ADMINISTRAREA INFRASTRUCTURII DE TRANSPORT BAZATĂ PE MODELE DIGITALE ȘI MANAGEMENTUL INFORMAȚIEI

Monica-Gabriela Amuza[1]
George-Teodor Călin[2]
Ana-Maria Guzgan[2]

REZUMAT

Administrarea infrastructurii de transport moderne depinde în mod critic de capacitatea de a utiliza datele colectate pe parcursul întregului ciclu de viață al activelor pentru fundamentarea deciziilor tehnice și economice. Conform raportului Big Data = Big Questions for the Engineering and Construction Industry (Snyder, Menard și Spare, 2018), peste 95% din datele produse în proiectele de infrastructură nu sunt folosite în procesele decizionale, iar aproximativ 90% din datele generate în inginerie și construcții sunt nestructurate, ceea ce limitează semnificativ potențialul lor operațional. Această lucrare analizează administrarea infrastructurii de transport bazată pe modele digitale de informație care depășesc rolul de instrument static de proiectare și devin un suport informațional evolutiv, care se dezvoltă pe întregul ciclu de viață al activului: o carte digitală integrată cu rol de bază de date. Utilizarea principiilor BIM (Building Information Modelling), în conformitate cu seria ISO 19650 și cu alte standarde de specialitate, este abordată ca mecanism central pentru asigurarea coerenței, calității și trasabilității informațiilor necesare procesului de management al infrastructurii de transport. Sunt analizate rolul standardelor, al formatelor de schimb de date și al colaborării interdisciplinare în dezvoltarea unui model de informație unitar. Lucrarea prezintă și analizează mai multe scenarii de utilizare în care fundamentul deciziilor administrative și tehnice care să susțină procese precum planificarea întreținerii și prioritizarea corectă a investițiilor se face în cadrul platformelor de tip mediu comun de date și al platformelor dedicate gemenilor digitali. În acest cadru, sistemele informaționale geografice (GIS) sunt integrate ca instrument de management al informației. Acestea facilitează gestionarea localizării activelor, a relațiilor, a constrângerilor teritoriale și a interacțiunilor cu alte sisteme de infrastructură, realizând legătura operațională dintre administrarea infrastructurii de transport și administrarea teritoriului. Astfel, se reduc timpii de decizie necesari, ceea ce duce la creșterea confortului utilizatorilor și la o siguranță sporită a participanților la trafic.

ABSTRACT

Effective management of modern transport infrastructure depends critically on the ability to use data collected across the entire asset life cycle to support technical and economic decisions. According to the report Big Data = Big Questions for the Engineering and Construction Industry (Snyder, Menard and Spare, 2018), more than 95% of the data produced in infrastructure projects is never used in decision-making, while roughly 90% of the data generated in engineering and construction is unstructured, severely limiting its operational value. This paper examines transport infrastructure management built on digital information models that move beyond the role of a static design tool to become an evolving information resource, growing throughout the asset's life cycle: an integrated digital book

[1] Școala Doctorală de Urbanism, Universitatea de Arhitectură și Urbanism „Ion Mincu”, București (tel. 0733984051, email: monica.amuza@allbim.net)

[2] ALLBIM NET SRL (tel. 0749163064, email: george.calin@allbim.net, tel. 0771313471, email: ana.guzgan@allbim.net)

that functions as a database. BIM (Building Information Modelling) principles, applied in line with the ISO 19650 series and related standards, are treated as the central mechanism for ensuring the consistency, quality and traceability of the information needed to manage transport infrastructure. The paper discusses the role of standards, data exchange formats and interdisciplinary collaboration in developing a unified information model. It then presents and analyses several use cases in which administrative and technical decisions, those supporting processes such as maintenance planning and sound investment prioritisation, are grounded in common data environment platforms and in platforms dedicated to digital twins. Within this framework, geographic information systems (GIS) are integrated as an information management tool, handling asset location, relationships, territorial constraints and interactions with other infrastructure systems, and establishing the operational link between transport infrastructure management and land administration. The result is shorter decision times, greater user comfort and improved safety for road users.

CUVINTE CHEIE: BIM, geamăn digital, managementul informației, model digital de informație, GIS, cerințe de informație

1. INTRODUCERE

1.1. Motivația și contextul cercetării

Rețelele de infrastructură de transport devin tot mai complexe, în timp ce bugetele administrațiilor publice rămân limitate. În acest context, deciziile privind întreținerea, reabilitarea sau extinderea rețelei depind direct de calitatea informației disponibile și de managementul eficient al acesteia: fără date coerente, actualizate și structurate pe întregul ciclu de viață al activului, deciziile nu pot fi fundamentate corect.

Astăzi, administrațiile de drumuri lucrează în mare parte cu date nestructurate, cu fișiere CAD 2D transmise prin e-mail și evidențe tehnice ținute în registre care nu comunică între ele. Informația există, dar nu poate fi folosită sistematic, această problemă fiind confirmată de studiile de specialitate, care arată că peste 95% din datele generate în proiectele de infrastructură rămân nevalorificate (Snyder, Menard și Spare, 2018).

Aici intervine managementul informației prin metodologia BIM, care organizează coerent datele geometrice, tehnice și alfanumerice ale activului construit. Pentru infrastructura de transport, BIM este nu doar un instrument de modelare tridimensională, ci o metodologie de structurare, verificare, livrare și reutilizare a informației pe tot ciclul de viață al activului.

Articolul analizează cum aceste modele digitale pot deveni instrumente operaționale de administrare prin formate deschise de schimb de date, care asigură interoperabilitatea; prin integrarea într-un mediu comun de date, care structurează colaborarea și reviziile; și prin conectarea cu informația geospațială, care ancorează modelul în teritoriu.

1.2. Ipotezele de cercetare

Pornind de la problema fragmentării informației în administrarea infrastructurii de transport, cercetarea formulează patru ipoteze, evaluate în detaliu în capitolul 6:

Ipoteza 1. Un flux informațional structurat conform ISO 19650 reduce redundanța și erorile de coordonare interdisciplinară față de fluxurile tradiționale bazate pe CAD 2D.

Ipoteza 2. Formatele deschise, precum IFC 4.3, permit transferul informației geometrice și tehnice și alfanumerice între mediul de modelare și mediul comun de date sau între diferite platforme software, cu păstrarea structurii semantice a obiectelor modelate.

Ipoteza 3. Un model digital structurat gestionat într-un mediu comun de date poate susține coordonarea interdisciplinară, verificarea reviziilor și validarea geometrică a soluțiilor tehnice, fără reconstruirea manuală a informației.

Ipoteza 4. Integrarea modelului BIM cu date GIS și scenarii de tip geamăn digital transformă documentația tehnică din arhivă pasivă în instrument activ de administrare.

2. CADRU CONCEPTUAL ȘI NORMATIV

2.1. Procesul de management al informației conform seriei ISO 19650

BIM[3] presupune „utilizarea unei reprezentări digitale într-o manieră colectivă a unui activ construit pentru a facilita procesele de proiectare, construire și exploatare în vederea formării unei baze de încredere în luarea deciziilor” (ISO, 2018a). Esențial este că standardul descrie un proces de management al informației, nu un instrument de modelare: reprezentarea digitală a activului în exploatare (Asset Information Model) devine o bază de date informațională - “cartea digitală a construcției”.

Procesul este iterativ și pornește de la cerințele de informații, care definesc, pentru fiecare utilizare BIM, informația necesară și nivelul de detaliu[4] (ISO, 2024a). Aceste cerințe pot fi transcrise într-un format verificabil de software prin specificația IDS - Information Delivery Specification (buildingSMART International, 2026), care permite validarea automată a fișierelor openBIM față de așteptările beneficiarului. Informația astfel structurată este organizată în containere și federalizată în modele de informație (PIM în proiectare și execuție, AIM în operare), gestionate colaborativ într-un mediu comun de date (CDE). Este un circuit auditat de control al versiunilor, cu un statut explicit de aprobare, care înlocuiește schimbul informal de fișiere (ISO, 2018b).

Perspectiva pe termen lung a acestui flux este geamănul digital: o reprezentare digitală ce poate fi sincronizată cu starea reală a activului, alimentată cu date din inspecții periodice, monitorizare, intervenții și date de trafic, capabilă să susțină simulări de comportament, predicții de degradare și optimizarea planificării intervențiilor.

2.2. Particularitățile infrastructurii de transport în contextul BIM

Spre deosebire de clădiri, entități compacte, de sine stătătoare, proiectele de infrastructură de transport sunt intervenții la scară largă, în relație directă cu proprietăți publice și private, rețele edilitare, zone cu regim special, condiții de mediu și fluxuri de trafic. Aceste interferențe ridică nivelul de risc și impun cerințe sporite de rezistență, siguranță în exploatare și accesibilitate și de protecția mediului. În consecință, deciziile de proiectare, execuție, exploatare și mentenanță nu se pot baza doar pe reprezentări grafice statice, ci necesită un sistem coerent de management al unui volum mare de informații, orientat către utilizările reale ale activului.

Pentru ca modelul BIM să funcționeze ca instrument operațional pe întregul ciclu de viață al activului, informația trebuie să poată circula între platforme, discipline și organizații fără

[3] BIM - Building Information Modelling (modelarea informației construcției)
[4] Level of Information Need (nivelul necesar de informații)

pierderea structurii semantice. Această interoperabilitate este asigurată de formatul deschis IFC, Industry Foundation Classes (ISO, 2024b). În absența acestei scheme, un proiect de drum se reduce la o colecție de solide geometrice, fără semantică rutieră, în prezent una dintre principalele limite de interoperabilitate identificate în proiectele pilot.

2.3. Integrarea BIM-GIS în managementul informației

Interoperabilitatea semantică asigurată de IFC rezolvă transferul informației între platforme, dar nu și ancorarea activului în teritoriu. Un drum nu poate fi administrat independent de parcelele, rețelele și zonele de reglementare pe care le traversează. De aceea, modelul digital trebuie corelat cu informația geospațială, gestionată de regulă în sisteme informaționale geografice (GIS). Această corelare este cu atât mai relevantă în România, unde seturile de date spațiale aferente documentațiilor de urbanism sunt reglementate prin formate standardizate, în special GeoPackage, conform Ordinului nr. 904/2023 (MDLPA, 2023), ceea ce impune suport nativ pentru aceste formate în mediul de lucru BIM.

Deși datele GIS sunt gestionate preponderent în afara ecosistemului BIM, ele au fost integrate direct în mediul de proiectare printr-un instrument BIM-GIS dedicat importului și exportului datelor geospațiale direct în/din Allplan, prevenind fragmentarea fluxului de lucru. Astfel, datele GIS nu mai sunt doar un fundal cartografic, ci surse de informație care pot fi consultate și corelate cu modelul digital al infrastructurii, într-un flux bidirecțional. Informațiile privind parcelele, limitele, constrângerile și rețelele teritoriale ajung în același mediu în care se dezvoltă modelul, fundamentând deciziile de proiectare și pe contextul spațial și pe cel administrativ. Ulterior, ele devin parte a mediului comun de date, ca sursă unică și coerentă pentru etapele de execuție și operare.

În etapa de proiectare, aceste date furnizează contextul soluțiilor tehnice. Dincolo de proiectare, datele GIS dinamice (trafic, poluare, alți indicatori de mediu) alimentează un geamăn digital adaptiv și predictiv, fundament al gestionării inteligente a infrastructurii pe termen lung - premisă testată de Ipoteza 4.

3. CADRU METODOLOGIC

3.1. Abordarea metodologică și reperele normative ale analizei

Prezenta lucrare adoptă o metodologie de cercetare empirică, bazată pe analiza a două proiecte pilot relevante pentru implementarea fluxurilor BIM în domeniul infrastructurii de transport din spațiul est-european. Standardele ISO 19650, ISO 7817-1:2024 și schema IFC 4.3 sunt utilizate ca repere pentru evaluarea modului în care informația este solicitată, produsă, transferată, verificată și reutilizată în cadrul proiectelor pilot.

Tabelul 1 - Sinteza comparativă a celor două proiecte pilot

Criteriu	**M1 Petricani (R. Moldova)**	**Stația Grădinari (România)**
Inițiativă BIM	Beneficiar - ASD Moldova	Internă - departamentul de proiectare al I.S.P.C.F. S.A.
Faza de proiectare	Studiu de fezabilitate (2 scenarii comparate)	Re-elaborarea unui proiect finalizat (tradițional vs. BIM)
Tip de infrastructură	Rutieră - 2 noduri rutiere pe M1,	Feroviară - cca. 3 km cale ferată,

	lângă Chișinău	peron și clădire stație
Discipline / organizare	15 departamente, 2 companii	8 discipline într-un model federalizat
Instrumente specifice	Allplan Civil (modelare paramatrică, comparație scenarii)	Allplan + Allplan Civil + PROVI (CF); validare prin IDS
Mediu de date	BIMPLUS	BIMPLUS + dTwin
Contribuție cheie	Comparație parametrică a scenariilor la faza de fezabilitate; -15-30% informații redundante și re-coordonare	Tranziție organizațională; tipizate + matrice LOIN; instrucția 309 legată de geamănul digital; +50% grad de detaliere

Cercetarea are caracter calitativ și comparativ: pentru fiecare proiect pilot sunt analizate contextul instituțional, fluxul de lucru, instrumentele, transferul datelor și potențialul de reutilizare a modelului în etapele ulterioare, comparativ cu fluxul tradițional bazat pe documentații CAD 2D, schimburi de fișiere prin canale informale și coordonare fragmentată. Sunt inventariate avantajele și limitările implementării unui flux BIM într-un cadru tradițional, punctând lecțiile transferabile la proiecte similare. Cele două proiecte pilot sunt sintetizate în Tabelul 1, iar capitolele 4 și 5 detaliază fluxul și rezultatele fiecăruia.

3.2. Instrumente software și platforme utilizate

Modelarea s-a realizat în Allplan și Allplan Civil, cu accent pe instrumentele de proiectare a drumurilor și a lucrărilor de artă: aliniamente orizontale și verticale, profile transversale tip, platforme, taluzuri, sistem de drenaj și elemente de siguranță. Modulul Drumuri a generat coridoarele rutiere, taluzurile și modelul 3D al infrastructurii, iar Allplan Civil a asigurat modelarea parametrică a structurii de pod integrate pe axele drumului, păstrând variabilele și atributele asociate elementelor de suprastructură.

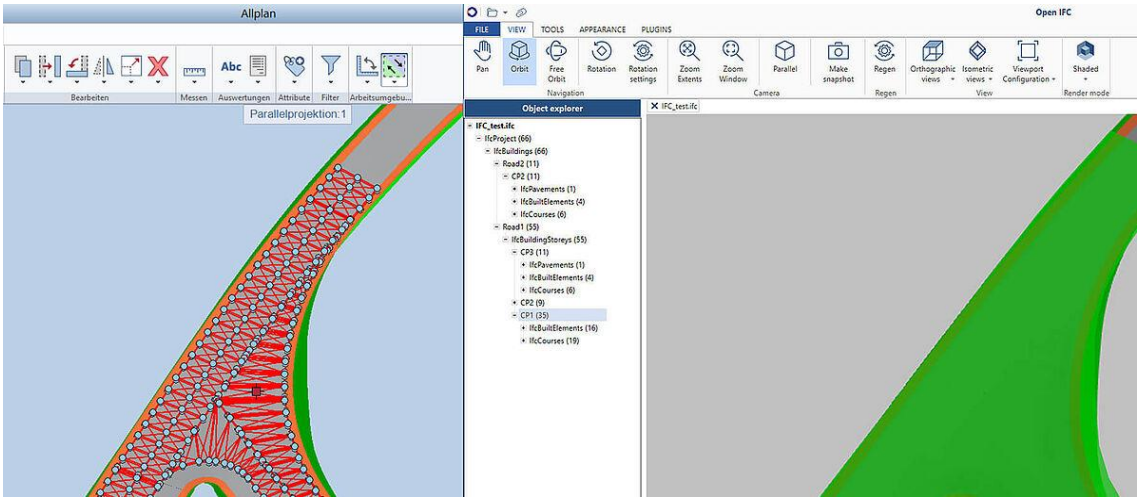

Figura 1 - Model de infrastructură rutieră în Allplan și structura sa de date exportată în format IFC cu ierarhia BIM păstrată (Sursa: ALLPLAN)

Un plus de inteligență parametrică a fost adus de Python Parts, obiecte BIM generate scriptic în Allplan, a căror geometrie se recalculează automat la schimbarea parametrilor, iar atributele tehnice (clasă de material, tip de element, cod de inventar, parametri funcționali) sunt definite programatic. Acestea se corelează cu IFC 4.3, prima versiune a

standardului concepută nativ pentru infrastructura liniară de transport, care introduce schema IfcRoadDomain (buildingSMART International, 2024) și entități specifice domeniului rutier precum IfcRoad, IfcKerb, IfcAlignment, IfcFacilityPart, IfcPavement, ș.a. Atributele definite în Python Parts sunt astfel transferate fidel în IFC 4.3 și devin disponibile în orice platformă compatibilă, fără reintroducere manuală a datelor. Gestionarea informației între participanți s-a realizat în mediul comun de date BIMPLUS (coordonarea modelelor, gestionarea reviziilor, colaborarea interdisciplinară). Pentru scenariile orientate către exploatare și mentenanță, a fost urmărit și potențialul integrării modelului în platforme de tip geamăn digital, precum dTwin.

4. STUDIU DE CAZ. PROIECT PILOT: M1 PETRICANI, REPUBLICA MOLDOVA

4.1. Prezentarea și contextul proiectului

Proiectul vizează reamenajarea a două noduri rutiere pe drumul M1, în zona Petricani (nord-vestul Chișinăului), prin transformarea a două intersecții semaforizate la nivel într-o intersecție denivelată care să fluidizeze traficul rutier, să îmbunătățească accesul pietonal și ciclist și să reducă emisiile generate de traficul staționar. Elaborat la nivel de studiu de fezabilitate, proiectul a analizat două scenarii complementare. Relevanța lui ține de un aspect instituțional: este primul proiect de infrastructură rutieră din Republica Moldova în care beneficiarul, Administrația de Stat a Drumurilor (ASD Moldova), a formulat explicit cerințe BIM, stabilind un reper pentru proiectele viitoare.

4.2. Fluxul BIM implementat

La nivel de studiu de fezabilitate, obiectivul a fost compararea cantitativă și calitativă a două scenarii de reamenajare pentru aceeași temă, pe fluxul descris în secțiunea 3.2. Proiectanții au păstrat logica tradițională a proiectelor de infrastructură bazată pe definiții de profile și generatoare 2D (axe, profile longitudinale, secțiuni transversale), dar le-au asociat și le-au distribuit parametric de-a lungul unui traseu adaptabil în timp real, obținând câte un model 3D viu pentru fiecare element structural.

Figura 2 - BIMPLUS: Proiect SF M1 Petricani, Republica Moldova (Sursa: Autori)

Pe acest model, analiza structurală a permis asocierea unei armări inteligente, adaptată formelor complexe, iar detalierea soluției a crescut gradual, printr-o federalizare eșalonată a informațiilor pe fiecare specializare. Modelul rezultat prin asocierea tuturor straturilor de

informație a devenit singura sursă de adevăr a proiectului: o bază de date complexă calibrată pe faze de lucru, din care se generează direct extrasele de documentație tehnică, de cantități și fișele de calcul.

Colaborarea s-a desfășurat în BIMPLUS, unde 15 departamente din cele două companii majore au replicat fluxurile interne de livrare, verificare, aprobare și analiză a soluțiilor tehnice. Mediul comun de date a permis analiza în paralel a scenariilor: prin suprapunerea pe revizii a obiectelor modelate s-a observat direct cum geometria fiecărei variante influențează activele existente, iar metadatele asociate (proprietăți fizice, economice și tehnice ale fiecărui element) au permis extragerea rapidă a cantităților pe tipuri de lucrări, aspect esențial în faza de studiu de fezabilitate.

4.3. Rezultate

Trecerea de la schimbul static de informații (planșe imprimate, e-mail sau CD-uri) la un ecosistem unic, accesibil tuturor părților, a redus informațiile redundante și nevoia de recoordonare la apariția erorilor de proiectare cu un procent estimat de 15-30%. Abordarea parametrică a scurtat timpul de actualizare a documentației la modificările de soluție (aceasta regenerându-se automat din model) și a permis comparații calitative rapide între iterații. Relevanța proiectului nu stă în complexitatea tehnică (un studiu de fezabilitate operând, prin natura sa, cu un nivel de detaliu limitat), ci în faptul că documentează prima aplicare reală a unui flux BIM complet în infrastructura rutieră din spațiul est-european, cu avantajele și limitele pe care le generează absența unui cadru procedural formalizat.

5. STUDIU DE CAZ. PROIECT PILOT: STAȚIA GRĂDINARI, ROMÂNIA

5.1. Prezentarea și contextul proiectului

Proiectul pilot a pornit ca inițiativă a departamentului de proiectare al I.S.P.C.F. S.A., ca pas înspre adaptarea la cerințele BIM ce vor deveni obligatorii pentru proiectele de infrastructură peste un anumit prag valoric. Pentru testarea maturității digitale a companiei și o comparație directă între fluxul tradițional vs. BIM, s-a reelaborat un proiect deja finalizat: modernizarea unui sector de cca. 3 km de cale ferată (subsecțiunea București Nord - Roșiori Nord), împreună cu peronul și clădirea stației Grădinari, parte a coridorului București-Craiova. Proiectul a fost ales pentru dimensiunea controlabilă și pentru diversitatea soluției, care îmbină infrastructură și construcții civile. Au fost integrate 8 discipline într-un model federalizat (arhitectură, rezistență, instalații, drumuri, poduri și lucrări de artă, suprastructură CF, semnalizare feroviară, mediu) cu scopul de a forma echipa și de a crea elemente tipizate replicabile.

5.2. Fluxul BIM implementat

Spre deosebire de Petricani, miza la Grădinari a fost organizațională: integrarea BIM în procesele curente ale unei echipe aflate în tranziție, fără a perturba activitatea. Abordarea a fost o consultanță activă, cu responsabilități clare și un mediu colaborativ transparent între discipline, dublată de un training calibrat pe conținutul proiectului pilot.

Pe aceeași infrastructură software (Allplan + Allplan Civil), specificul feroviar a impus o completare: suprastructura și terasamentele liniilor au fost detaliate în PROVI, soluție dedicată infrastructurii feroviare, integrată în flux prin IFC 4.3, care a asigurat transferul complet al informației între diferite medii și a deschis calea către colaborarea în BIMPLUS.

Un rezultat central al proiectului a fost calibrarea, împreună cu echipa tehnică, a unei matrice a nivelului de informații necesar (LOIN), croită pe fazele proiectelor feroviare. Matricea (Figura 3) a împărțit proiectul în subunități controlabile și a prescris pentru fiecare fază nivelul de reprezentare și detaliere geometrică, cumulul minim de atribute esențiale și documentele conexe necesare transmiterii complete a informației. A integrat totodată datele care facilitează extrasele tehnice în exploatare (cantități, fișe de revizie și mentenanță), astfel încât tipizatele rezultate să poată fi replicate în proiecte ulterioare.

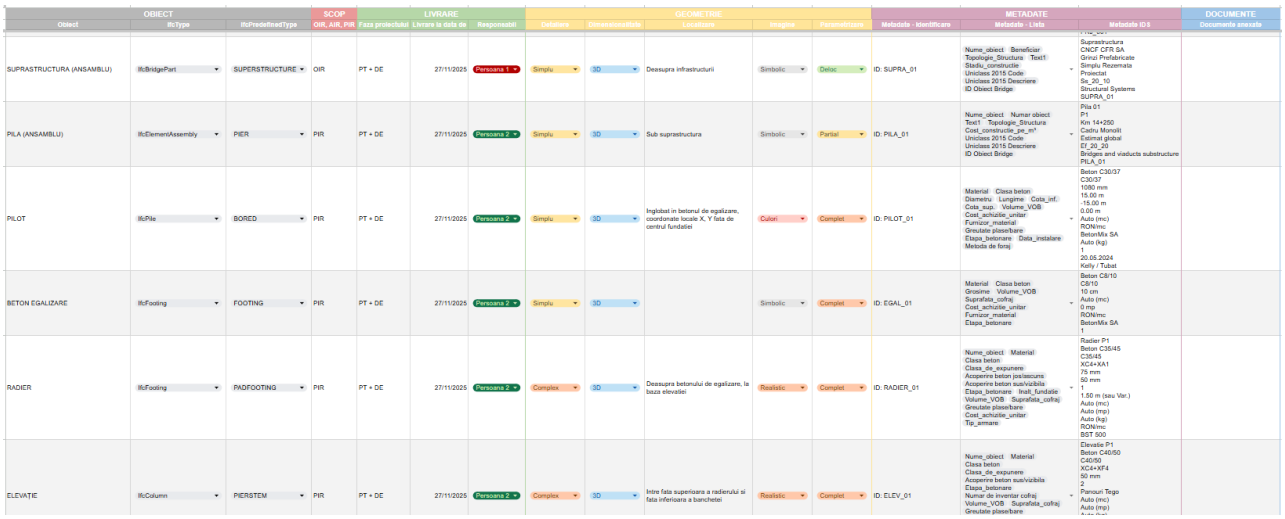

Figura 3 - Matrice a nivelului de informații necesar din proiectul Grădinari (Sursa: Autori)

Volumul considerabil de date a fost integrat automat în Allplan prin intermediul fișierelor IDS (Figura 4), definite într-un simplu editor de text. Acestea au funcționat ca validatoare care interoghează modelul 3D, verifică conținutul informațional al fiecărui element și semnalează, direct în paleta de informații a programului, datele lipsă sau neconforme, permițând completarea ori corectarea lor la sursă.

În mediul comun de date BIMPLUS, echipa a replicat colaborarea între departamente și a implementat fluxuri clare de gestiune a reviziilor și de aprobare a documentelor și modelelor 3D, cu coordonare geometrică și geografică între discipline. Pentru o echipă în plină tranziție (de la CAD la BIM) a contat în mod special posibilitatea de a suprapune geamănul digital al construcției peste documentația tradițională 2D.

The model MUST contain entities that have

- IFC class **IFCPILE.BORED**

that MEET the following requirements

- MUST HAVE attribute **Material = C30/37**
- MUST HAVE attribute **ConcreteClass = C30/37**
- MUST HAVE attribute **NominalDiameter = 1080**
- MUST HAVE attribute **LengthValue > 15**
- MUST HAVE attribute **FirstCoordinate = 0.00**
- MUST HAVE attribute **SecondCoordinate = -15.00**
- MUST HAVE attribute **Cost_achizitie_unitar** with value **of max. length equal to 100 (as well as: of min. length equal to 80)**
- MUST HAVE attribute **Furnizor = BetonMix SA**

Figura 4 - Limbajul folosit în cadrul unui fișier de tip IDS (Sursa: Autori)

Elementul de inovație a fost transpunerea Instrucției 309 (documentul care reglementează inspecția tehnică a căii ferate) într-un scenariu predictibil, legat de geamănul digital al construcției. În mediul dTwin, inspecțiile de teren au fost asociate direct elementelor modelate, împreună cu data, autorul și contextul constatării, transformând o procedură de inspecție într-o secvență de acțiuni digitale trasabile.

Figura 5 - Simulare inspecție tehnică în dTwin cf. Instrucției 309 (Sursa: Autori)

5.3. Rezultate

Compania estimează o creștere de 30% a timpului de elaborare și de 50% a nivelului de detaliere. Creșterea de timp reflectă însă, în bună parte, curba de învățare specifică unui prim proiect-pilot (efortul de formare a echipei și de calibrare a fluxurilor) și se așteaptă să se reducă la proiectele următoare, pe măsură ce tipizatele și procedurile devin reutilizabile. Aceasta a fost compensată de o colaborare interdepartamentală mai clară și de o reticență mai mică față de soluțiile tehnice noi. Efortul s-a mutat în primele faze ale proiectului, eliminând sarcini redundante și reducând modificările ulterioare; atenția echipei s-a reorientat de la pași repetitivi către situațiile excepționale.

Pe termen scurt se urmărește replicarea noțiunilor învățate pe proiecte active, astfel încât fiecare structură să aibă din start un activ digital. Pe termen lung, obiectivul este ca inginerul care merge la inspecție să nu pornească de la o fișă albă, ci de la cartea tehnică completă a structurii, cu istoricul intervențiilor și toate constatările anterioare.

6. DISCUȚII

Cele două proiecte pilot ilustrează utilizări complementare ale metodologiei BIM. Petricani arată valoarea modelării parametrice și a mediului CDE în faza de studiu de fezabilitate, unde comparația scenariilor și fundamentarea deciziilor pe aceleași seturi de date sunt esențiale. Grădinari evidențiază provocările tranziției organizaționale și potențialul de a extinde modelul către mentenanță și geamăn digital. Diferă și natura inițiativei: cerințe BIM impuse de beneficiar pe de-o parte, demers asumat intern pe de cealaltă.

În raport cu ipotezele formulate, fluxul structurat conform ISO 19650 și gestionat în BIMPLUS a redus redundanța informațională, a centralizat reviziile și a crescut transparența colaborării în ambele cazuri (Ipoteza 1, confirmată). Transferul prin IFC 4.3 a păstrat structura semantică a obiectelor între platforme (Ipoteza 2, susținută), însă fidelitatea nu este automată: depinde de calitatea modelării, de structura atributelor și de regulile de export. Modelul gestionat în mediul comun de date a susținut coordonarea

interdisciplinară și verificarea reviziilor, iar suprapunerea pe revizii a obiectelor a permis validarea geometrică a soluțiilor fără reconstruirea manuală a informației (Ipoteza 3, confirmată). Integrarea cu date GIS și scenarii de geamăn digital (Ipoteza 4) este susținută parțial: Grădinari demonstrează potențialul, dar confirmarea deplină cere observarea modelului în exploatare pe termen lung.

Analiza evidențiază trei factori care condiționează succesul implementării: 1. definirea timpurie a cerințelor informaționale, fără de care modelul rămâne o reprezentare geometrică greu reutilizabilă; 2. un plan de execuție BIM coerent, care să stabilească responsabilități, strategia de federalizare și procedurile de verificare, altfel mediul comun de date devine doar spațiu de stocare; și 3. alegerea formatelor de schimb potrivite, IFC 4.3 fiind relevant pentru infrastructura liniară, cu condiția unor date corect structurate.

7. CONCLUZII

Lucrarea a arătat că administrarea infrastructurii de transport poate fi susținută de modele digitale de informație pe întregul ciclu de viață, integrate într-un ecosistem deschis, interoperabil, cu perspective de tip geamăn digital. Cele două proiecte pilot confirmă în mare parte ipotezele formulate (integral Ipotezele 1 și 3, cu nuanțări Ipoteza 2 și parțial Ipoteza 4) și indică faptul că valoarea metodologiei BIM nu ține de o anumită fază a proiectului, ci de capacitatea de a transforma informația tehnică într-o resursă reutilizabilă. Contribuția constă în tratarea BIM ca proces de management al informației, dincolo de instrumentele de modelare geometrică și poate fi utilă beneficiarilor, administratorilor de infrastructură și proiectanților în definirea cerințelor informaționale, a planurilor de execuție BIM și a mediilor comune de date.

Principala limitare este numărul redus de studii de caz, ceea ce nu permite generalizarea automată la nivelul întregii industrii; scenariile de exploatare sunt încă incipiente, iar estimările cantitative reflectă reducerea refacerilor și reutilizarea pe ciclul de viață, nu o evaluare statistică extinsă. Direcțiile viitoare vizează extinderea analizei la mai multe proiecte, urmărirea beneficiilor pe termen lung și dezvoltarea unor gemeni digitali adaptivi, prin integrarea datelor dinamice de monitorizare și a celor din platformele GIS.

8. BIBLIOGRAFIE

ALLPLAN (2025) Keeping Infrastructure Data Accessible: The Growing Role of Open Standards. Disponibil la: https://t.ly/VWqFm [Accesat la 15 iunie 2026].

buildingSMART International (2026) Information Delivery Specification (IDS). Disponibil la:https://t.ly/7srfY [Accesat la 15 iunie 2026].

buildingSMART International (2024) Ifc 4.3. IfcRoadDomain. Disponibil la: https://t.ly/D7b-v [Accesat la 15 iunie 2026].

International Organization for Standardization (ISO) (2018a) ISO 19650-1:2018 - Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) - Information management using building information modelling. Part 1: Concepts and principles. Geneva: ISO, p. 11.

International Organization for Standardization (ISO) (2018b) ISO 19650-2:2018 - Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) - Information management using building information modelling. Part 2: Delivery phase of the assets. Geneva: ISO, pp. 12-13.

International Organization for Standardization (ISO) (2024a) ISO 7817-1:2024 - Building information modelling - Level of information need. Part 1: Concepts and principles. Geneva: ISO.

International Organization for Standardization (ISO) (2024b) ISO 16739-1:2024 - Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries. Part 1: Data schema. Geneva: ISO.

Ministerul Dezvoltării, Lucrărilor Publice și Administrației (2023) Ordinul nr. 904/2023 pentru aprobarea Procedurii de elaborare, actualizare și gestionare a documentațiilor de amenajare a teritoriului și de urbanism în format digital. Monitorul Oficial al României, Partea I, nr. 63/2024.

NYDER, J., MENARD, A. and SPARE, N. (2018) Big Data = Big Questions for the Engineering and Construction Industry. Raleigh, NC: FMI Corporation. Disponibil la: https://fmicorp.com/uploads/media/FMI_BigDataReport.pdf [Accesat la 4 noiembrie 2025].