog ID-a nije dupliciran kroz klasifikaciju. Norma ISO 19650-2 ne pruža dodatne detalje o klasifikaciji, ali je važno da se klasifikacija koristi na koristan način kako bi se naznačio sadržaj spremnika podataka, a ne vrsta spremnika podataka (Kemp, 2020a).

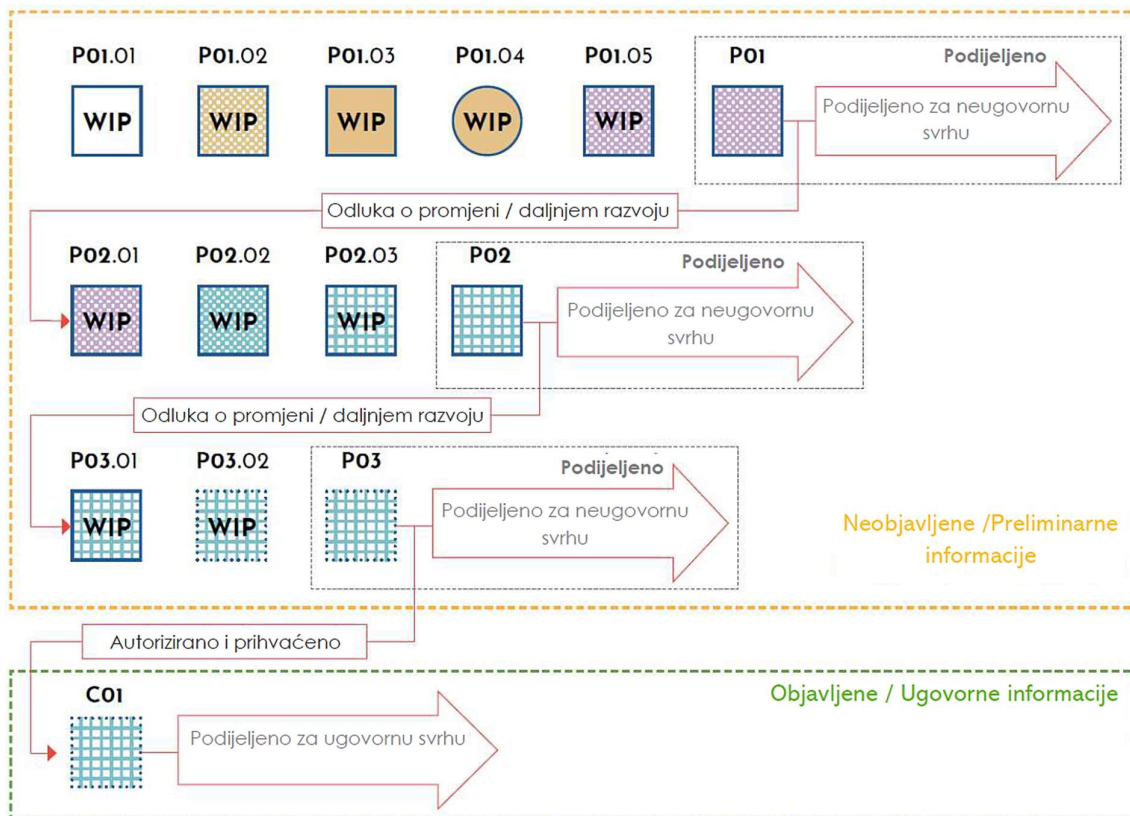
2.3.5.2 Kontrola revizije metapodacima

Kako se spremnici informacija razvijaju, važno je pratiti promjene između prethodnih i trenutnih revizija i verzija, a jednako je važno pratiti koja je revizija i verzija podijeljena s kim (Kemp, 2020a). Preporučuje se da sustav revizije spremnika informacija slijedi dogovoreni standard (International Organization for Standardization, 2019a).

Na slici 17 prikazan je primjer sustava revizije definirane aneksom britanskog standarda BS EN ISO 19650-2. Brojevi poslije decimale označavaju verziju revizije unutar područja za rad u tijeku. Slovo P označava da je revizija nema ugovornu svrhu, a prva dva cijela broja predstavljaju primarnu reviziju koja će se na kraju svog razvoja podijeliti sa drugim radnim timovima. Na slici 18 prikazano je kako se sustav revizije koristi kroz napredak spremnika podataka kroz faze u CDE tijekom rada.



Slika 17 Primjer sustava revizije definirane aneksom britanskog standarda BS EN ISO 19650-2 (Prevedeno prema: Kemp, 2020a)



Slika 18 Revizija kroz faze napretka spremnika podataka u CDE tijekom rada (Prevedeno prema: Kemp, 2020a)

2.3.5.3 Alokacija statusa korištenjem metapodataka

Statusni kod označava dopuštenu svrhu za koju se može upotrebljavati spremnik podataka. Prema Kemp (2020a) razlozi za dodjeljivanje statusnog koda su:

1. Da se primatelju jasno naznači za što se informacijska jedinica treba koristiti, a posljedično i za što se ne treba koristiti.
2. Kako bi se jasno naznačilo gdje se informacija nalazi unutar CDE tijekom rada.

Na slici 19 prikazani su statusni kodovi nacionalnog aneksa Velike Britanije unutar BS EN ISO 19650 serije standarda, kodovi su jasno podijeljeni na tri cjeline ovisno o tome gdje se nalazi spremnik podataka u CDE tijekom rada (područje za rad u tijeku, područje za dijeljenje ili područje za objavljivanje), svakom kodu je dan opis ovisno za koju svrhu se smije upotrebljavati spremnik podataka kojemu je statusni kod dodijeljen, a pridružena je i smjernica revizija za autore u svrhu alociranja statusnih kodova.

Kod	Opis	Revizija
Rad u tijeku (WIP)		
S0	Inicijalni status	Preliminarna revizija i verzija
Podijeljeno (izvan ugovora)		
S1	Prikladno za koordinaciju	Preliminarna revizija
S2	Prikladno za informiranje	Preliminarna revizija
S3	Prikladno za pregled i komentiranje	Preliminarna revizija
S4	Prikladno za odobrenje	Preliminarna revizija
S5	Ovaj kod više nije u uoptrebi*	N/A
S6	Prikladno za PIM autorizaciju	Preliminarna revizija
S7	Prikladno za AIM autorizaciju	Preliminarna revizija
Objavljeno (ugovoreno)		
A1, An, etc.	Autorizirano i prihvaćeno	Ugovorna revizija
B1, Bn, etc.	Djelomično odobrenje (sa komentarima)	Preliminarna revizija
Objavljeno (za AIM)		
CR	Dokument stvarno izvedenog stanja	Ugovorna revizija

Slika 19 Statusni kodovi definirani nacionalnim aneksom Velike Britanije (Prevedeno prema: Kemp, 2020a)

2.4 EU Digital Bulidning logbook - DBL

Građevinski sektor je nerazvijen u pogledu ukupne digitalizacije i primjene podataka u usporedbi s drugim industrijskim sektorima (Commission i ostali, 2020). Podaci vezani uz građevine, uključujući podatke o fizičkim karakteristikama građevina, informacijama o ekološkoj učinkovitosti i podacima o transakcijama nekretninama, često su oskudni, nepouzdanе kvalitete i ograničene dostupnosti. Nedostatak zajedničkog repozitorija podataka dovodi do dodatnih troškova, neučinkovitosti, gušenja inovacija, povećanog rizika i smanjenog povjerenja investitora. Odsutnost sustavnog pristupa organiziranju i upravljanju podacima, zajedno s izazovima u dijeljenju podataka, kao što su tehnološke prepreke, zajednički repozitoriji podataka, standardi i interoperabilnost, dodatno pogoršavaju problem s podacima u građevinskoj industriji. Ovakva situacija negativno utječe na troškove projekata, rokove, kvalitetu radova, raspodjelu resursa i ekološke utjecaje (Commission i ostali, 2020). U svrhu rješavanja ove problematike Europska komisija predstavlja studiju za razvoj europskog okvira za tzv. *Digital Building Logbook - DBL* u svrhu poticanja primjene ovoga koncepta u Europi koji omogućuje transparentnost podataka i povećanje dostupnosti podataka. Zajednički europski pristup koji pokriva cijeli životni ciklus i obuhvaća sve relevantne informacije o građevinama mogao bi povećati učenje i omogućiti sinergiju, interoperabilnost, dosljednost podataka i razmjenu informacija (Commission i ostali, 2020).

DBL je još u fazi razvoja, te je napravljeno istraživanje u svrhu razvoja i definiranja DBL-a. Istraživanje se temelji na temeljitom pregledu postojeće literature, konzultacijama s više od 30 stručnjaka putem polustrukturiranih intervjua, kao i kvantitativnom unosu dobivenom putem online ankete u kojoj je sudjelovalo 93 ispitanika (Commission i ostali, 2020). DBL dijeli mnoge sličnosti sa konceptom CDE-a koji je definiran unutar ISO 19650 serije standarda. Na primjer, DBL se može razvijati tijekom faza projektiranja, planiranja i izgradnje (Commission i ostali, 2020), slično kao što se PIM stvara u tim fazama tijekom CDE tijekom rada. Osim toga, DBL pretpostavlja pohranjivanje informacija tijekom faza prodaje/iznajmljivanja, korištenja i upravljanja imovinom (Commission i ostali, 2020), što je slično konceptima upravljanja podacima u CDE-u tijekom faze korištenja imovine. DBL razmatra važnost integracije sa BIM-om, što ukazuje na razinu interoperabilnosti i razmjene podataka između tih sustava (Commission i ostali, 2020). Međutim, DBL ne bi trebao replicirati ono što već postoji, već povezivati i integrirati postojeće izvore podataka pa se treba jasno razlikovati od postojećih BIM modela (European Commission, 2023).

U ovom poglavlju pružena je definicija Digital Building Logbook-a, objašnjena je struktura DBL-a, koja je sastavljena od *podataka i informacija, značajki, funkcionalnosti i prednosti te upravljanja podacima*, a na kraju poglavlja su objašnjeni ključni principi implementacije DBL-a.

2.4.1 Definicija - Digital Building logbook

DBL je zajedničko spremište za sve relevantne podatke o građevinama, a olakšava transparentnost, povjerenje, donošenje informiranih odluka i dijeljenje informacija unutar građevinskog sektora, među vlasnicima i korisnicima građevina, financijskim institucijama i javnim vlastima. DBL je dinamičan alat koji omogućava snimanje, pristup, obogaćivanje i organiziranje različitih podataka, informacija i dokumenata unutar specifičnih kategorija i predstavlja zapis o važnim događajima i promjenama tijekom životnog ciklusa građevine, kao što su promjena vlasništva, posjeda ili namjene, održavanje, obnova i druge intervencije (European Commission, 2023).

Nekoliko europskih država implementiralo je inicijative tipa DBL, a primjer su Woningpas u Flandriji (Belgija) te privatna inicijativa BASTA u Švedskoj. Razni dionici imaju koristi od korištenja DBL-a. Vlasnicima građevina može koristiti za osiguranje usklađenosti s propisima, pristup informacijama o energetske učinkovitosti i olakšavanje interakcija s tržišnim stranama za usluge kao što su financiranje, osiguranje ili ugovori o održavanju. Kreatori politika cijene podatkovne uvide koje DBL pruža za donošenje informiranih odluka i osiguranje usklađenosti s propisima. Voditelji objekata, arhitekti, inženjeri, izvođači radova i regulatorna tijela također se koriste DBL-om za pristup, ažuriranje i analizu podataka, potičući angažman dionika i suradnju u građevinskoj industriji (Commission i ostali, 2020).

2.4.2 Struktura DBL-a

Struktura DBL-a sastavljena je od *podataka i informacija, značajki, funkcionalnosti i prednosti te upravljanja podacima*. Ove su komponente ključne za prikupljanje, pohranu, organizaciju i pružanje podataka vezanih uz građevine na standardizirani način (Commission i ostali, 2020).

2.4.2.1 Podaci i informacije

Podaci i informacije su ključna komponenta, a naglašava se važnost prikupljanja i održavanja podataka i informacija sustavno i na standardiziran način unutar DBL-a, zbog nedostatka sustavnog pristupa podacima, fragmentiranosti pohrane podataka i nedostupnosti podataka drugim dionicima u lancu opskrbe (Commission i ostali, 2020). DBL osigurava da se relevantni podaci o građevini prikupljaju tijekom cijelog njenog životnog vijeka. To uključuje informacije od faze projektiranja i izgradnje do održavanja i rušenja građevine. DBL djeluje kao sveobuhvatan repozitorij podataka vezanih uz građevine, olakšavajući proaktivno planiranje održavanja, smanjujući vrijeme zastoja i podržavajući renovacije i preinake. Pomaže u praćenju aktivnosti održavanja, zamjene opreme, jamstava i pruža vrijedne uvide za buduće strategije upravljanja građevinama (Commission i ostali, 2020). DBL ne bi trebao replicirati ono što već postoji, već povezivati i integrirati postojeće izvore podataka pa se treba jasno razlikovati od postojećih BIM modela i geoprostornih informacijskih modela (GIS/GEO), koji često pružaju detaljnije informacije o građevini ili njenom okruženju (European Commission, 2023).

Nadalje Europska komisija i sur. (2020) daju slijedeće funkcionalnosti vezane uz podatke:

- 1) Sinkronizacija i usklađivanje podataka – osiguravanje da podaci prikupljeni iz različitih izvora mogu učinkovito komunicirati unutar DBL-a. Za postizanje toga potrebna su zajednička sučelja, protokoli i jezici koji omogućuju interoperabilnost, dosljednost podataka i razmjenu informacija. DBL mora rješavati izazove vezane uz raznolikost izvora podataka, tehničku interoperabilnost, povezivanje sa starijim sustavima i integraciju najsuvremenijih alata i izvora za obradu podataka.
- 2) Tipologije građevina - DBL i predložak podataka mogli bi učinkovito funkcionirati za sve vrste građevina. Ovaj pristup može pomoći u izbjegavanju fragmentacije i nepotrebne zbrke na tržištu, budući da različite vrste građevina mogu imati različite potrebe za podacima.
- 3) Vrste informacija - Vrsta informacija pohranjenih u DBL-u može se široko klasificirati u dvije kategorije: statične informacije i dinamične informacije. Statične informacije odnose se na podatke koji ostaju nepromijenjene ili s minimalnim promjenama tijekom vremena (npr. dozvole, licence, certifikati i sl.). Dinamične informacije se automatski ažuriraju redovito kako novi podaci postaju dostupni, a vrsta informacija pruža uvid u performanse građevine tijekom njenog životnog vijeka (npr. praćenje potrošnje resursa, proizvodnja obnovljive energije itd.).

- 4) Podatkovna područja – podatkovna područja nalaze se unutar 8 kategorija (administrativne informacije, opće informacije, opisi i karakteristike građevine, korištenje i održavanje građevine, performanse građevine, popis materijala, spremnost za pametne tehnologije i financije).

2.4.2.2 Značajke, funkcionalnosti i prednosti

Zajednički stav među ispitanika je fokus na infrastrukturu DBL-a; informacije bi trebale biti lako dostupne uz pomoć pametnog sučelja, trebale bi se automatski ažurirati, a struktura bi trebala biti modularna i slojevita (Commission i ostali, 2020). Ukratko, DBL bi trebao biti fleksibilan kako bi omogućio pravim akterima pristup pravim informacijama u pravo vrijeme. Dakle bitne značajke DBL-a uključuju (Commission i ostali, 2020):

1. Digitalno sučelje.
2. Interoperabilnost.
3. Sinkronizacija i usklađivanje podataka.
4. Pohrana podataka i informacija.
5. Jednostavna navigacija i vizualizacija prilagođena korisnicima.

Što se tiče funkcionalnosti DBL trebaju biti prilagođene kako bi ponudile koristi koje odgovaraju potrebama uključenih korisnika i dionika, a neke od bitnih identificiranih funkcionalnosti uključuju (Commission i ostali, 2020): digitalni repozitorij za pohranu ključnih dokumenata, jednostavan pristup relevantnim informacijama o građevini za razne korisnike i dionike, planove za rad, praćenje i održavanje, uključujući obavijesti, pregled performansi građevine, indikaciju spremnosti građevine za pametne tehnologije, integraciju BIM-a, vizualizaciju budućih energetske i troškovne uštede te troškova životnog ciklusa itd.

Naravno DBL donosi brojne benefite (Commission i ostali, 2020): poboljšani pristup informacijama, zaštita potrošača i smanjenje rizika pri kupnji nekretnine, smanjeno vrijeme za ispunjavanje administrativnih zahtjeva, povećano povjerenje i pouzdanost u podatke, preciznija procjena i ublažavanje rizika, bolje informirano donošenje odluka, uključujući aspekte energije, okoliša, financiranja i investicija, optimizirano upravljanje, korištenje i održavanje građevina, bolja optimizacija resursa itd.

2.4.2.3 Upravljanje podacima

Upravljanje podacima odnosi se na procese, organizaciju i standarde implementirane kako bi se osigurala učinkovita i djelotvorna pohrana i pristup informacijama unutar DBL-a. Iako su koristi DBL-a prepoznate, zabrinutosti oko privatnosti, povjerljivosti i kontrole podataka mogu biti ograničenja za prihvaćanje DBL-a na tržištu, kao i odgovornost za držanje, održavanje i ažuriranje osjetljivih i privatnih informacija i vlasništva nad podacima unutar DBL-a (Commission i ostali, 2020). Dakle, bitne stavke upravljanja informacijama u DBL-u su (Commission i ostali, 2020):

- 1) Vlasništvo nad podacima - vlasnik zgrade treba biti glavni vlasnik informacija, ali određene informacije mogu biti dostupne trećim stranama uz pristanak vlasnika zgrade. Pristup podacima treba biti slojevit, ovisno o različitim kategorijama dionika i svrsi pristupa podacima.
- 2) Pohrana - razmatraju se različiti pristupi, uključujući DBL kao bazu podataka koja pohranjuje sve informacije o građevinama, DBL kao digitalni pristupnik koji povezuje podatke putem jedinstvenog ID-a građevine i hibridne verzije koje kombiniraju oba pristupa.
- 3) Privatnost podataka i sigurnost - osiguravanje usklađenosti s propisima o zaštiti podataka, poput opće uredbe o zaštiti podataka (GDPR). Javne vlasti smatraju se ključnim sudionicima u osiguravanju sigurnosti podataka. Suradnja između raznih subjekata u vrijednosnom lancu građevinarstva, IT tvrtkama, javnim vlastima i javnosti nužna je za osiguranje privatnosti i sigurnosti podataka u DBL-u.

2.4.3 Ključni principi implementacije DBL-a

Ključna načela za implementaciju su: jednostavnost, *FAIR* principi, kvaliteta podataka, razina detaljnosti informacija i čuvanje podataka na izvornom mjestu (European Commission, 2023). Svih pet ključnih načela za implementaciju DBL-a prikazana su na slici 20.



Slika 20 Ključni principi implementacije DBL-a (Izvor: European Commission, 2023)

Ključni principi implementacije DBL-a predstavljaju slijedeće (European Commission, 2023):

1. Jednostavnost – označava početak zasnovan na jednostavnosti prije dodavanja kompleksnosti. To uključuje razmatranje dva kompromisa: upotrebljivost naspram sveobuhvatnosti i fleksibilnost naspram harmonizacije. Početak s jednostavnim alatom olakšava njegovu upotrebu i pristupačnost, ali može značiti izostavljanje kvalitetnijeg alata s više funkcionalnosti. Što više građevina DBL pokrije sveobuhvatniji je, ali istovremeno smanjuje fleksibilnost tržišnih aktera i zahtijeva njihovu prilagodbu, stoga je važno koristiti postupan pristup kako bi se spriječilo preveliko prilagođavanje.
2. FAIR principi – optimalizacija korištenja i ponovnog korištenja podataka konciznošću i konkretnošću podataka, a to se omogućuje pretraživim (*eng. Findable*), dostupnim (*eng. Accessible*), interoperabilnim (*eng. Interoperable*) i ponovno upotrebljivim (*eng. Reusable*) podacima. Pretraživost podataka omogućuje se shemama identifikacije i metapodacima, dostupnost podacima kontrolira se identifikacijom, autentifikacijom i autorizacijom. Interoperabilnost se omogućuje dogovorenim formatima podataka i mehanizmima

pristupa podacima, a ponovna upotrebljivost podataka omogućuje se specifikacijom podataka koji definiraju predviđeno značenje podataka.

3. Kvaliteta podataka - važnost (korisnost i pravovremenost), potpunost, dosljednost, preciznost, jednostavnost, mogućnost praćenja informacija , skalabilnost i prilagodljivost. Da bi se to osiguralo, potrebni su plan upravljanja podacima i odgovarajući sporazumi o upravljanju podacima.
4. Razina detaljnosti informacija (LOIN) – odnosi se na tri razine podataka, a to su alfanumerički skupovi podataka, geometrijski skupovi podataka i dokumenti koji sadrže nestrukturirane informacije.
5. Čuvanje podataka na izvornom mjestu – svrha je izbjegavanje dupliciranja podataka, što zahtijeva rješenje u kojem su podaci dostupni i to označava razliku između dijeljenja podataka i razmjene podataka.

3 ANALIZA STUDIJE SLUČAJA

U ovom poglavlju obrađuje se primjena zajedničkog podatkovnog okruženja. U točki 3.1. prikazana je analiza funkcionalnosti alata BIMcollab. Kroz ovu analizu, istražuju se različite komponente i mogućnosti koje BIMcollab nudi za efikasno upravljanje građevinskim projektima. Konkretnije, napravljen je primjer simulacije osnovnih funkcionalnosti alata BIMcollab Nexus, BIMcollab Zoom i BCF Managera u svrhu pružanja uvida u neke od osnovnih funkcionalnosti koje CDE alati mogu pružiti. U točki 3.2. obrađene su ključne funkcionalnosti CDE rješenja prema osnovnim svojstvima potrebnim za kolaborativni rad unutar CDE-a. CDE rješenja koja su predmet ovog rada su BIMcollab, Allplan Bimplus, Autodesk BIM 360, usBIM.platform i Trimble Connect. Izvor informacija za usporedbu funkcionalnosti alata koji su predmet ovoga rada su javno dostupne informacije dobavljača ovih alata, pri čemu niti jedan alat nije korišten osim sustava BIMcollab (bez alata BIMcollab Twin). Ključne funkcionalnosti svrstane su u kategorije: pohrana podataka, metapodaci, tijek rada, dionici, oblici komunikacije, koordinacija i interoperabilnost.

3.1 Analiza funkcionalnosti alata BIMcollab

BIMcollab je skup rješenja osmišljenih za kreiranje i dijeljenje podataka o građevinama ili infrastrukturi temeljenih na BIM-u, a potiče suradnju temeljenu na modelima koristeći platforme za BIM koordinaciju, provjeru modela, upravljanje zadacima, izračune količina, upravljanje dokumentima i upravljanje imovinom (BIMcollab, 2024a). BIMcollab predstavlja jedinstveni izvor istine za cijeli životni ciklus građevine, omogućujući stvaranje i korištenje digitalnog blizanca od projektiranja i izgradnje do održavanja i upravljanja. Dakle, BIMcollab je skup rješenja, a sastoji se od slijedeća tri rješenja BIMcollab Nexus (koordinacija), BIMcollab Zoom (provjera modela) i BIMcollab Twin (upravljanje podacima). Dakle, možemo primijetiti da se sustav BIMcollab rješenja sastoji od dva centra za upravljanje koje predstavljaju BIMcollab Twin i BIMcollab Nexus.

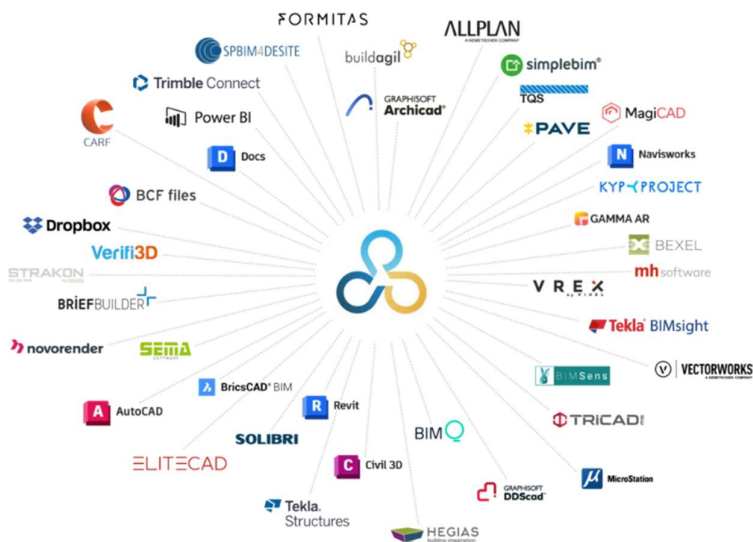
BIMcollab Nexus je centar koordiniranja rada u BIM-u upravljanjem zadacima (*eng. Issue Management*). Unutar BIMcollab Nexus platforme, korisnici mogu stvarati i uređivati zadatke (BCF), pregledavati modele, definirati projektne specifikacije (IDS) te učinkovito upravljati s više projekata (BIMcollab, 2024a).

BIMcollab Zoom nudi mogućnosti otvaranja jedne ili više IFC datoteka i oblaka točaka (*eng. Point Clouds*) i navigaciju kroz sastavljeni model. Moguće je pregledavati IFC svojstava i provoditi ručne i automatizirane provjere kvalitete, preuzeti IFC podatke i količine iz modela i stvarati zadatke (BIMcollab, 2024a).

BIMcollab Twin je sustav za upravljanje dokumentima usmjeren na model, koji služi za pohranu, upravljanje i dijeljenje podataka o građevinama i infrastrukturi, a predstavlja jedinstveni izvor istine za svaku fazu projekta. Sve informacije mogu se povezati s objektima u 3D modelu za jasan uvid u napredak projekta i kvalitetu podataka. BIMcollab Twin omogućuje slijedeće module:

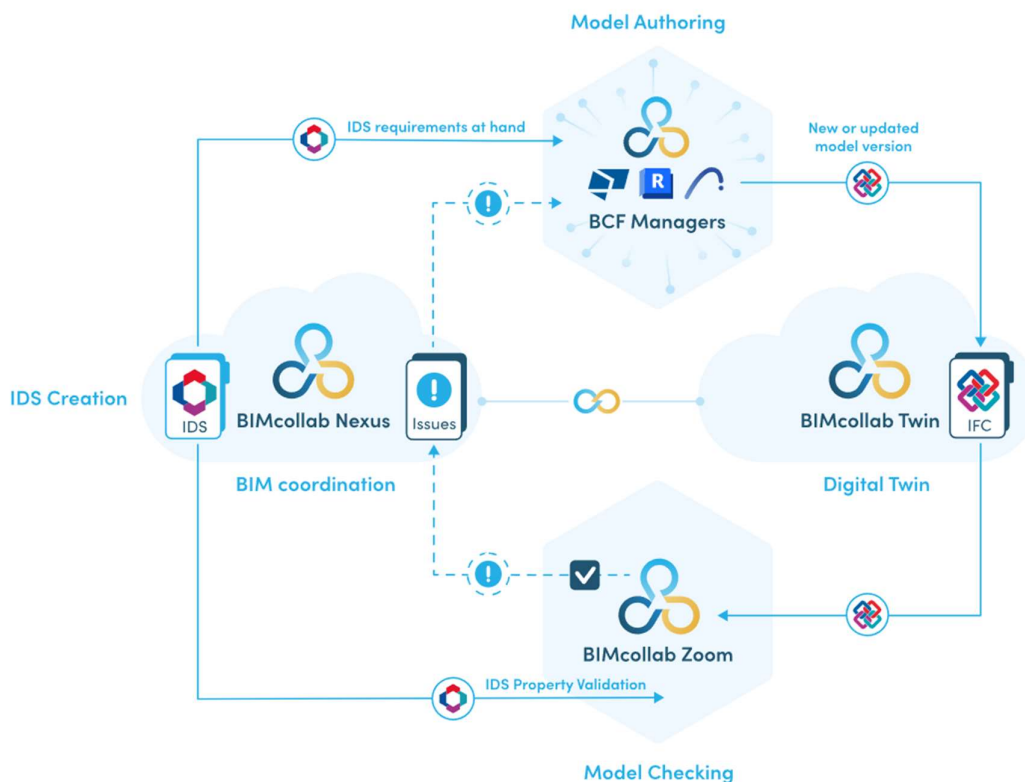
1. *My projects*: svaki korisnik ima pregled svih računa i projekata kojima ima pristup.
2. *Dashboard*: nadzorna ploča pruža sažetak svih najnovijih informacija za odabranu lokaciju, projekt ili fazu.
3. *Documents*: različite datoteke mogu se klasificirati i učitati u ovom modulu.
4. *To do's*: ovaj modul pruža pregled različitih komunikacijskih stavki koje se mogu kreirati u BIMcollab Twin.
5. *Realization*: modul realizacije koristi se za pregled i odobravanje/odbijanje dokumenata.

Međutim, osim spomenuta tri rješenja, BIMcollab omogućuje integraciju sa ostalim softverima koristeći standardizirane API-jeve kao što su BCF-API i CDE-API organizacije BuildingSMART, a na slici 21 su prikazani softveri koje je moguće integrirati sa BIMcollab sustavom pomoću BCF Manager softverskog dodatka. BCF Manager alati su softverski dodatci za druge BIM kao što su Navisworks i sl., a omogućuju kreiranje, uređivanje, filtriranje, komentiranje i pregled zadataka u BIM modelima direktno u alatima treće strane alatima, npr. u alatima za modeliranje, i mogu se podijeliti sa korisnicima na platformi BIMcollab Nexus (BIMcollab, 2024a).



Slika 21 Integracija BIMcollab rješenja sa ostalim softverima (Izvor: BIMcollab, 2024a)

Na slici 22 prikazan je skup BIMcollab rješenja i povezanost između njih uz korištenje standarda kao što su BCF, IFC i IDS. BIMcollab Twin je centar za pohranu podataka, modeli se proizvode u vanjskim alatima za modeliranje ali su povezani sa BIMcollab sustavom preko BCF Managera. U BIMcollab Zoom-u se vrši provjera modela, zadatci su centralizirani u BIMcollab Nexusu u kojem se vrši koordinacija između korisnika.



Slika 22 Skup BIMcollab rješenja (Izvor: BIMcollab, 2024a)

U svrhu analize funkcionalnosti BIMcollab alata, napravljen je primjer simulacije osnovnih funkcionalnosti alata BIMcollab Nexus, BIMcollab Zoom i BCF Managera. Rad započinje u alatu BIMcollab Nexus u kojem se uspostavlja projekt. Projekt uspostavlja voditelj projekta što uključuje kreiranje projekta, dodavanje parametara za upravljanje zadacima i uspostava tima. Na slici 23 prikazano je unošenje osnovnih podataka o projektu kao što su ID, naziv, opis projekta i trajanje u BIMcollab Nexus rješenju unutar kartice general.

BIMcollab project

General Team members Milestones Areas Labels Types Priorities Groups Custom

Project information

Project ID: 0082062464 Project name: BIMcollab projekt

Description: Projekt stambene zgrade

Start date: 04-06-2024

End date: 27-07-2024

Department: Not set

Active (project can be accessed and edited)

Don't allow administrators to access project

Workflow

Project owner: Filip Ivančić

Mandatory fields: Select Some Options

Issue can be closed by: Everybody

Only allow to assign issues to members of the team member's usergroup(s)

Use approval workflow Use custom list field 1 Use custom text field 1

Allow visibility for issue creators Use custom list field 2 Use custom text field 2

Cancel Save

Slika 23 Definiranje podataka o projektu

Na slici 31 prikazana je mogućnost dodjeljivanja uloga članovima tima i prava koja imaju unutar BIMcollab Nexus okruženja. Ovi podaci su bitni za kreiranje i upravljanje zadacima u BIMcollab sustavu. Članovima tima moguće je dodijeliti uloge u timu, grupu kojoj pripadaju i i domenu kojoj pripadaju.

Dashboard Issues Model Lists Checking Reports Settings

BIMcollab project Integration My settings

General Team members Milestones Areas Labels Types Priorities Groups Custom Show removed team members +

First name	Last name	Email	Company	Last login	Team role	Group(s)	Assignable	Issues
Korisnik	1	filipivancic07@gmail.com	filip.bimcollab.com	25-06-2024	Editor	Tim za modeliranje modela ...	<input type="checkbox"/>	0
Korisnik	2	filipivancic08@gmail.com	filip.bimcollab.com	25-06-2024	Project leader	Tim za modeliranje modela ...	<input type="checkbox"/>	0
Filip	Ivančić	filip.ivancic1999@gmail.com	filip.bimcollab.com	26-06-2024	Project leader	Voditelji timova	<input type="checkbox"/>	0

Slika 24 Definiranje timova

U kartici *Milestones* mogu se definirati prekretnice, što su svojevrsne faze sa datumima početka i završetka što je prikazano na slici 25.

BIMcollab project Integration My settings

General Team members **Milestones** Areas Labels Types Priorities Groups Custom Show removed milestones +

Name	Start date	Completion date	Creator	Assignable	Issues
01. Faza projektiranja	02-07-2024	11-07-2024	Filip Ivančić	<input type="checkbox"/>	2
02. Faza izvođenja	12-07-2024	19-07-2024	Filip Ivančić	<input type="checkbox"/>	0
03. Faza održavanja	20-07-2024	26-07-2024	Filip Ivančić	<input type="checkbox"/>	0

Slika 25 Definiranje prekretnica

Iduća kartica je kartica *Areas* u kojoj su definirana karakteristična područja koja pomažu u kategoriziranju zadatke prema lokaciji (npr. razine modela: temelji, prizemlje i 1. kat) što je prikazano na slici 26.

BIMcollab project Integration My settings

General Team members Milestones **Areas** Labels Types Priorities Groups Custom Show removed areas +

Name	Area owner	Creator	Issues
1. kat		Filip Ivančić	0
Prizemlje		Filip Ivančić	0
Temelji		Filip Ivančić	0

Slika 26 Definiranje područja modela

Na slici 27 prikazana je kartica *Labels* u kojoj se mogu koristiti za označavanje različitih struka i drugih stvari.

BIMcollab project Integration My settings

General Team members Milestones Areas **Labels** Types Priorities Groups Custom Show removed labels +

Label name	Issues
Arhitektura	0
Elektrika	0
Konstrukcija	0
Specifikacije	0
Strojarstvo	0
Tehnologija	0

Slika 27 Definiranje oznaka

Na slici 28 prikazana je kartica *Types* u kojoj se definiraju tipovi problema koji su predmet nekog zadatka, mogu bit npr. greška, napomena, problem, sudar, upit i slično.

BIMcollab project Integration My settings

General Team members Milestones Areas Labels **Types** Priorities Groups Custom Show removed types +

Type name	Issues	Default	
Greška	0	<input type="checkbox"/>	
Napomena	0	<input type="checkbox"/>	
Problem	0	<input checked="" type="checkbox"/>	
Sudar	0	<input type="checkbox"/>	
Upit	0	<input type="checkbox"/>	
Zahijev	0	<input type="checkbox"/>	

Slika 28 Definiranje tipova zadatka

Na slici 29 prikazana je kartica *Priorities* u kojoj je moguće definirati stupnjeve prioriteta koje se mogu dodijeliti svakom zadatku.

BIMcollab project Integration My settings

General Team members Milestones Areas Labels **Types** **Priorities** Groups Custom

Nr	Priority name	Issues
1	Kritični prioritet	0
2	Glavni prioritet	0
3	Normalni prioritet (zadano) (default)	0
4	Manji prioritet	0
5	Na čekanju	0

Slika 29 Definiranje prioriteta

U kartici *Groups*, koja je prikazana na slici 30, definiraju se grupe timova, i to je još jedan podatak koji se može dodijeliti svakom zadatku.

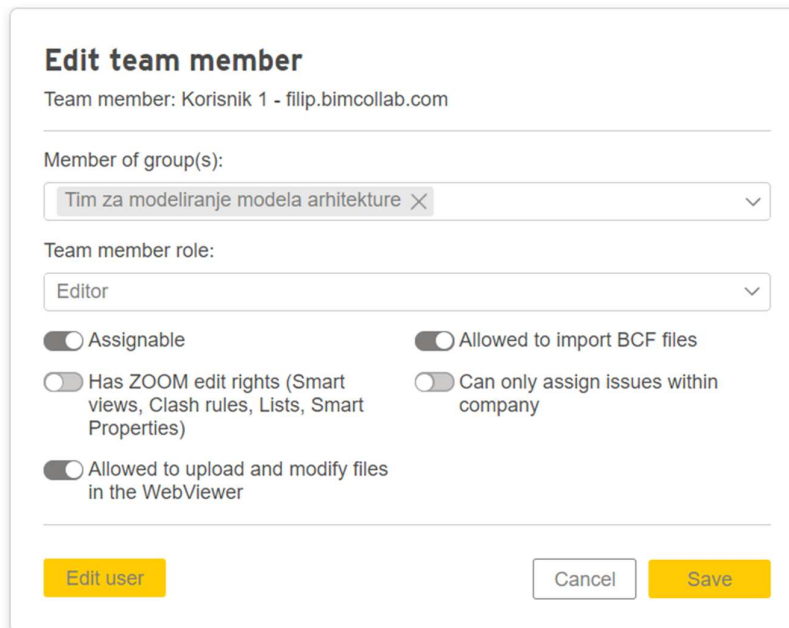
BIMcollab project Integration My settings

General Team members Milestones Areas Labels **Types** **Priorities** **Groups** Custom Show removed groups +

Group name	Issues	
Tim za modeliranje modela arhitekture	0	
Tim za modeliranje modela elektrotehnike	0	
Tim za modeliranje modela konstrukcije	0	
Tim za modeliranje modela strojarstva	0	
Voditelji timova	0	

Slika 30 Definiranje grupa

Na slici 31 prikazana je mogućnost dodjeljivanja uloga članovima tima i prava koja imaju unutar BIMcollab Nexus okruženja. Svakog člana tima moguće je svrstati u prethodno definirane grupe, te im dodijeliti uloge u timu koje mogu biti redom *Project leader*, *Editor*, *Reviewer*, *Viewer*. Svakoj uloga ima određena prava korištenja BIMcollab alata, a to su mogućnost primanja zadatka, prava uređivanja u BIMcollab Zoom alatu, pravo na uvoz datoteka u 3D preglednik unutar alata, uvoz BCF datoteka i pravo na dodjeljivanje zadataka.



Edit team member

Team member: Korisnik 1 - filip.bimcollab.com

Member of group(s):

Tim za modeliranje modela arhitekture X

Team member role:

Editor

Assignable Allowed to import BCF files

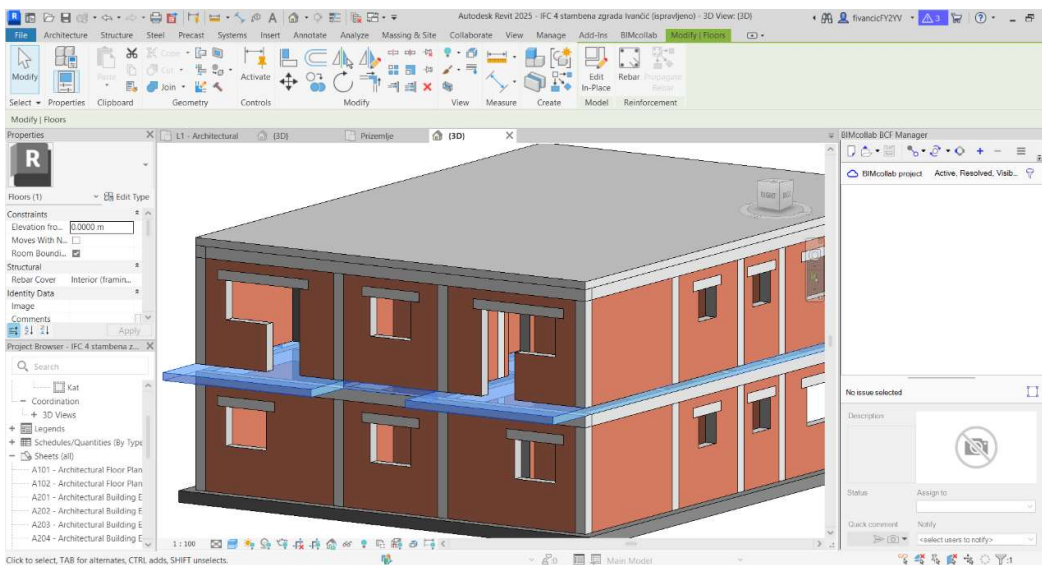
Has ZOOM edit rights (Smart views, Clash rules, Lists, Smart Properties) Can only assign issues within company

Allowed to upload and modify files in the WebViewer

Edit user Cancel Save

Slika 31 Dodavanje uloge članovima tima

BIMcollab omogućuje integraciju sa ostalim BIM i CDE alatima dostupnima na tržištu. Slika 32 prikazuje primjer integracije BIMcollab softverskog dodatka sa BIM alatom za modeliranje Revit. Ono što ovaj softverski dodatak omogućuje je kreiranje i dobivanje obavijesti o zadacima koje je potrebno riješiti. Zadatci koji se kreiraju i imenuju na rješavanje su kritični dio kolaboracije u CDE rješenjima i predstavljaju svojevrzne zadatke koje je potrebno komunicirati i riješiti u svrhu isporuke traženog modela.



Slika 32 BIMcollab dodatak unutar Autodesk Revit softvera

Na slici 33 prikazan je prozor u kojemu se definira zadatak softverskim dodatkom. U ovom primjeru BIM tehničar ima nedoumicu oko modeliranja elementa. Prilikom kreiranja tog zadatka moguće je dodati naslov zadatka, opis i komentar onoga što je zadatak. Osim toga zadatku je potrebno dodijeliti atribut koje je voditelj projekta definirao prilikom uspostavljanja projekta (slike 25 do 30). Također potrebno je označiti kojem članu tima će zadatak biti upućen. Zadatak je poslan korisniku 2 koji je dionik kreiranog projekta i kojemu je dodijeljena određenu uloga u projektu npr. uloga voditelja tima za arhitekturu.

Add issue

Title:

Description:

Assigned to:

Milestone:

Type:

Area:

Deadline:

Priority:

Label(s):

Custom 1:

Custom 2:

Visible for:

Approval:

Comment:

Notify:

Components in viewpoint:

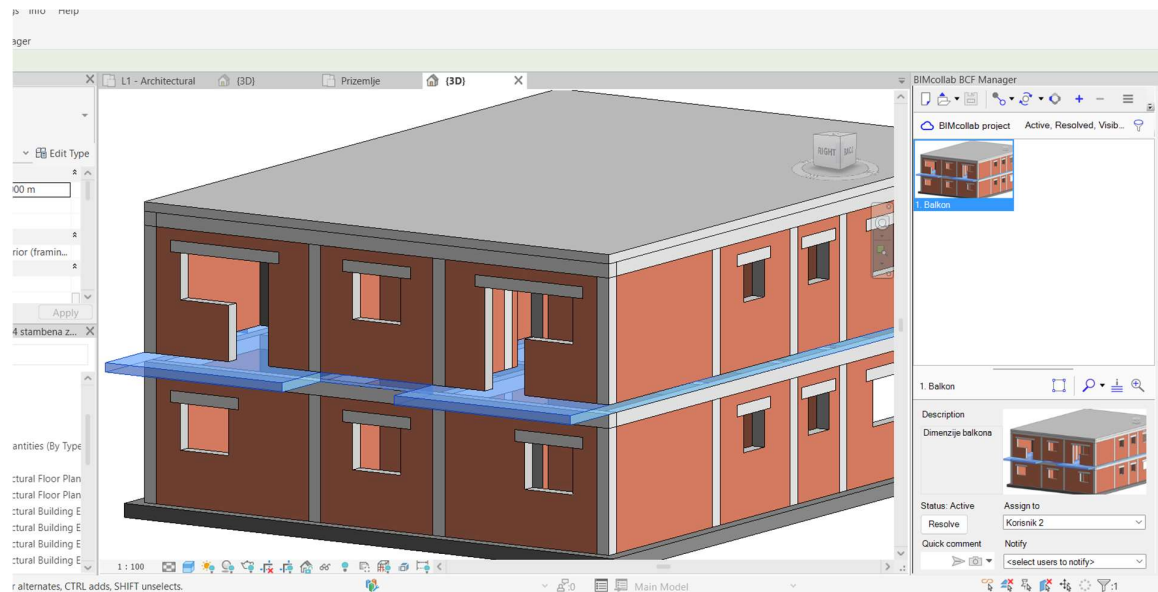
Save selection as selected components

Help Status: Active

Mandatory fields Save Cancel

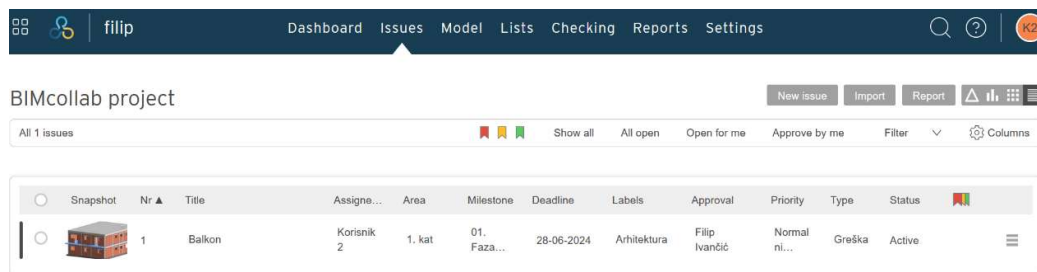
Slika 33 Kreiranje zadatka

Na slici 34 prikazan je kreirani zadatak koji je spremljen u BCF softverskom dodatku za Revit i spreman za slanje u BIMcollab Nexus rješenje za koordinaciju.



Slika 34 Spremanje i dijeljenje zadatka

Neposredno nakon slanja zadatka, korisniku 2 dolazi obavijest na njegovo sučelje unutar alata BIMcollab Nexus (slika 35).



Slika 35 Obavijest o zadatku korisniku 2 na platformi BIMcollab Nexus

Korisnik 2, zadatak može otvoriti i pročitati, što je prikazano na slici 36.

BIMcollab project

1. Balkon Active

Description: Dimenzije balkona	Assigned to: Korisnik 2	Area: 1. kat
Label(s): Arhitektura	Milestone: 01. Faza projektiranja	Deadline: 28-06-2024
Custom 1: -	Type: Greška	Priority: Normalni prioritet (zadano)
Custom 3: -	Custom 2: -	
	Custom 4: -	

Visibility: Tim za modeliranje modela arhitekture
Approval: Filip Ivančić

Comments and latest activities

K1 Created by Korisnik 1 26-06-2024 13:12
Title set to 'Balkon'. Visibility set to 'Tim za modeliranje modela arhitekture'. Type set to 'Greška'. Assigned to 'Korisnik 2'. Area set to '1. kat'. Milestone set to '01. Faza projektiranja'. Deadline set to '28-06-2024'. Label set to 'Arhitektura'. Approval set to 'Filip Ivančić'. Description set to 'Dimenzije balkona'.

Jeli potrebno povećati dimenzije ovoga balkona?

Slika 36 Učitavanje zadatka u BIMcollab Nexusu

Klikom na zadatak, korisnik 2 može na zadatak odgovoriti svojim komentárom, što je prikazano na slici 37.

BIMcollab project

1. Balkon Resolved

Description: Dimenzije balkona	Assigned to: Korisnik 2	Area: 1. kat
Label(s): Arhitektura	Milestone: 01. Faza projektiranja	Deadline: 28-06-2024
Custom 1: -	Type: Greška	Priority: Normalni prioritet (zadano)
Custom 3: -	Custom 2: -	
	Custom 4: -	

Visibility: Tim za modeliranje modela arhitekture
Approval: Filip Ivančić

Comments and latest activities

Comment: Potrebno je dva balkona spojiti u jedan kontinuirani balkon.

Notify: Select users to notify

Cancel Save

K1 Created by Korisnik 1 26-06-2024 13:12
Title set to 'Balkon'. Visibility set to 'Tim za modeliranje modela arhitekture'. Type set to 'Greška'. Assigned to 'Korisnik 2'. Area set to '1. kat'. Milestone set to '01. Faza projektiranja'. Deadline set to '28-06-2024'. Label set to 'Arhitektura'. Approval set to 'Filip Ivančić'. Description set to 'Dimenzije balkona'.

Slika 37 Odgovor na zadatak

Slika 38 prikazuje obavijest o odgovoru korisnika 2 koja dolazi korisniku 1 na platformu BIMcollab Nexus, u kojoj dobiva povratnu informaciju na upit u zadatku.

BIMcollab project

1. Balkon Resolved

Description: Dimenzije balkona
Label(s): Arhitektura
Custom 1: -
Custom 3: -

Assigned to: Korisnik 2
Milestone: 01. Faza projektiranja
Type: Greška
Custom 2: -
Custom 4: -

Area: 1. kat
Deadline: 28-06-2024
Priority: Normalni prioritet (zadano)

Visibility: Tim za modeliranje modela arhitekture
Approval: Filip Ivančić

Comments and latest activities

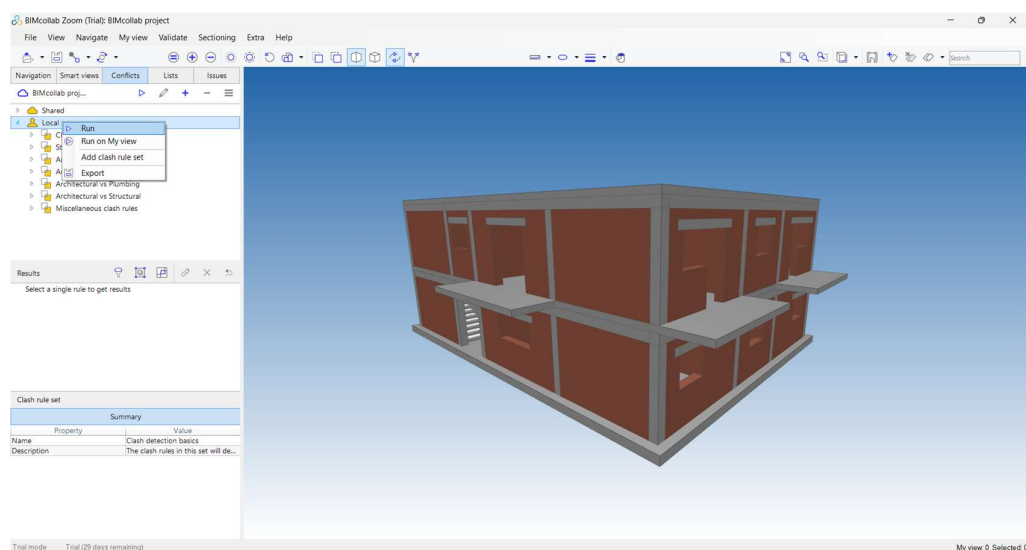
K2 Resolved by Korisnik 2 26-06-2024 13:20
Potrebno je dva balkona spojiti u jedan kontinuirani balkon.

K1 Created by Korisnik 1 26-06-2024 13:12
Title set to 'Balkon'. Visibility set to 'Tim za modeliranje modela arhitekture'. Type set to 'Greška'. Assigned to 'Korisnik 2'. Area set to '1. kat'. Milestone set to '01. Faza projektiranja'. Deadline set to '28-06-2024'. Label set to 'Arhitektura'. Approval set to 'Filip Ivančić'. Description set to 'Dimenzije balkona'.
Jeli potrebno povećati dimenzije ovoga balkona?

Get Started

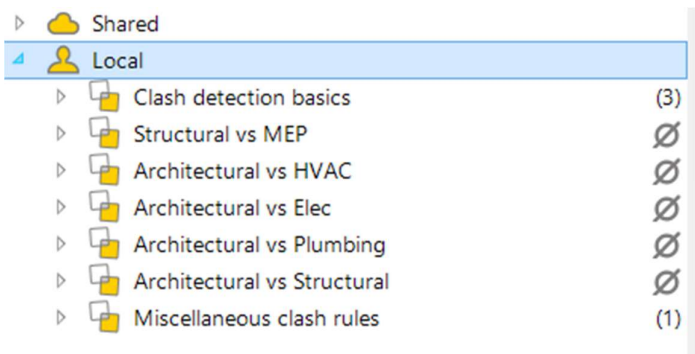
Slika 38 Obavijest korisniku 1 o odgovoru

BIMcollab Zoom omogućuje BIM koordinaciju. Funkcionalnosti koje BIMcollab Zoom omogućuje su kreiranje sastavljenih modela sastavljanjem modela različitih struka, kreiranje zahtjeva i provjeru zahtjeva na modelu, kreiranje i provjere sudara između modela u sastavljenom modelu i kreiranje zadataka. Na slici 39 prikazano je pokretanje sudara na razini jednog CDE modela unutar BIMcollab Zoom softvera.



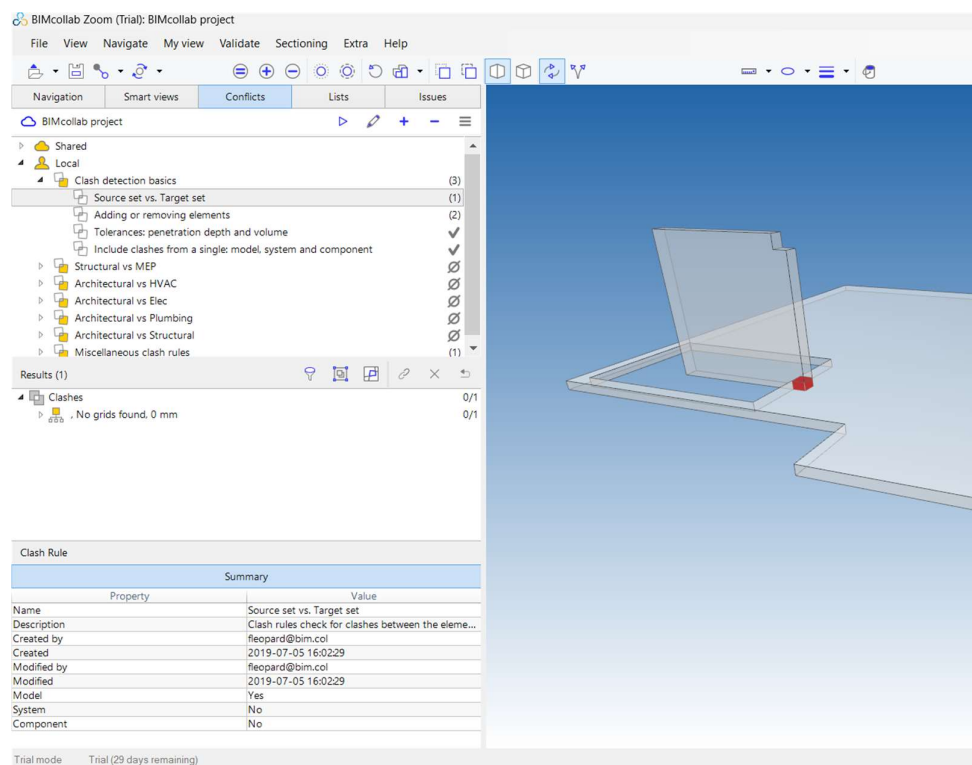
Slika 39 Pokretanje detekcije sudara

Na slici 40 prikazani su rezultati detekcije sudara, a detektirana su sveukupno 4 sudara na modelu.



Slika 40 Rezultati detekcije sudara

Klikom miša na hijerarhiju sudara, softver prikazuje izolirani sudar, što je prikazano na slici 41.



Slika 41 Izolacija detektiranog sudara

Naravno, kako bi detekcija sudara bila moguća potrebno je definirati pravila na temelju kojih se sudari nalaze. Na slici 42 prikazano je pravilo za detekciju sudara za izolirani sudar sa slike 41. Ovim pravilom definirano je pravilo detektiranja svakog preklapanja zidova i gredi, stupova i ploča, a detektirani sudar sa slike 41 prikazuje preklapanje središnjeg nosača stubišta i stropne ploče prizemlja.

Edit clash rule

Name Source set vs. Target set

Source set

Element Type	Property	Operator	Value	Action
Wall	None			Add

Target set

Element Type	Property	Operator	Value	Action
Beam	None			Add
Column	None			Add
Slab	None			Add

Type

Clash

Duplicate

Tolerances:

Clash box size 0.0 mm

Shortest side

Longest side

Clash box volume 0.000000000 m³

Include clashes from a single:

Model

System

Component

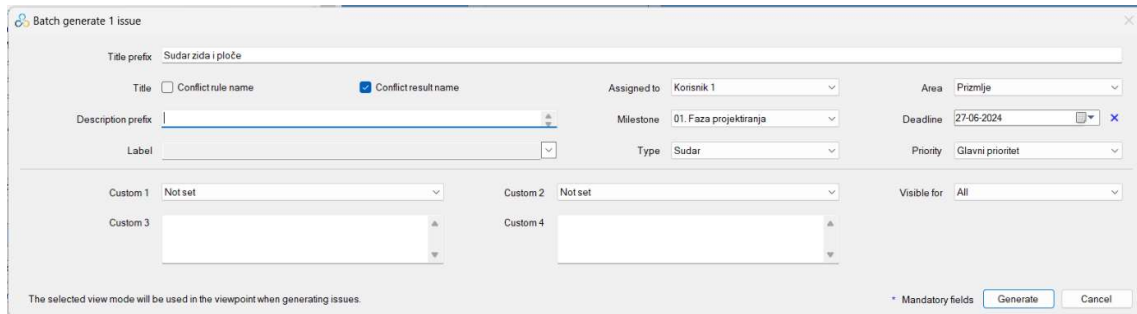
Description

Clash rules check for clashes between the elements added in the source set, against the elements added in the target set. For instance, this clash rule checks for clashes between Walls (as source) and Beam, Columns and Slabs (as target).

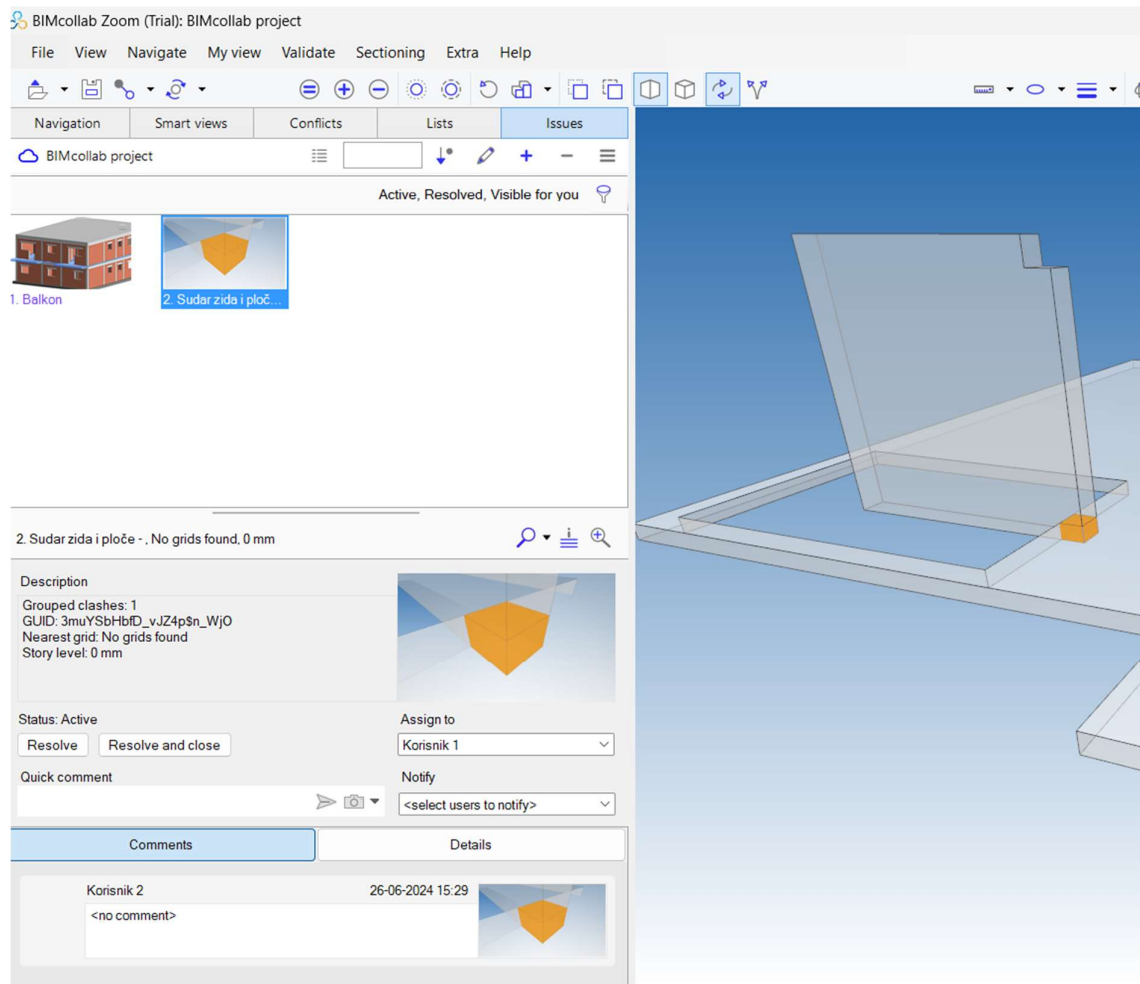
Save Cancel

Slika 42 Pravilo za detekciju sudara

Naravno, moguće je generirati zadatak i uputiti ga nekom od članova tima (slike 43 i 44). U ovom primjeru detekcija sudara i zadatka su generirani od strane korisnika 2 i dodijeljeni korisniku 1



Slika 43 Generiranje zadatka



Slika 44 Spremanje i dijeljenje zadatka

Korisnik 1 je obaviješten na platformi BIMcollab Nexus o generiranom zadatku (slika 45).

The screenshot displays the BIMcollab Nexus user interface. At the top, the navigation bar includes 'Dashboard', 'Issues', 'Model', 'Lists', 'Checking', 'Reports', and 'Settings'. The user 'filip' is logged in. The main content area shows a project titled 'BIMcollab project' with an active issue: '2. Sudar zida i ploče - , No grids found, 0 mm'. The issue details include: Description: 'Grouped clashes: 1', GUID: '3muYSbHbID_vjZ4pšn_WjO', Nearest grid: 'No grids found', Story level: '0 mm', Assigned to: 'Korisnik 1', Milestone: '01. Faza projektiranja', Type: 'Sudar', Area: 'Prizmlje', Deadline: '27-06-2024', Priority: 'Glavni prioritet'. A summary bar indicates '1 Clash reported, 0 resolved' and 'Last updated 26-06-2024'. Below the issue, a comment from 'K2' is visible, dated '26-06-2024 15:29', with a 'Get Started' button.

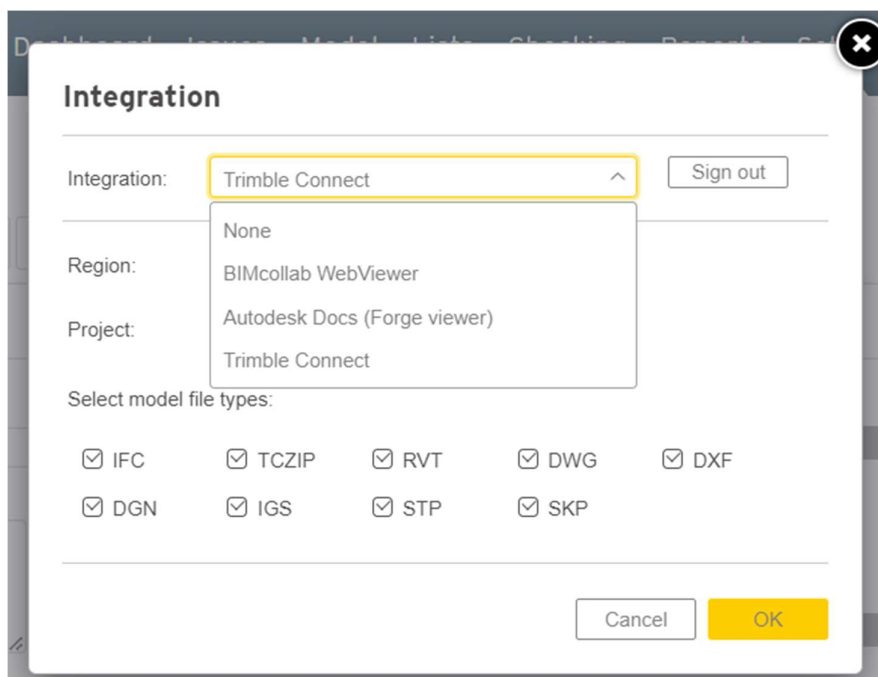
Slika 45 Obavijest o sudaru kojeg je potrebno riješiti

Platforma BIMcollab Nexus također omogućuje pregled modela, a za to je moguća integracija sa drugim rješenjima. Na slici 47 prikazan je zadani preglednik unutar platforme gdje se mogu pregledavati postojeći zadatci ili se mogu kreirati novi zadatci koje je moguće komunicirati ostalim sudionicima.

The screenshot shows the BIMcollab Nexus interface with a 3D model viewer. The navigation bar is the same as in Slika 45. The main area displays a 3D model of a building structure. On the right side, there is a 'Navigation' panel with 'Models' and 'Objects' tabs, showing a tree view with 'IFC 4 stambena zgrada Ivančić'. Below it is a 'Properties' panel with the text 'Select an object to see properties'. The bottom of the viewer has a toolbar with various icons for navigation and manipulation.

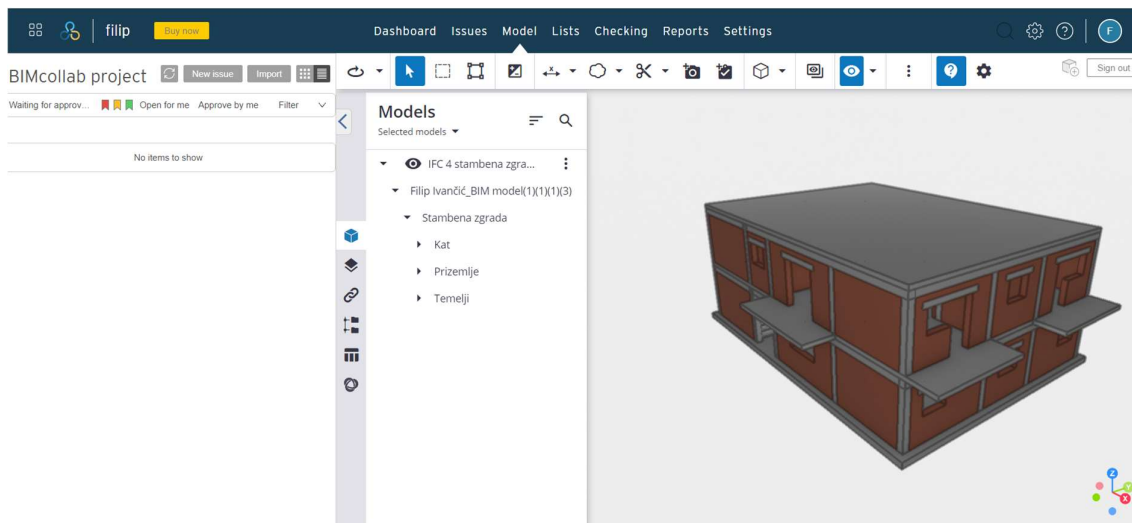
Slika 46 Zadani preglednik unutar BIMcollab Nexus platforme

Također, moguća je integracija sa drugim rješenjima, a na slici 47 prikazana je mogućnost promjene preglednika 3D modela u alatu BIMcollab Nexus. Moguća je integracija sa alatom Autodesk Docs ili alatom Trimble Connect.



Slika 47 Promjena preglednika 3D modela

Na slici 48 prikazan je Trimble Connect preglednik preko kojeg je moguće otvarati modele pohranjene u Trimble Connect platformi.



Slika 48 Integracija Trimble Connect preglednika u BIMcollab Nexus platformi

3.2 Pregled funkcionalnosti odabranih CDE alata

U sklopu ove točke istražuju se ključne funkcionalnosti CDE rješenja prema osnovnim svojstvima potrebnim za kolaborativni rad unutar CDE-a. CDE rješenja koja su predmet ovog rada su BIMcollab, Allplan Bimplus, Autodesk BIM 360, usBIM.platform i Trimble Connect. Izvor informacija za usporedbu funkcionalnosti alata koji su predmet ovoga rada su javno dostupne informacije dobavljača ovih alata, pri čemu niti jedan alat nije korišten osim sustava BIMcollab (bez alata BIMcollab Twin). Istraženo je koje mogućnosti nudi pojedini alat, a kategorije funkcionalnosti koje će se istražiti su:

1. Pohrana podataka - mogućnost pohrane podataka unutar CDE-a i u kojim formatima (geometrijski i/ili negeometrijski).
2. Metapodaci - mogućnost dodjele metapodataka spremnicima informacija (ID/naziv, revizija, status i klasifikacija).
3. Tijek rada – mogućnost definiranja tijeka rada unutar CDE-a kojim se mogu kontrolirati procesi provjere i odobrenja.
4. Dionici - mogućnost dodjele uloga, odgovornosti i kontrole pristupa korisnicima unutar rješenja.
5. Oblici komunikacije - oblici komunikacije koji se koriste unutar rješenja između dionika.
6. Koordinacija - mogućnosti sastavljanja modela i detekcije sudara, te rješenje koje CDE alat koristi za vizualizaciju i koordinaciju.
7. Interoperabilnost - mogućnosti interoperabilnosti CDE alata sa drugim rješenjima. Razmatra se koji softveri istog dobavljača se mogu koristiti zajedno sa promatranim CDE-om i mogućnost interoperabilnosti promatranog CDE rješenja sa alatima trećih strana otvorenih standarda.

3.2.1 BIMcollab

Načini na koje BIMcollab ispunjava kategorije funkcionalnosti koji su predmet ovoga rada su sljedeći:

1. **Pohrana podataka:** Što se tiče formata koje je moguće pohraniti, jedino rješenje unutar ovog sustava koje daje mogućnost pohrane podataka je BIMcollab Twin koji nudi pohranu podataka i vezanje podataka uz objekte modela kojeg je moguće pregledavati unutar modela WebViewer. U javno dostupnim informacijama od dobavljača nije navedeno koji sve formati su podržani u BIMcollab Twin rješenju, ali navedeni su neki formati: pdf, IFC, DWG, XLS te JPG, PNG i BMP format.
2. **Metapodaci:** Dokumentima je moguće dodjeljivati metapodatke kao što su naziv, verzija, datum verzije, opis verzije, autor, status i slično.
3. **Tijek rada:** BIMcollab Twin daje mogućnost kreiranja tijeka rada u kojem je moguće automatizirati CDE tijek rada.

4. **Dionici:** Moguće je dodjeljivanje uloge i dopuštenja korisnicima unutar rješenja na sličan način kao što je to objašnjeno u točki 3.1 za BIMcollab Nexus.
5. **Oblici komunikacije:** Komunikacija unutar sustava je moguća i provodi se na principu koji je objašnjen za BIMcollab Nexus, a moguće je korisnicima unutar rješenja postaviti pitanje, dodijeliti zadatak, ostaviti napomenu te priložiti dokumente.
6. **Koordinacija:** Koordinacija, vizualizacija i interoperabilnost je također objašnjena u točki 3.1. WebViewer omogućuje pregledavanje IFC modela i kreiranje zadatka koji se temelje na BCF formatu. Moguće je sastavljanje modela i detekcija sudara.
7. **Interoperabilnost:** BIMcollab rješenja omogućuju interoperabilnost sa drugim rješenjima. Na primjer, BIMcollab Nexus omogućuje integraciju sa sljedećim rješenjima: Autodesk Docs, Trimble Connect, Power BI i Solibri. BIMcollab Twin omogućuje integraciju sa rješenjima: Power BI connector, Beecot Augmented Reality, KYP Project, AutoCAD plug in (beta), BriefBuilder, Ed Controls i Vastware. Osim toga, BIMcollab pruža i svoj BCF Manager alat za upravljanje zadacima, ali u svojim rješenjima dopušta i brojne druge alate za upravljanje BCF-om.

3.2.2 Allplan Bimplus

CDE rješenje Bimplus tvrtke Allplan je otvorena BIM platforma namijenjena za suradnju i razmjenu podataka između svih disciplina uključenih u projekt gradnje. Koristeći cloud tehnologiju, podržava cijeli životni ciklus projekta, od projektiranja i izgradnje do faze korištenja, omogućujući povezivanje dionika, koordinaciju aktivnosti i kontrolu projektnih informacija. Funkcije koje omogućuje Bimplus je upravljanje projektima, koordinacija, upravljanje informacijama, upravljanje promjenama i kolaboracija (Allplan, 2024). Načini na koje Allplan Bimplus ispunjava kategorije funkcionalnosti koji su predmet ovoga rada su sljedeći:

1. **Pohrana podataka:** Allplan Bimplus podržava pohranu mnogih formata. Neki od navedenih formata su BCF1, BCF2, IFC2x3 (Uvoz), IFC4 (Uvoz i izvoz), Sketchup (uvoz). Moguć je i direktna povezanost sa Allplan softverom za modeliranje (uvoz i izvoz). Mogući je uvoz i drugih formata kao što je PDF, DOCX, XLS, formati slika (npr. JPG) i slično.
2. **Metapodaci:** Svakom dokumentu moguće je dodijeliti naziv, opis, status, automatiziranu reviziju, a moguće je praćenje povijesti podataka, vlasnika dokumenta, korisnika koji je napravio izmjenu i slično.
3. **Tijek rada:** Bimplus obećava ISO 19650 tijekom rada što omogućuje dijeljenje rada drugim dionicima i praćenje podataka vremena dijeljenja, ali nije jasno omogućuje li ISO 19650 tijekom rada u potpunosti, te nisu dostupne informacije o kreiranju tijeka rada unutar rješenja.
4. **Dionici:** Dioncima unutar Bimplus rješenja moguće je dodijeliti uloge kao što su pregledatelj projekta (pregledavanje modela, dokumenata i zadataka; preuzimanje dokumenata), uređivač projekta (ista prava kao i preglednik projekta, plus: učitavanje

modela i dokumenata; kreiranje, uređivanje i brisanje zadataka; uređivanje svojstava projekta; provjera sukoba) i administrator projekta (ista prava kao i uređivač projekta, plus: preuzimanje i brisanje modela; brisanje dokumenata; pozivanje i uklanjanje članova; dodjeljivanje uloga; dodjeljivanje predložka svojstava). Korisnike je moguće raspodijeliti u grupe.

5. **Oblici komunikacije:** Komunikacija na BIMplus platformi vrši se preko modula Issue Manager kojim se mogu kreirati zadatci. Zadatcima se mogu dodijeliti metapodaci kao što su prioritet, status, rok i slično te dodijeliti osobi koja će biti odgovorna za rješavanje problema. Svaki kreirani problem automatski stiže email odgovorne osobe. Zadatke je moguće izvesti u obliku excel tablica ili u BCF formatu.
6. **Koordinacija:** Za otkrivanje sudara, moguće je skeniranje objekata Bimplus projekta koji je trenutno učitani u BIM Exploreru, provjeravajući preklapajuće objekte. Pomoću tolerancije preklapanja moguće je definirati vrijednost kojom se dva objekta mogu preklapati. Čim se ta vrijednost prekorači, izračun sukoba identificira sukob. BIM explorer je preglednik modela na kojem su moguće ovakve funkcije.
7. **Interoperabilnost:** Bimplus je usko vezan uz Allplan preko BIMexplorer modula, ali moguće je uvoženje IFC modela, Sketchup formata i Revita koristeći Revit Add-in.

3.2.3 Autodesk BIM 360

Autodesk BIM 360 je platforma za upravljanje građevinskim projektima temeljena na oblaku koja poboljšava isporuku projekata i rezultate. BIM 360 podržava donošenje informiranih odluka kroz cijeli životni ciklus projekta za timove zadužene za upravljanje projektom, projektiranje i izvođenje. BIM 360 povezuje timove i podatke u stvarnom vremenu, omogućujući članovima projekta da predviđaju, optimiziraju i upravljaju svim aspektima performansi projekta, a BIM 360 obuhvaća niz proizvoda: BIM 360 Docs, BIM 360 Build, BIM 360 Design, BIM 360 Coordinate, BIM 360 Layout, BIM 360 Plan, BIM 360 Ops (Autodesk, 2024).

Načini na koje Autodesk BIM 360 ispunjava kategorije funkcionalnosti koji su predmet ovoga rada su sljedeći:

1. **Pohrana podataka:** BIM 360 daje detaljan uvid u formate datoteka koji se mogu učitati u modul za upravljanje dokumentima koji je centar pohrane podataka u BIM 360 sustavu. Popis formata je velik, većinom je riječ o formatima Autodesk softvera, a neki od navedenih formata su: .3dm, .doc, .dwg, .ifc, .jpg, .mp4, .rvt itd.
2. **Metapodaci:** BIM 360 omogućuje dodjelu metapodataka kao što ID, statusni kodovi i revizija u skladu sa ISO 19650 i klasifikacija u modulu Document Management, a BIM 360 prati i povijest verzija.
3. **Tijek rada:** Administrator projekta može definirati tokove rada, što omogućuje tijek rada kakav se traži u ISO 19650. Moguće je definirati korake odobrenja u nekoliko stupnjeva za

prelazak iz jedne mape u drugu pri čemu se može definirati koje osobe su inicijatori, a tko pregledava i odobrava informacije. Definirani tijekom rada očituje se u modulu Document Management.

4. **Dionici:** U modulu Project Admin administrator unutar platforme može dodavati korisnike i dodavati uloge i dopuštenja i prava korisnicima za pristup modulu Document Management u kojem su pohranjeni podaci.
5. **Oblici komunikacije:** Iz zadataka je moguće izvesti BCFformat, ali ne dopušta uvoz BCF formata. Korisnicima obavijesti dolaze pune maila. Administratori projekata mogu postaviti učestalost e-mail obavijesti članovima ili omogućiti članovima da sami postavke svoje postavke obavijesti putem e-maila.
6. **Koordinacija:** Unutar BIM 360 Docs modula moguće je pregledavati dokumente te kreirati zadatke koji se mogu dodjeljivati korisnicima. Unutar BIM 360 platforme dostupan je i preglednik modela unutar modula Model Coordination u kojem je također moguće kreirati zadatke vezane uz model. Modul Model Coordinator daje mogućnost detekcije sudara između modela svih disciplina. Dopuštenja i uloge korisnicima za kreiranje, pregledavanje i uređivanje zadataka definira administrator.
7. **Interoperabilnost:** BIM 360 omogućuje integraciju sa drugim rješenjima trećih strana kao što su: SmartBid, ProjectReady Central, StructionSite, Egnyte, STACK Estimating, HyperCast, Pype, Cloudsfer itd.

3.2.4 usBIM.platform

usBIM Platforma za BIM kolaboraciju je alat koji omogućuje planiranje, projektiranje, izvođenje i upravljanje koristeći BIM metodologiju. usBIM platforma radi na temelju repozitorija utemeljenim na oblaku za pohranu projektnih podataka u jedinstvenom zajedničkom okruženju, čineći ih dostupnima u bilo koje vrijeme i s bilo kojeg mjesta (ACCA, 2024). Pomoću ovog alata arhitekti, inženjeri, izvođači radova i vlasnici mogu (ACCA, 2024):

1. Pregledavati i upravljati online datotekama u mnogim formatima (IFC, DWG, DXF, PDF, OBJ, SKP, 3DS, RVT, itd.) koje se nalaze u CDE-u, čak i bez posjedovanja BIM softvera za modeliranje.
2. Upravljati korisnicima i njihovim dozvolama za pristup podacima projekta.
3. Pratiti procese pregleda/odobrenja i poduzetih radnji radi osiguranja kvalitete u BIM procesima.
4. Ispravno upravljati informacijama u svakoj fazi životnog ciklusa građevinskog projekta;
5. Učinkovito surađivati na građevinskim projektima.
6. Imati jedno sigurno okruženje za dijeljenje podataka koje je dostupno svakom članu projektnog tima.

Načini na koje alat usBIM.platform ispunjava kategorije funkcionalnosti koji su predmet ovoga rada su sljedeći:

1. **Pohrana podataka:** IFC, DWG, DXF, PDF, OBJ, SKP, 3DS, RVT, itd.
2. **Metapodaci:** Zahvaljujući postupcima prijave koji su potrebni za pristup informacijama i usBIM.platform rješenju, omogućeno je praćenje radnji koje provode različiti stručnjaci i osigurati dokaz povijesnog slijeda revizija i promjena napravljenih na zajedničkim podacima. Nisu dostupne informacije o mogućnosti dodjele statusa i klasifikacije unutar rješenja.
3. **Tijek rada:** Što se tiče tijeka rada, rješenje omogućuje organiziranje projektnih zadataka i procesa te definiranje tijekova rada vizualno uz napredne značajke upravljanja zadacima (automatska upozorenja, obavijesti putem e-pošte, nadzorne ploče projektnih zadataka itd.).
4. **Dionici:** Moguće je dodjeljivanje uloga, odgovornosti i razine pristupa (samo za čitanje, uređivanje, potpuna kontrola i preuzimanje) informacijama dijeljenim u CDE-u. Ovo osigurava da prave osobe imaju pristup pravim informacijama i štiti zajedničke informacijske resurse.
5. **Oblici komunikacije:** Dostupna je mogućnost komuniciranja porukama unutar rješenja. Također, usBIM nudi posebna rješenja usBIM.chat i usBIM.meet kojima je moguće komunicirati porukama i preko video poziva.
6. **Koordinacija:** UsBIM.browser je ugrađeno rješenje unutar usBIM.platform rješenja koje omogućuje pregled dokumenata i modela te sastavljanje modela i kreiranje zadataka koji se mogu dodijeliti dionicima unutar platforme. Unutar usBIM.platform rješenja nema mogućnosti detekcije sudara u sastavljenim modelima, ali usBIM daje posebno rješenje usBIM.clash u kojem je moguć pregled, sastavljanje modela te detekcija sudara, kreiranje zadataka i izvoz BCF formata.
7. **Interoperabilnost:** Što se tiče interoperabilnosti sa drugim aplikacijama, spominje se stvaranja API veze pomoću tipke *Applications* čime je omogućeno povezivanje dokumenta s drugim proizvodima ili uslugama unutar usBIM.browser rješenja.

3.2.5 Trimble Connect

Trimble Connect je platforma za suradnju u oblaku za upotrebu u građevinskoj industriji, a omogućuje jednostavno dijeljenje informacija poput modela, crteža i dokumenata: pregledavanje, recenziranje, korištenje informacija u svrhu referenciranja te arhiviranje uz mogućnost povijesti revizija. Omogućuje jednostavni pristup modelima i podacima koje su stvorili drugi dionici. Trimble Connect uključuje tri jednostavna korisnička sučelja na pregledniku, radnoj površini i mobilnim uređajima, i na iOS-u i na Androidu (Trimble, 2024). Načini na koje alat Trimble Connect ispunjava kategorije funkcionalnosti koji su predmet ovoga rada su sljedeći:

1. **Pohrana podataka:** Moguće je prenijeti i preuzeti i 2D datoteke i 3D modele u Trimble Connect rješenju. 2D datoteke mogu biti fotografije, tekstualne datoteke, Excel tablice, dokumenti ili druge slične datoteke

2. **Metapodaci:** Trimble Connect prema zadanim postavkama ne daje mogućnost dodjeljivanja metapodataka, ali administrator može unutar rješenja napraviti prilagođene šablone za dodavanje metapodataka, što omogućuje dodavanje polja koja odgovaraju ISO 19650 standardu, a Trimble Connect prati i povijest verzija.
3. **Tijek rada:** Nema mogućnosti definiranja tijeka rada unutar Trimble Connect rješenja.
4. **Dionici:** Što se tiče korisnika i timova unutar Trimble Connect rješenja, ovisno o postavkama projekta, korisnici mogu pozvati druge da surađuju na projektima. Korisnik ima pristup svim mapama i datotekama projekta osim ako mu pristup nije ograničen od strane administratora. U tom slučaju korisnici će mogu obavljati neke upravljačke operacije nad podacima koje stvore unutar projekta, poput brisanja pregleda, zadataka, ili povlačenja pristupa podacima koje su dijelili s određenim korisnikom - ali neće moći obnoviti sadržaj izbrisanih datoteka ili mapa (čak i ako su sami izvršili operaciju brisanja). Korisnici će imati ograničen pristup podacima koje su stvorili drugi korisnici, osim ako im ti podaci nisu izričito podijeljeni ili dodijeljeni.
5. **Oblici komunikacije:** Komunikaciju u softveru se odvija pomoću komentiranja, lista, zadataka i slično koje si dionici mogu dodjeljivati i za što im dolaze obavijesti unutar rješenja, a obavijesti se odvijaju i kroz email.
6. **Koordinacija:** 3D Viewer unutar Trimble Connect platforme omogućuje pregled, sastavljanje modela i detekciju sudara, te kreiranje zadataka ili tema koje se temelje na BCF formatu.
7. **Interoperabilnost:** Trimble Connect omogućuje open API kojim je omogućena integracija sa unutarnjim rješenjima i rješenjima trećih strana. Neka od navedenih unutarnjih rješenja koja su interoperabilna sa Trimble Connect rješenjem su: SketchUp, ProjectSight, Tekla Structures & Tekla PowerFab, Trimble Sysque, Stabicad, Trimble Nova, Quadri, Field Points, TerraFlex.

4 REZULTATI

Rezultati istraživanja ključnih funkcionalnosti CDE rješenja BIMcollab, Allplan Bimplus, Autodesk BIM 360, usBIM.platform i Trimble Connect sažeti su u tablicama 1-5. Što se tiče pohrane podataka svaki od promatranih alata omogućuje pohranu i geometrijskih podataka kao što je IFC te negeometrijskih formata kao što je PDF, DOC i slično. Metapodaci koji se zahtijevaju u seriji standarda ISO 19650 (ID/naziv, revizija, status i klasifikacija) prisutni su u svakom od ovih alata. Međutim, informacije od dobavljača rješenja usBIM.platform ne daje informaciju o mogućnosti dodjele statusa i klasifikacije spremnicima informacija. Rješenja BIMcollab, BIM 360 i usBIM.platform daju mogućnost definiranja CDE tijekom rada. Svako od navedenih rješenja daje mogućnost dodjela uloga korisnicima unutar rješenja, te ograničenja u skladu sa ulogom. Komunikacija unutar platformi uglavnom se odvija preko zadataka što je komunikacija temeljena na BCF-u, te automatskih email poruka. Izuzetak je alat usBIM.platform, koji omogućuje korištenje posebnih rješenja usBIM.chat i usBIM.meet kojima je moguće komunicirati porukama i preko video poziva. Svako rješenje ima funkcije sastavljanja modela i detekciju kolizija u različitim preglednicima modela, ali svima je zajednička funkcija kreiranja zadataka temeljenih na BCF standardu. Sva rješenja omogućuju integracije sa drugim alatima koji mogu biti od istog dobavljača ili od treće strane. Iako sva rješenja dopuštaju otvoreni API, prema informacijama koje pružaju dobavljači ovih softvera čini se da alati BIMcollab i BIM360 nude najviše integracija sa drugim alatima u usporedbi sa preostalim alatima ove analize.

Tablica 1 Funkcionalnosti alata BIMcollab

		BIMcollab
Dobavljač		KUBUS
Pohrana podataka		Geometrijski, negeometrijski
Metapodaci	ID/naziv	✓
	Revizija	✓
	Status	✓
	Klasifikacija	✓
Tijek rada		✓
Dionici	Dodjela uloga	✓
	Kontrola pristupa	✓
Oblici komunikacije		Komunikacija unutar BIM collab sustava, email, bcf
Koordinacija	Sastavljanje modela	✓
	Detekcija sudara/kolizije	✓
	Rješenje za vizualizaciju i koordinaciju	Bimcollab WebViewer, Autodesk Docs, Trimble Connect
Interoperabilnost	Unutarnja rješenja	BIMcollab Zoom, BIMcollab Nexus, BIMcollab Twin, BIMcollab BCF Manager
	Treća strana	Autodesk Docs, Trimble Connect, Power BI, Solibri, Beecot Augmented Reality, KYP Project, AutoCAD plug in (beta), BriefBuilder, Ed Controls i Vastware

Tablica 2 Funkcionalnosti alata Allplan Bimplus

		Allplan Bimplus
		Allplan GmbH
	Dobavljač	
Pohrana podataka		Geometrijski, negeometrijski
Metapodaci	ID/naziv	✓
	Revizija	✓
	Status	✓
	Klasifikacija	✓
Tijek rada		
Dionici	Dodjela uloga	✓
	Kontrola pristupa	✓
Oblici komunikacije		Komunikacija unutar BIM plus platforme, email, bcf
Koordinacija	Sastavljanje modela	✓
	Detekcija sudara/kolizije	✓
	Rješenje za vizualizaciju i koordinaciju	BIM Explorer
Interoperabilnost	Unutarnja rješenja	Allplan
	Treća strana	Sketchup, Revit

Tablica 3 Funkcionalnosti alata BIM 360

		BIM 360
Dobavljač		Autodesk Inc.
Pohrana podataka		Geometrijski, negeometrijski
Metapodaci	ID/naziv	✓
	Revizija	✓
	Status	✓
	Klasifikacija	✓
Tijek rada		✓
Dionici	Dodjela uloga	✓
	Kontrola pristupa	✓
Oblici komunikacije		Komunikacija unutar BIM 360, email, bcf (samo izvoz)
Koordinacija	Sastavljanje modela	✓
	Detekcija sudara/kolizije	✓
	Rješenje za vizualizaciju i koordinaciju	Model Coordination
Interoperabilnost	Unutarnja rješenja	BIM 360 Docs, BIM 360 Build, BIM 360 Design, BIM 360 Coordinate, BIM 360 Layout, BIM 360 Plan, BIM 360 Ops
	Treća strana	SmartBid, ProjectReady Central, StructionSite, Egnyte, STACK Estimating, HyperCast, Pype, Cloudsfer itd.

Tablica 4 Funkcionalnosti alata usBIM.platform

		usBIM.platform
		ACCA Software
Pohrana podataka		Geometrijski, negeometrijski
Metapodaci	ID/naziv	✓
	Revizija	✓
	Status	
	Klasifikacija	
Tijek rada		✓
Dionici	Dodjela uloga	✓
	Kontrola pristupa	✓
Oblici komunikacije		Poruke unutar usBIM.platform, usBIM.chat , usBIM.meet , bcf
Koordinacija	Sastavljanje modela	✓
	Detekcija sudara/kolizije	✓
	Rješenje za vizualizaciju i koordinaciju	usBIM.browser (preglednik), usBIM.clash (pregled i detekcija sudara)
Interoperabilnost	Unutarnja rješenja	usBIM, usBIM.clash, usBIM.checker, usBIM.editor i ostala usBIM rješenja
	Treća strana	✓

Tablica 5 Funkcionalnosti alata Trimble Connect

		Trimble Connect
		Dobavljač
		Trimble Inc.
Pohrana podataka		Geometrijski, negeometrijski
Metapodaci	ID/naziv	✓
	Revizija	✓
	Status	✓
	Klasifikacija	✓
Tijek rada		
Dionici	Dodjela uloga	✓
	Kontrola pristupa	✓
Oblici komunikacije		Komunikacija unutar Trimble Connect, email
Koordinacija	Sastavljanje modela	✓
	Detekcija sudara/kolizije	✓
	Rješenje za vizualizaciju i koordinaciju	Trimble Connect
Interoperabilnost	Unutarnja rješenja	SketchUp, ProjectSight, Tekla Structures & Tekla PowerFab, Trimble Sysque, Stabicad, Trimble Nova, Quadri, Field Points, TerraFlex,
	Treća strana	✓

5 ZAKLJUČAK

Ovaj diplomski rad istražuje primjenu zajedničkog podatkovnog okruženja na građevinskim projektima, pružajući detaljnu analizu njegovih teorijskih i metodoloških osnova. Uvidom u pregled literature, postoje mnogi izazovi u primjeni CDE-a i stanje primjene CDE alata na tržištu ukazuje da CDE još uvijek nije ostvaren u potpunosti kako je definiran u ISO 19650 seriji standarda.

Problemi koji se javljaju, kao što je nedostatak vještina, neprikladno korištenje CDE-a, niska razina sigurnosti i nedostatak sljedivosti, stavljaju naglasak na potrebnim društveno-ekonomskim i tehnološkim mjerama za rješenje ili ublažavanje ovih problema kao što su standardizacija i upotreba blockchain tehnologije.

Važna je uloga buildingSMART inicijative u razvoju otvorenih standarda kao što su IFC, BCF, IDS i bSDD u održavanju interoperabilnosti između mnoštva BIM alata dostupnih na tržištu. ISO 19650 serija standarda predstavlja temelj za definiranje CDE rješenja i CDE tijekom rada, a ključna je struktura CDE-a bazirana na spremnicima informacija koji prelaze kroz faze razvoja. Europska unija također prepoznaje važnost i potrebu za digitalizacijom i definira Digital Building Logbook koji dijeli puno sličnosti sa CDE-om, što ukazuje na važnost koncepta kao što je CDE na europskoj i nacionalnoj razini.

CDE alati dostupni na tržištu razlikuju se u mnogim aspektima po strukturi, funkcionalnostima koje nude i faza za koju su namijenjeni što ukazuje na potrebu klasifikacije CDE alata. Struktura CDE-a sastoji se od tri komponente, a to su sustavi za elektroničko upravljanje dokumentima, upravljanje tijekom rada te 2D i 3D koordinacija. Kolaboracija iziskuje koordinaciju, potrebno je upravljanje dokumentima i tijekom rada koji su ključni za isporuku informacijskog modela projekta i informacijskog modela imovine.

Studija slučaja koja je obrađena u ovom radu analizira funkcionalnosti koja su temelj strukture CDE-a. CDE alati koji su analizirani unutar ovog rada dijele iste karakteristike. Naglasak je na pohrani podataka, tijekom rada, koordinaciji u alatima za vizualizaciju IFC modela koji omogućuju sastavljanje modela, detekciju sudara i komunikaciju temeljenu na BCF otvorenom standardu te interoperabilnosti preko otvorenih API standarda. Daljnji razvoj teme koja se obrađivala u ovom radu podrazumijevao bi detaljniju analizu dostupnih alata na tržištu te testiranje njihovih funkcionalnosti na stvarnim projektima različitih veličina na temelju čega bi se mogle razviti detaljnije smjernice za odabir i uspostavu CDE rješenja na razini projekta ili organizacije.

POPIS LITERATURE

- ACCA. (2024). *usBIM.platform*. <https://www.accasoftware.com/en/common-data-environment>
- Allplan. (2024). *Bimplus - Interdisciplinary Collaboration*. <https://www.allplan.com/products/allplan-bimplus/>
- Autodesk. (2024). *BIM 360 Help | Autodesk*. <https://help.autodesk.com/view/BIM360D/ENU/>
- Bedoiseau, M., Martin, D., & Boton, C. (2022). Use of KROQI as a Level-2 Common Data Environment in the French Construction Industry. *Sustainability*, 14(16). <https://doi.org/10.3390/su141610455>
- BIMcollab. (2024a). *BIMcollab*. <https://www.bimcollab.com/en/>
- BIMcollab. (2024b). *What is BCF?*. <https://www.bimcollab.com/en/resources/openbim/about-bcf/>
- BIMcollab. (2024c). *What is OpenBIM? - BIMcollab*. <https://www.bimcollab.com/en/resources/openbim/>
- BIMconnect. (2024). *What is openBIM?* <https://bimconnect.org/en/wiki/what-is-openbim/>
- bSI Virtual Summit. (2020). *Open CDE APIs*.
- buildingSMART. (2024a). *BIM Collaboration Format (BCF) - buildingSMART International*. <https://www.buildingsmart.org/standards/bsi-standards/bim-collaboration-format-bcf/>
- buildingSMART. (2024b). *buildingSMART Data Dictionary - buildingSMART International*. <https://www.buildingsmart.org/users/services/buildingsmart-data-dictionary/#search-the-bSDD>
- buildingSMART. (2024c). *Industry Foundation Classes (IFC) - buildingSMART International*. <https://www.buildingsmart.org/standards/bsi-standards/industry-foundation-classes/>
- buildingSMART. (2024d). *openBIM - buildingSMART International*. <https://www.buildingsmart.org/about/openbim/#>
- buildingSMART. (2024e). *openBIM Definition - buildingSMART International*. <https://www.buildingsmart.org/about/openbim/openbim-definition/>
- buildingSMART. (2024f). *What is Information Delivery Specification (IDS) - buildingSMART International*. <https://www.buildingsmart.org/what-is-information-delivery-specification-ids/>
- Ciotta, V., Mariniello, G., Asprone, D., Botta, A., & Manfredi, G. (2021). Integration of blockchains and smart contracts into construction information flows: Proof-of-concept.

- Automation in Construction*, 132, 103925.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103925>
- Commission, E., for Small, E. A., Enterprises, M., Volt, J., Toth, Z., Glicker, J., De Groote, M., Borragán, G., De Regel, S., Dourlens-Quaranta, S., & Carbonari, G. (2020). *Definition of the digital building logbook – Report 1 of the study on the development of a European Union framework for buildings’ digital logbook*. Publications Office.
<https://doi.org/doi/10.2826/480977>
- Construction Industry Council. (2022). *CIC Beginner’s Guide on Construction Digitalisation - Adoption of Common Data Environment (CDE) for Information Management using BIM*. Construction Industry Council.
- Das, M., Tao, X., & Cheng, J. C. P. (2021). BIM security: A critical review and recommendations using encryption strategy and blockchain. *Automation in Construction*, 126, 103682.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103682>
- European Commission. (2023). *Technical guidelines for digital building logbooks*.
- GitHub - buildingSMART/OpenCDE-API. (bez dat.). Preuzeto 12. lipanj 2024., od <https://github.com/buildingSMART/OpenCDE-API>
- IBM. (2024). *What Is an API (Application Programming Interface)?*
<https://www.ibm.com/topics/api>
- International Organization for Standardization. (2019a). *Organizacija i digitalizacija informacija o zgradama i inženjerskim građevinama uključujući modeliranje informacija o građevinama (BIM) - Upravljanje informacijama modeliranjem informacija o građevinama - 1. dio: Koncepti i načela (ISO 19650-1:2018; EN ISO 19650-1:2018)*. HZN.
- International Organization for Standardization. (2019b). *Organizacija i digitalizacija informacija o zgradama i inženjerskim građevinama uključujući modeliranje informacija o građevinama (BIM) - Upravljanje informacijama modeliranjem informacija o građevinama - 2. dio: Faza isporuke imovine (ISO 19650-2:2018; EN ISO 19650-2:2018)*. HZN.
- International Organization for Standardization. (2020a). *Građenje - Organiziranje informacija o građevinama - 2. dio: Okvir za razredbu (ISO 12006-2:2015; EN ISO 12006:2020)*.
- International Organization for Standardization. (2020b). *Organizacija i digitalizacija informacija o zgradama i inženjerskim građevinama uključujući modeliranje informacija o građevinama (BIM) - Upravljanje informacijama modeliranjem informacija o građevinama - 3. dio: Operativna faza imovine (ISO 19650-3:2020; EN ISO 19650-3:2020)*. HZN.
- International Organization for Standardization. (2020c). *Organizacija i digitalizacija informacija o zgradama i inženjerskim građevinama uključujući modeliranje informacija o građevinama (BIM) - Upravljanje informacijama modeliranjem informacija o*

građevinama - 5. dio: Sigurnosni pristup upravljanju informacijama (ISO 19650-5:2020; EN ISO 19650-5:2020). HZN.

International Organization for Standardization. (2022). *Organizacija i digitalizacija informacija o zgradama i inženjerskim građevinama uključujući modeliranje informacija o građevinama (BIM) - Upravljanje informacijama modeliranjem informacija o građevinama - 4. dio: Razmjena podataka (ISO 19650-4:2022; EN ISO 19650-4:2022)*. HZN.

ISO - Standards. (2024, svibanj 21). <https://www.iso.org/standards.html>

ISO 19650 Guidance 4: Information exchange. (2023). UK BIM Framework.

Jaskula, K., Kifokeris, D., Papadonikolaki, E., & Rovas, D. (2024). Common data environments in construction: state-of-the-art and challenges for practical implementation. *Construction Innovation, ahead-of-print*(ahead-of-print). <https://doi.org/10.1108/CI-04-2023-0088>

Jaskula, K., Papadonikolaki, E., & Rovas, D. (2023). Comparison of current common data environment tools in the construction industry. *Computing in Construction*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:259582036>

Kemp, A. (2019). *Information management according to BS EN ISO 19650 Guidance Part 2: Processes for Project Delivery Edition 2*.

Kemp, A. (2020a). *Guidance-Part-C_Facilitating-the-common-data-environment-workflow-and-technical-solutions_Edition-1*. UK BIM FRAMEWORK.

Kemp, A. (2020b). *Operational phase of the asset life-cycle Edition 1*. <http://www.bsigroup.com/Shop>

OpenCDE-API - The open interface to rule them all — BIMLauncher. (2019). <https://www.bimlauncher.com/blog/opencde-api-the-open-interface-to-rule-them-all>

ORACLE. (2024). *Exploring CDE and BIM in Construction | Oracle Jordan*. <https://www.oracle.com/jo/construction-engineering/what-is-cde-and-bim/>

Piazz, M. (2022a). *Understanding ISO 19650-5: security management plan and the appointment of teams - BIM+*. <https://www.bimplus.co.uk/understanding-iso-19650-5-security-management-plan-and-the-appointment-of-teams/>

Piazz, M. (2022b). *Understanding ISO 19650-5: the sensitivity assessment and the security management plan - BIM+*. <https://www.bimplus.co.uk/understanding-iso-19650-5-the-sensitivity-assessment-and-the-security-management-plan/>

Piazz, M. (2022c). *Why do we need ISO 19650-5? - BIM+*. <https://www.bimplus.co.uk/why-do-we-need-iso-19650-5/>

Suszterova, S. (2023). *What Is a Data Model?*. <https://www.gooddata.com/blog/what-a-data-model/>

- Tao, X., Das, M., Liu, Y., & Cheng, J. C. P. (2021). Distributed common data environment using blockchain and Interplanetary File System for secure BIM-based collaborative design. *Automation in Construction*, *130*, 103851. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103851>
- Tao, X., Das, M., Zheng, C., Liu, Y., Wong, P. K.-Y., Xu, Y., Liu, H., Gong, X., & Cheng, J. C. P. (2023). Enhancing BIM security in emergency construction projects using lightweight blockchain-as-a-service. *Automation in Construction*, *150*, 104846. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.autcon.2023.104846>
- Trimble. (2024). *Trimble Connect*.
- UK BIM Framework. (2024). *ISO 19650 Guidance 1: Concepts*. <https://ukbimframeworkguidance.notion.site/ISO-19650-Guidance-1-Concepts-d661eb2252314e2d80e14c7b2a901587>
- Vukomanović, M., & Kolarić, S. (2024). *IMG predavanja: BIM standardi za procese*. Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet.

POPIS SLIKA

Slika 1 Tri razine CDE-a (Prevedeno prema: Bedoiseau i ostali, 2022)	4
Slika 2 Korištenje izvora informacija u građevinskim projektima prema sudionicima ankete (Izvor: Jaskula i ostali, 2023)	10
Slika 3 Zastupljenost različitih CDE softvera među ispitanicima (Izvor: Jaskula i ostali, 2023)	11
Slika 4 Usporedba CDE platformi prema razini zrelosti (Prevedeno prema: Jaskula i ostali, 2023)	11
Slika 5 Sinteza rezultata istraživanja (Prevedeno prema: Jaskula i ostali, 2024)	13
Slika 6 Identificirani izazovi sa odgovarajućim sredstvima za prevladavanje izazova (Prevedeno prema: Jaskula i ostali, 2024)	14
Slika 7 Tri razine sigurnosti BIM-a (Prevedeno prema: Das i ostali, 2021)	16
Slika 8 Prikaz robusnosti asimetrične enkripcije (Izvor: Das i ostali, 2021)	18
Slika 9 Shema blockchain tehnologije (Izvor: Tao i ostali, 2021)	20
Slika 10 Koncept zajedničkog podatkovnog okruženja - CDE (Izvor: International Organization for Standardization, 2018)	24
Slika 11 Shema sučelja između strana uključenih u project (Prevedeno prema: International Organization for Standardization, 2019b, 2020b)	25
Slika 12 Proces upravljanja informacijama tijekom faze isporuke imovine (Izvor: Vukomanović & Kolarić, 2024)	27
Slika 13 Proces upravljanja razmjenom informacija (Prevedeno prema: International Organization for Standardization, 2022)	31
Slika 14 Dionici u točkama odluke (Prevedeno prema: ISO 19650 Guidance 4: Information exchange, 2023)	32
Slika 15 Vrste podataka koje se pohranjuju, dijele i koordiniraju unutar CDE-a (Prevedeno prema: Construction Industry Council, 2022)	38
Slika 16 Primjer opsega metapodataka koji se mogu dodijeliti u CDE rješenju (Prevedeno prema: Kemp, 2020a)	39
Slika 17 Primjer sustava revizije definirane aneksom britanskog standarda BS EN ISO 19650-2 (Prevedeno prema: Kemp, 2020a)	40
Slika 18 Revizija kroz faze napretka spremnika podataka u CDE tijekom rada (Prevedeno prema: Kemp, 2020a)	41
Slika 19 Statusni kodovi definirani nacionalnim aneksom Velike Britanije (Prevedeno prema: Kemp, 2020a)	42
Slika 20 Ključni principi implementacije DBL-a (Izvor: European Commission, 2023)	46
Slika 21 Integracija BIMcollab rješenja sa ostalim softverima (Izvor: BIMcollab, 2024a)	49
Slika 22 Skup BIMcollab rješenja (Izvor: BIMcollab, 2024a)	50
Slika 23 Definiranje podataka o projektu	51
Slika 24 Definiranje timova	51

Slika 25 Definiranje prekretnica	52
Slika 26 Definiranje područja modela	52
Slika 27 Definiranje oznaka.....	52
Slika 28 Definiranje tipova zadatka.....	53
Slika 29 Definiranje prioriteta.....	53
Slika 30 Definiranje grupa.....	53
Slika 31 Dodavanje uloge članovima tima.....	54
Slika 32 BIMcollab dodatak unutar Autodesk Revit softvera	55
Slika 33 Kreiranje zadatka	55
Slika 34 Spremanje i dijeljenje zadatka	56
Slika 35 Obavijest o zadatku korisniku 2 na platformi BIMcollab Nexus	56
Slika 36 Učitavanje zadatka u BIMcollab Nexusu	57
Slika 37 Odgovor na zadatak	57
Slika 38 Obavijest korisniku 1 o odgovoru.....	58
Slika 39 Pokretanje detekcije sudara	58
Slika 40 Rezultati detekcije sudara	59
Slika 41 Izolacija detektiranog sudara	59
Slika 42 Pravilo za detekciju sudara	60
Slika 43 Generiranje zadatka	61
Slika 44 Spremanje i dijeljenje zadatka	61
Slika 45 Obavijest o sudaru kojeg je potrebno riješiti	62
Slika 46 Zadani preglednik unutar BIMcollab Nexus platforme	62
Slika 47 Promjena preglednika 3D modela.....	63
Slika 48 Integracija Trimble Connect preglednika u BIMcollab Nexus platformi.....	63

POPIS TABLICA

Tablica 1 Funkcionalnosti alata BIMcollab.....	71
Tablica 2 Funkcionalnosti alata Allplan Bimplus.....	72
Tablica 3 Funkcionalnosti alata BIM 360	73
Tablica 4 Funkcionalnosti alata usBIM.platform.....	74
Tablica 5 Funkcionalnosti alata Trimble Connect	75