

**30 LET**  
**15. SLOVENSKI  
KONGRES**

**0 PROMETU  
IN PROMETNI  
INFRASTRUKTURI**

**2TDK**

**Implementacija BIM procesa pri gradnji  
drugega tira železniške proge Divača – Koper**

**Implementation of the BIM process in the  
construction of the Second Track of the railway  
line Divača – Koper**

**dr. Franc Švegl, univ. dipl. ing. kem.**

**Marko Žitnik, univ. dipl. ing. grad.**

**Pavle Hevka, univ. dipl. ing. grad., mag. ekon. in posl. ved**

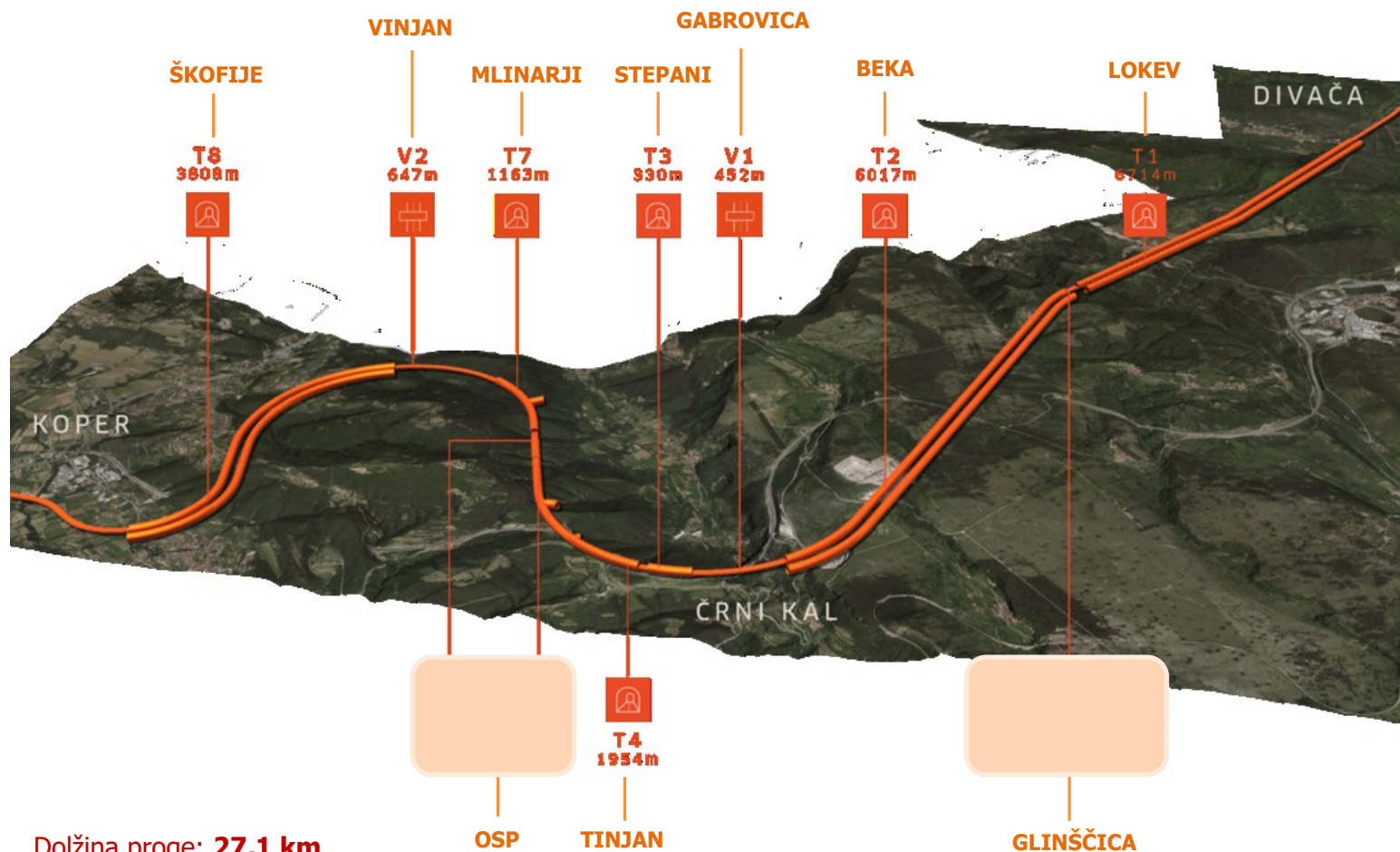
# BIM in projekt DRUGI TIR

**Odločitev za informacijsko modeliranje gradnje (BIM) že na začetku projekta!**

**Zakaj?**

**Boljša organizacija, koordinacija in kontrola.**

## TRASA DRUGEGA TIRA



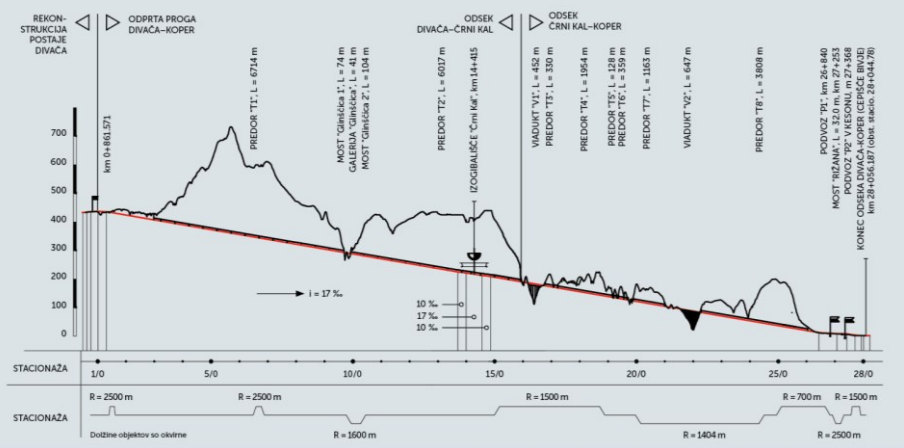
Dolžina proge: **27,1 km**

Skupna dolžina viaduktov: **1,3 km**

Skupna dolžina predorov, servisnih in izstopnih cevi: **37,4 km**

Skupna dolžina dostopnih in vzdrževalnih cest: **22,8 km**

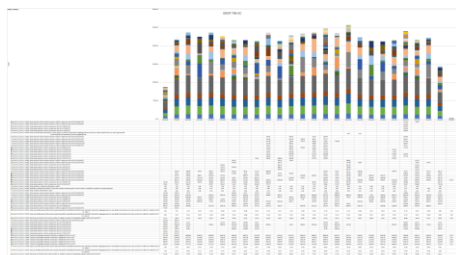
PREGLEDNI VZDOLŽNI PROFIL DRUGEGA TIRA ŽELEZNIŠKE PROGE DIVAČA–KOPER



# BIM – dimenzije od 1D do 7D

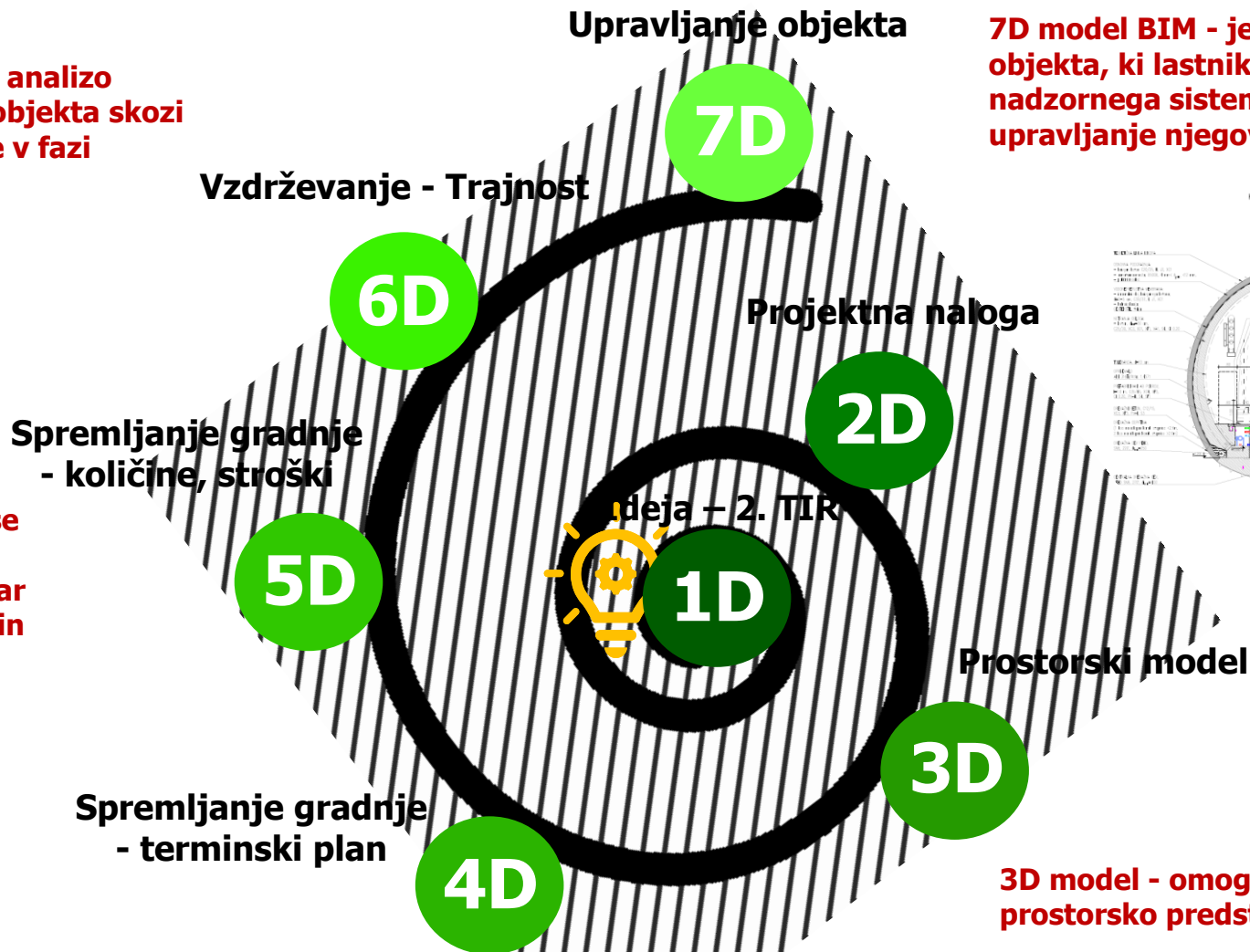
Informacijsko modeliranje gradnje (BIM) - je proces izdelave in upravljanja digitalnega modela/podatkov s pomočjo katerega oblikujemo, gradimo in vzdržujemo objekt skozi celoten življenjski cikel.

**6D model BIM – omogoča analizo učinkovitosti in trajnosti objekta skozi celoten življenjski cikel že v fazi načrtovanja.**

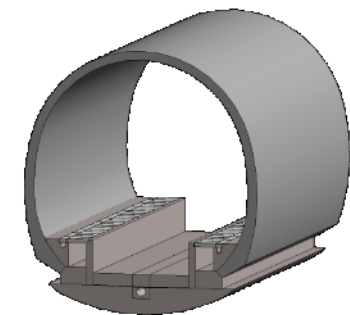
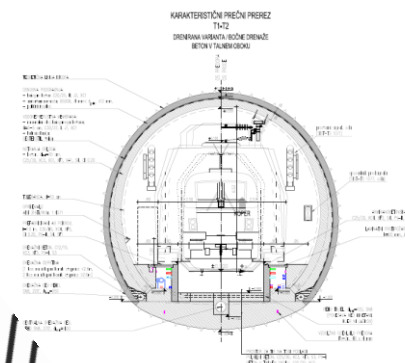


**4D/5D model BIM - vsebuje vse podatke o terminskem in stroškovnem vidiku gradnje, kar omogoča sprotno spremljanje in optimizacijo.**

Proj. št.	Ime objekta	Opis dela	Terminski plan	Stroški
1	...	...	...	...
2	...	...	...	...
3	...	...	...	...
4	...	...	...	...
5	...	...	...	...
6	...	...	...	...
7	...	...	...	...
8	...	...	...	...
9	...	...	...	...
10	...	...	...	...



**7D model BIM - je natančen posnetek zgrajenega objekta, ki lastniku s pomočjo centralnega nadzornega sistema omogoča spremljanje in upravljanje njegove rabe**



**3D model - omogoča, podrobno prostorsko predstavitev objekta.**

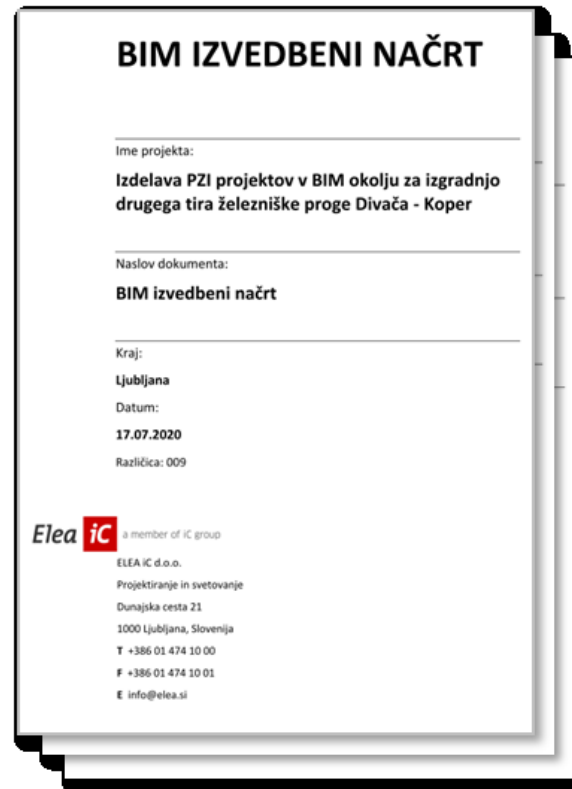
# BEP – vodilni dokument za implementacijo BIM procesa



Organizacijska struktura implementacije BIM procesa na celotnem projektu je podrobno opredeljena v BIM izvedbenem načrtu (BEP) in v Tehničnih specifikacijah (TS\_12: Delo v BIM okolju).

BEP - vodilen dokument:

- **Projektne cilji in uporabe BIM-a**
- **Organizacija projekta (specifične BIM vloge)**
- **Definicija procesov**
- **Definicije LOD (LoD, LoI, LoC)**
- **Protokol sodelovanja**
- **Kontrola kakovosti**
- **IT infrastruktura**
- **Smernice za modeliranje**
- **Rezultati uporabe BIM-a**





# BEP in organizacijska struktura implementacije BIM procesa

## BIM Manager (Naročnik)

- načrtovanje strategije implementacije BIM na projekt na najvišji ravni, ...

## BIM nadzornik

- nadzor nad celotnim BIM procesom v času trajanja projekta, izdelav 4D/5D modela, ...

## BIM koordinator (Nadzornik)

- koordinira izvajanje zadolžitev Nadzornikov v BIM-procesu, ...

## BIM Manager (Projektant)

- načrtovanje in nadzor nad izvajanjem implementacije BIM za potrebe projektiranja, ...

## BIM Koordinator (Projektant)

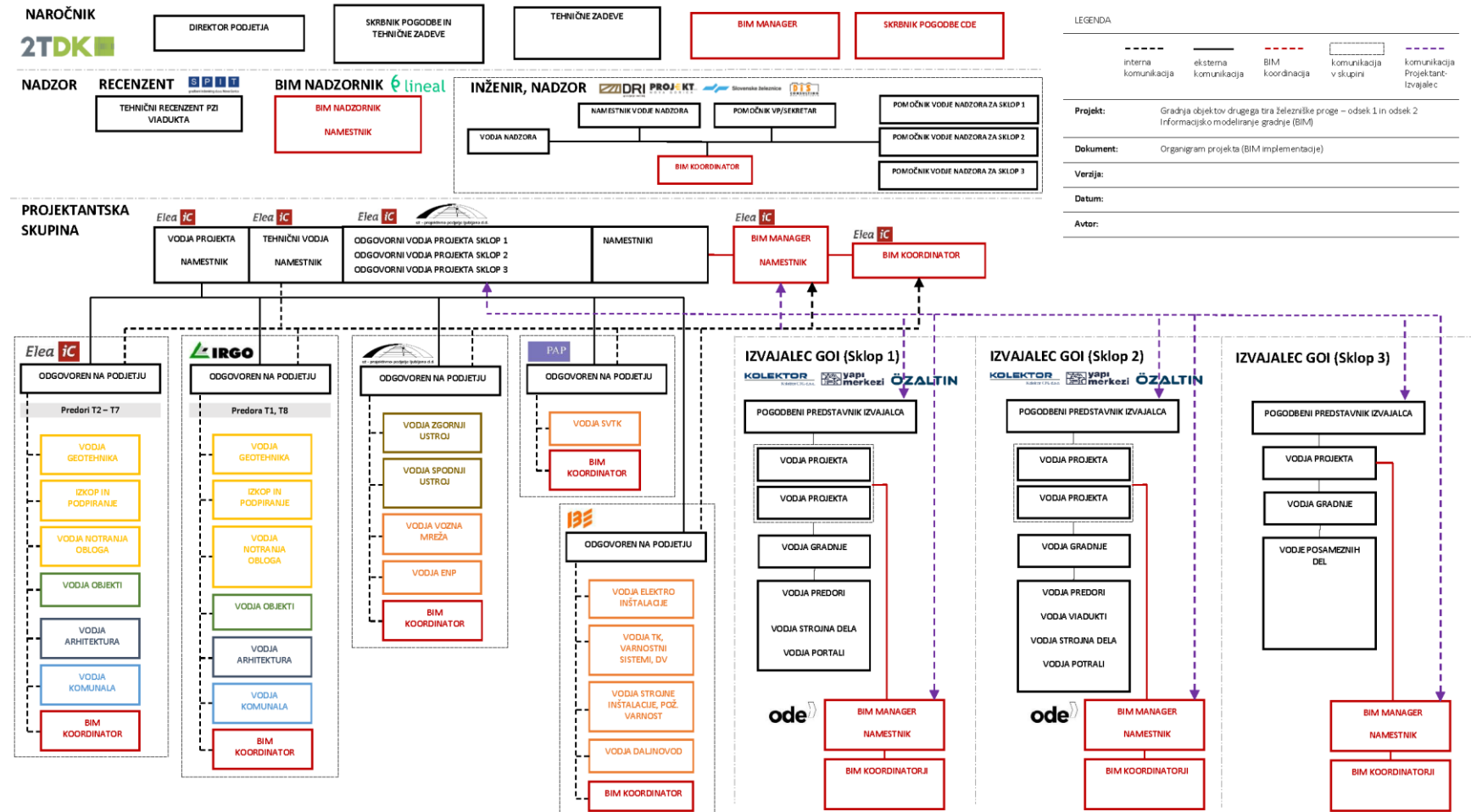
- koordinacija aktivnosti definiranih v projektantskem BIM izvedbenem načrtu, ...

## BIM Manager (Izvajalec)

- načrtovanje in nadzor nad izvajanjem implementacije BIM za potrebe izvedbe del, ...

## BIM Koordinator (Izvajalec)

- koordinacija aktivnosti definiranih v izvajalskem BIM izvedbenem načrtu ...



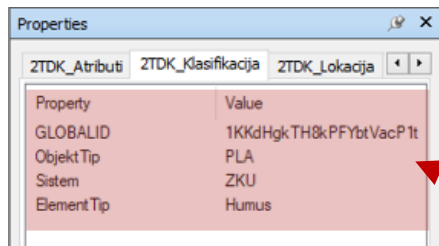
**Z natančno opredelitvijo kadrov, posameznih funkcij in odgovornosti v BIM procesu je zagotovljeno učinkovito sodelovanje vseh udeleženi, ki je ključno za uspešno implementacijo BIM procesa na projektu Drugi tir.**

# FAZA PROJEKTIRANJA – izdelava PZI

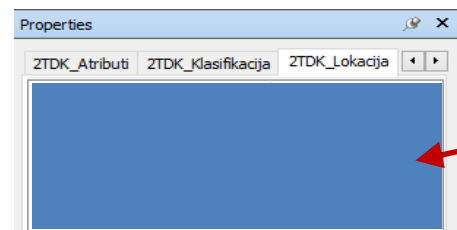
**3D model** → **BIM model**

Informacije v BIM modelih

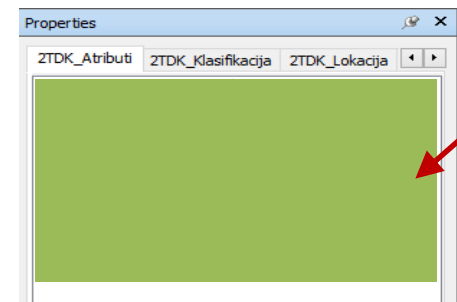
Element -> Seti atributov -> Atributi



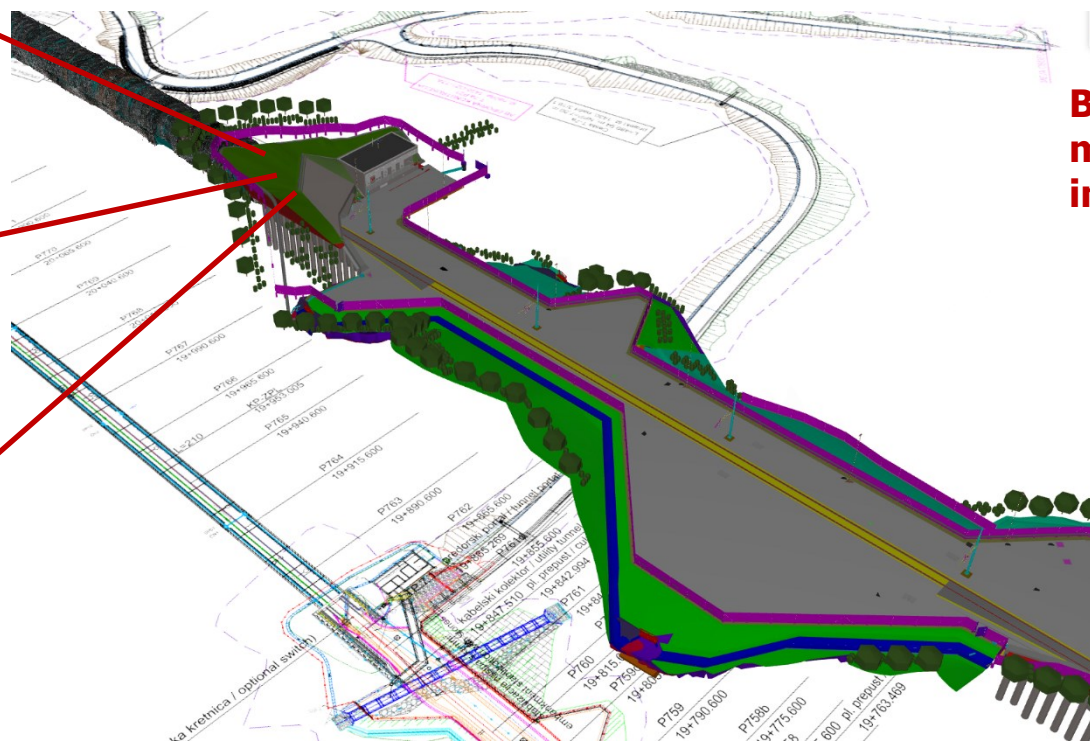
*Kakšen tip elementa je to?*  
**KLASIFIKACIJSKI ATRIBUTI**  
**2TDK\_Klasifikacija**



*Kje se nahaja ta element?*  
**LOKACIJSKI ATRIBUTI**  
**2TDK\_Lokacija**



*Kaj vsebuje ta element?*  
**OPISNI ATRIBUTI**  
**2TDK\_Atributi**



**Brez dodatnih informacij v BIM modelih (atributi na BIM elementih) imamo samo „prazne“ 3D oblike.**

Standardni atributi omogočajo vzpostavitev:

- Avtomatskih pravil za kontrolo
- Pravil za zaznavanje kolizij
- Dinamičnih povezav s popisi del

Točna definicija tipov elementov in njihovih atributov je ključna - standarda za to ni.  
Na projektu 2TDK se je izdelal projektni standard glede na literaturo in izkušnje iz preteklih projektov.

# FAZA PROJEKTIRANJA – izdelava PZI

Osnovni zbirni BIM model trase → več kot 614 BIM podmodelov → več kot 432.000 elementov

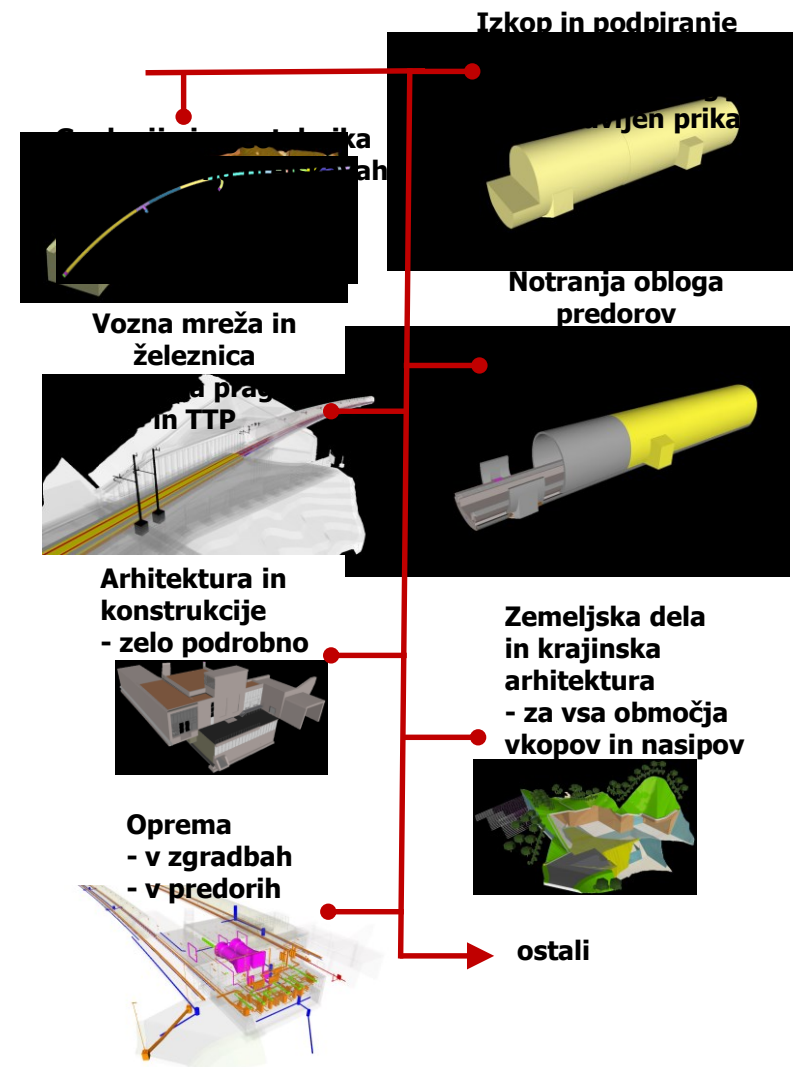
Zbirni BIM model 2. tira je razdeljen na dva dela:

- prvi del - BIM model trase od Divače do Črnega Kala
- drugi del - BIM model trase od Črnega Kala do Kopra
- Izdelan 3D model BIM viadukta Glinščica
- Izdelan 3D model BIM viadukta Gabrovica
- Izdelan 3D model BIM viadukta Vinjan
- 3D model BIM za Skop 3 – bo izdelan po podpisu pogodbe z izvajalcem

Pri razvoju elementov posameznih BIM modelov so upoštevane zahteve za določanje podrobnosti modela (LoD) tako, da so izpolnjene potrebe po geometrijskih podrobnostih gradnikov.

Vsi podmodeli so izdelani v IFC formatu, ki omogoča izmenjavo med različnimi izvajalci in programskimi orodji.

## Delitev BIM modelov na discipline

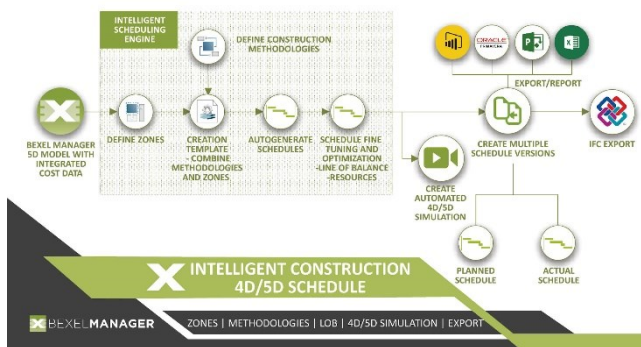


# FAZA GRADNJE - 4D/5D modeliranje

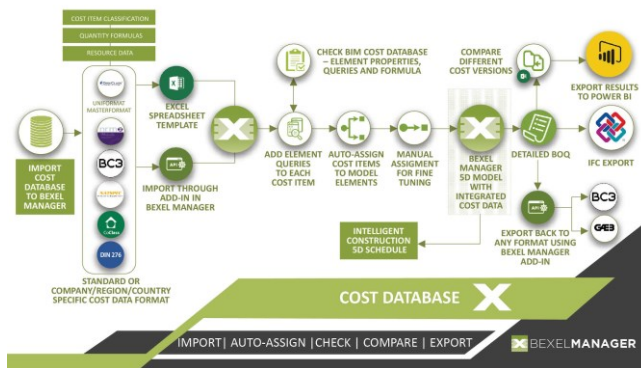
3D BIM  
(faza PZI)

- Generalni terminski plan (faza PZI)
- Projektantski predračun (faza PZI)

Osnovni 4D in 5D model BIM



BIM nadzornik



Podpis pogodb za Sklop 1 in 2  
med  
2TDK + Izvajalci gradbenih del

Prilagajanje osnovnega 4D/5D modela BIM na tehnologijo izvajalcev - posodobitev s podrobnim terminskim planom izvajalca + stroškovne baze s postavkami iz pogodbenega predračuna

Posodobljen 4D/5D model BIM - osnova za vnos napredka gradnje drugega tira.



# Pregled podatkov in izdelava izvedbenega 4D/5D modela BIM

Pri izvedbi 4D modeliranja BIM se izvede postopek povezovanja gradnikov BIM z nalogami terminskega plana v ustreznem programskem okolju npr. Bexel Manager.

Struktura terminskega plana je vezana na popis del in razmerja med posameznimi aktivnostmi ter na attribute modela, ki definirajo prostorsko strukturo projekta (cone, stacionaže, faze gradnje ...).

Postopek priprave popisa del na osnovi predizmer iz modelov in povezovanje popisnih postavk z gradniki modela BIM vsem gradnikom BIM dodeli informacije o količinah in stroških ter zagotovi, da je takšen model primeren za izdelavo 4D/5D simulacije spremljanja napredka gradnje.

The screenshot displays the Bexel Manager software interface, which is used for BIM data management and 4D/5D model visualization. The interface is divided into several panels:

- Top Panel:** Contains navigation and tool options such as 'Manage', 'Selection', 'Clash Detection', 'Cost', 'Schedule', 'View', and 'Settings'. It also includes a toolbar with icons for various functions like 'Custom Colors', 'General Settings', '3D Settings', 'Viewpoint Settings', and 'Units'.
- Cost Editor Panel:** This panel is currently active and shows a table for 'Cost Item Definitions'. The table has columns for 'Code', 'Name', 'Daily Output', 'Quantity Type', 'Quantity Unit', 'Unit Cost', 'Quantity Formula', and 'Element Query'. Two items are listed:
 

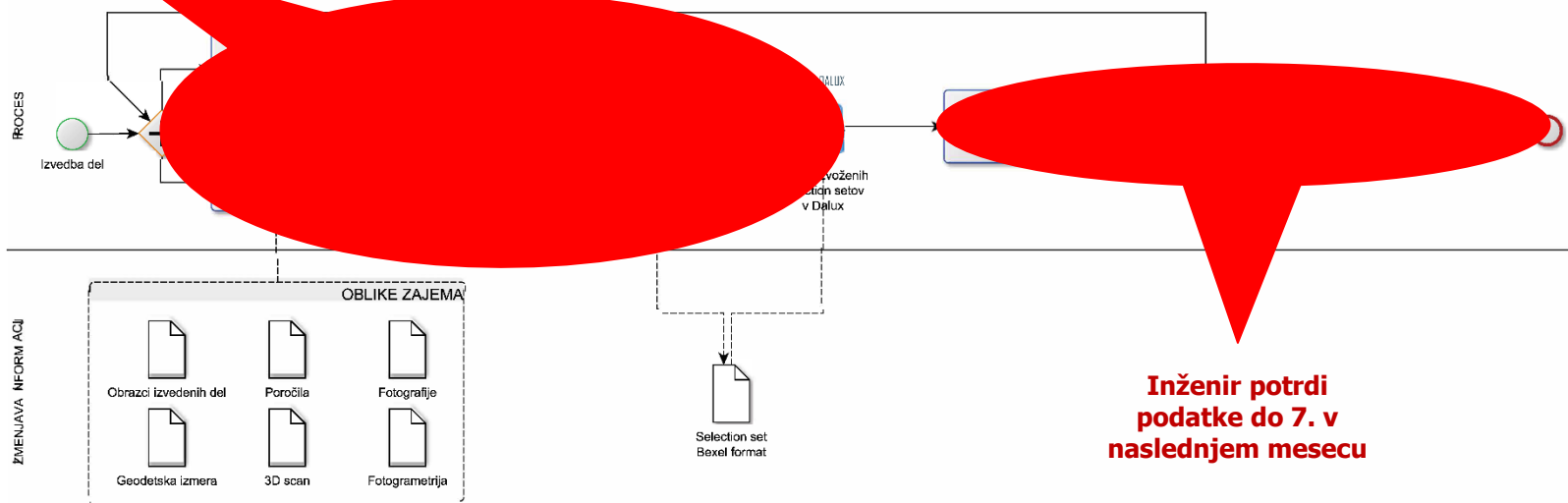
Code	Name	Daily Output	Quantity Type	Quantity Unit	Unit Cost	Quantity Formula	Element Query
S1-x2-21-1.00.00.00001	Izdelava amirantobotskega temelja droga tip L510 Pvp, glede na novi "Katalog temeljev stebrov vozne mreže" (S2-Projektivno podjetje, 2007) po katalogu določene dimenzije temelja so 110 x 110 x 160 (220) cm; Pozicija obtega sklop za temelj v materialu 2. kategorije; taarj z sklopnim materialom, odvoz odvečnega materiala na deponijo; izdelavo in postavitve opaža za del temelja, ki gleda izven terena ter armature in dobava in vgradnja betona kvalitete C 30/37, X4, XF3. Finalno obdelavo površine temelja, ki gleda izven terena. Z izdelavo, dobavo in vgradnjo ovlivka s sidrnimi vijaki in izvedbo električne izolacije med drogom in temeljem. Dimenzije temelja in armature so, glede na zgornje podatke, razvidne iz navedenega kataloga.	1	Numeric	Kos	1.000,00 €	1	{ElementTip 'Temelj' and [Objekt] = 'ODT' and [Cone] = 'D' and [ConaSifra] = 'D' and [DrogTip] = 'LS10' and [Dobar] = '1.1' and [Sifra] = '1.1' and [Visina] = '2.2'}
S1-x2-21-1.00.00.00002	Izdelava amirantobotskega temelja droga tip L510 Pvp, glede na novi "Katalog temeljev stebrov vozne mreže" (S2-Projektivno podjetje, 2007) po katalogu določene dimenzije temelja so 130 x 130 x 200 (280) cm; Pozicija obtega sklop za temelj v materialu 2. kategorije; taarj z sklopnim materialom, odvoz odvečnega materiala na deponijo; izdelavo in postavitve opaža za del temelja, ki gleda izven terena ter armature in dobava in vgradnja betona kvalitete C 30/37, X4, XF3. Finalno obdelavo površine temelja, ki gleda izven terena. Z izdelavo, dobavo in vgradnjo ovlivka s sidrnimi vijaki in izvedbo električne izolacije med drogom in temeljem.	1	Numeric	Kos	1.500,00 €	1	{ElementTip 'Temelj' and [Objekt] = 'ODT' and [Cone] = 'D' and [ConaSifra] = 'D' and [DrogTip] = 'LS10' and [Dobar] = '1.1' and [Sifra] = '1.3' and [Sifra] = '2.2'}
- Schedule Editor Panel:** This panel shows a Gantt chart for project tasks. The tasks are listed on the left, including '21DK - Odssek 1. Divača - Osi Kal', 'Datum začetka (rok izvedbe 40 mesecev do 12.9.2024)', 'Organizacija gradbišča', 'Predor T2 - 6017 m', 'Servisna cev T2', 'Preureditev DV 110 kV Divača - Koper v km 15-930 (T2-Kp) in preure.', 'Predkop Koper SC', 'ureditev gradbišča', 'čiščenje', '1. faza', 'izkop 2-4 klg', 'mreže, BB, sidra', 'sidne grede nad čelom', and 'geotehnična sidra - vtiranja, inij., naperjanje - 35 in 34 m'. The Gantt chart shows the duration of these tasks from May 2021 to June 2021.
- 3D View Panel:** This panel displays a 3D model of the project, showing the layout of the railway tracks, tunnels, and other infrastructure. The model is color-coded to represent different elements and phases of the project.

# Spremljiva napredka gradnje s 4D/5D BIM modelom - protokol

**BIM nadzornik - pregled usklajenosti potrjenih podatkov situacije do 20. v naslednjem mesecu in izdela poročilo za Naročnika (PowerBI)**



**Izvajalec vnese podatke do 25. v mesecu**

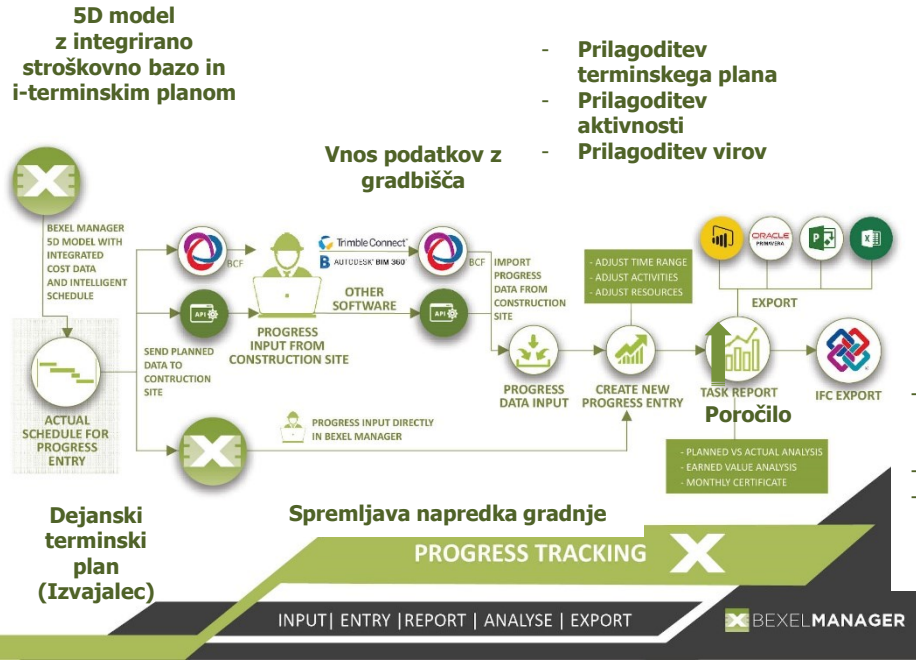


**Inženir potrdi podatke do 7. v naslednjem mesecu**

- **Primerjava situacije z BIM modelom**
  - Ničeno stanje – presečni datum 31.5.2022 (obdobje od 1.4.2021 do 31.5.2022)
  - Junij 2022
  - Julij 2022
  - Avgust 2022
  - September 2022
- **Sprememba BIM modela – posledica sprememb in odstopanj pri izvedbi (kraški pojavi, itd...)**

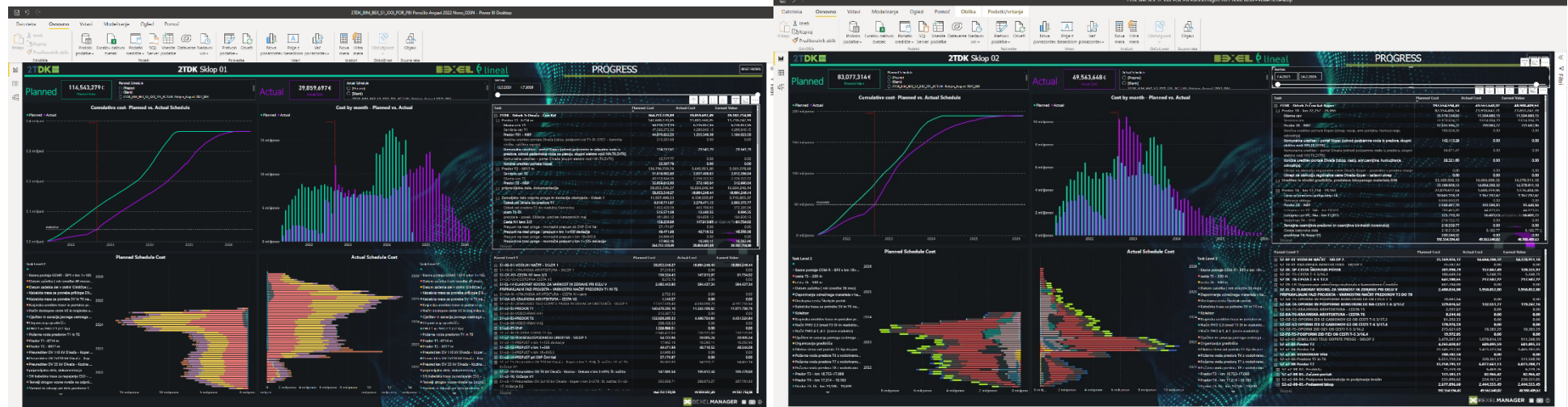
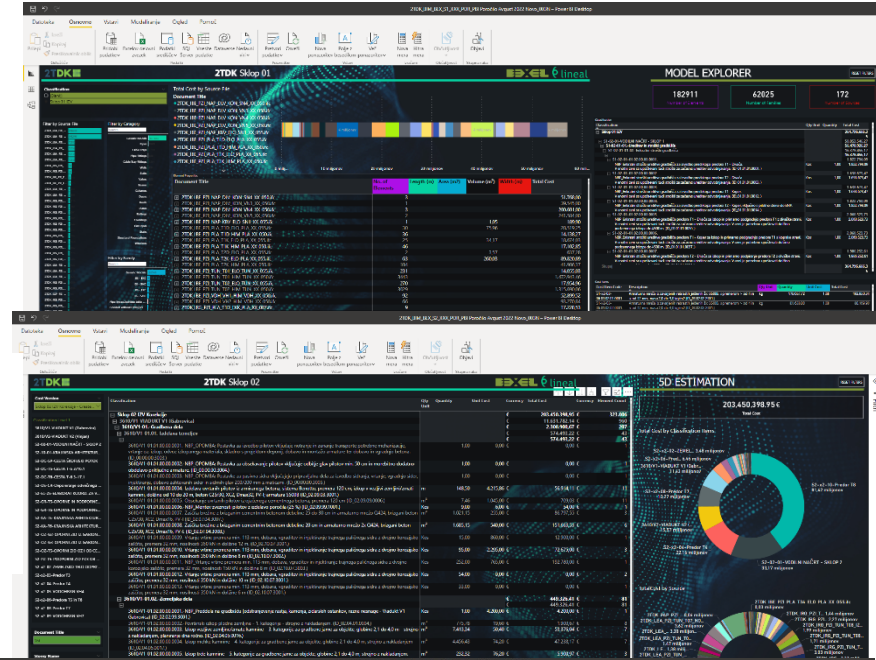
# SPREMLJANJE GRADNJE S 4D/5D MODELOM - napredne podatkovne analize

V integriranem 4D/5D modelu so BIM gradniki povezani z aktivnostmi terminskega plana in popisnimi postavkami zato se vnos realnega napredka na podlagi gradnikov modela neposredno odrazi v spremembah terminskega plana in količinah/izvedbi iz popisa del.



Analiza Načrtovano-Izvedeno:

- primerjava posodobljenega terminskega plana s projektnim terminskim planom potrjenim pred začetkom gradnje (Baseline Schedule),
- primerjava stroškovnega toka projekta (Cash Flow Analysis),
- primerjava kumulativnih stroškov (Cumulative Cost) ali t.i. imenovana S-krivulja.





# SPREMLJANJE GRADNJE S 4D/5D MODELOM - napredne podatkovne analize

## ANALIZA PRISLUŽENE VREDNOSTI (Earned Value Analysis - EVA):

Standardna metoda merjenja napredka projekta - analiziramo preteklost projekta, pridobljeni podatki pa nam pomagajo pri obvladovanju projekta v prihodnosti.

Analiza sprememb/kontrola stroškov in terminskega plana - merimo stroškovne in časovne učinke projekta.

Merimo doseženo/opravljeno na projektu v določenem trenutku – primerjava planiranih stroškov za opravljeno delo (EV - prislužena vrednost) z dejanskimi stroški za opravljeno delo (AC - dejanski stroški) oziroma s planiranimi stroški za planirano delo (PV – planirana vrednost).

Poleg stroškov in terminov, je možno in priporočljivo spremljati tudi katerekoli druge količine npr. delovne in režijske ure, porabo materiala, uporabo strojev itd.

**Vprašanja, na katera odgovarja EVA na podlagi že izvedenega so:**

**Ali gre projekt po planu?**

**Ali smo v stroškovnem okviru?**

**Katera so bistvena odstopanja?**

**Zakaj so se pojavila odstopanja?**

**Kakšna je bila napoved do danes?**

**Vprašanja, na katera odgovarja EVA glede izvedbe v prihodnosti, so:**

**Kdaj bo projekt končan?**

**Kakšni bodo končni stroški?**

**Kako lahko obvladujemo napoved za naprej?**

**SV (Schedule Variance – odmik terminskega plana):**

$$SV = EV - PV$$

**SPI (Schedule Performance Index – terminski indeks) – merilo uspešnosti ali učinkovitosti:**

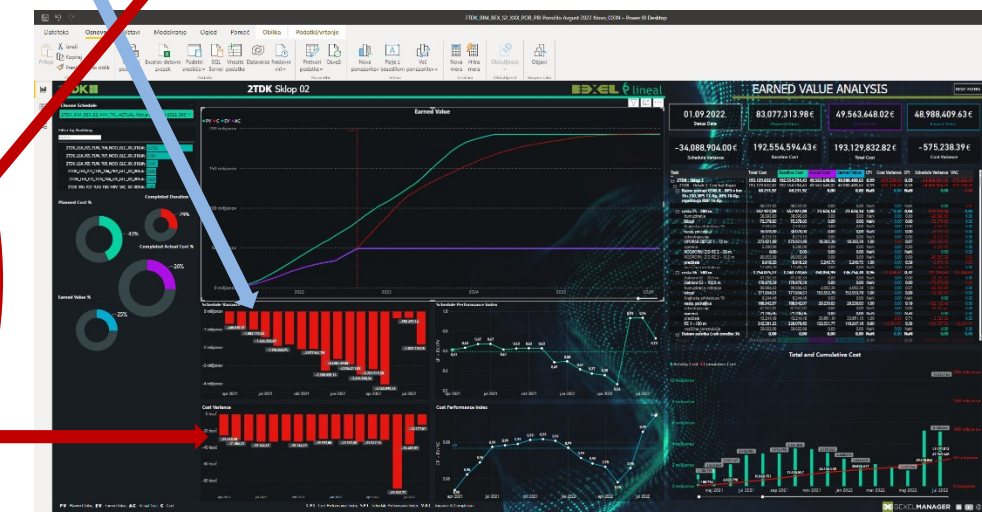
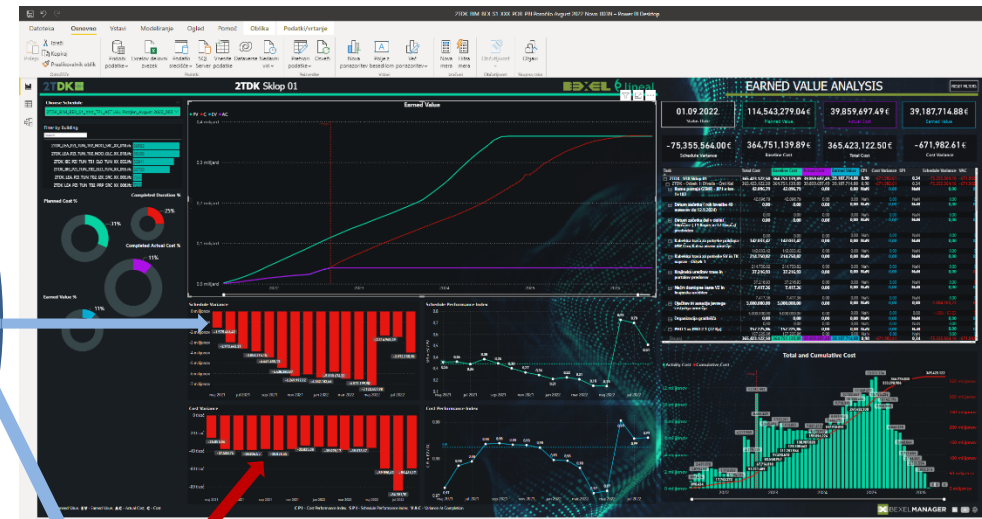
$$SPI = \frac{EV}{PV}$$

**CV (Cost variance – stroškovni odmik):**

$$CV = EV - AC$$

**CPI (Cost Performance Index - stroškovni indeks):**

$$CPI = \frac{EV}{AC}$$





# CDE - Skupno podatkovno okolje

- Skupno podatkovno okolje ali CDE (Common Data Environment) - Dalux - enotni vir resnice (Single Source Of Truth) na projektu Drugi tir.
- Vsi udeleženi na projektu Drugi tir imajo znotraj CDE takojšen dostop do najnovejših, najbolj ažurnih informacij, vključno z vso tehnično dokumentacijo.
- CDE omogoča tudi medsebojno komunikacijo in sodelovanje članov projektne skupine od kjerkoli na svetu.
- Informacije o projektu se nenehno posodablajo, vse posodobitve in spremembe se zabeležijo v varno revizijsko sled, ki ohranja enoten vir informacij.
- Celoten proces spremljanja napredka gradnje poteka v CDE - posodobljena različica 4D/5D BIM modela za spremljanje napredka gradnje se oddaja enkrat mesečno na lokaciji na projektne portalu (CDE), do katere imajo dostop le pooblašene osebe na projektu.

<https://build.dalux.com/client/297514/location/default>

# ZAKLJUČEK

## Izvajanje BIM procesa na projektu Drugi tir omogoča:

- učinkovito, strukturirano in transparentno sodelovanje/komunikacijo med vsemi sodelujočimi na projektu,
- učinkovit nadzor kakovosti pred začetkom gradnje, med gradnjo in v obdobju prevzema oziroma predaje objekta,
- načrtovanje usklajenih projektних rešitev,
- izdelavo konsistentne, usklajene in natančne projektne dokumentacije,
- učinkovito in transparentno spremljanje gradnje s 4D in 5D BIM modelom,
- učinkovito poročanje upravi,
- izdelavo natančnega 6D/7D BIM modela za potrebe vzdrževana in upravljanja.

## Izzivi za prihodnje:

- Implementacija BIM pristopa na Sklopu 3.
- Izdelava PID (projektna dokumentacija izvedenih del za pridobitev uporabnega dovoljenja - uporaba in vzdrževanje objektov na trasi Drugega tira).

**Odločitev za uporabo BIM pristopa v sami zasnovi projekta Drugi tir je bila strateška saj je pravočasno mobilizirala stroko in združila obstoječe znanje na področju BIM-a.**

**V Sloveniji postaja uporaba BIM-a pri projektiranju javnih projektov obveza z zakonitvijo v 39. členu novega GZ-1 obveza – implementacija je obvezna leta 2025.**

# ZAHVALA

Vsem sodelujočim pri implementaciji BIM procesa na projektu Drugi tir se iskreno zahvaljujemo za konstruktivno in visoko strokovno sodelovanje.

Projektanti: Elea IC, Irgo Cons, SŽ-PP, IBE, PAP, KO-Biro, ODE, Pipenbaher Consulting Engineers

BIM nadzornik: Lineal, Bexel Consulting

Nadzorni inženir: DRI

Administracija CDE: Kolektor Koling

Izvajalci gradbenih del: Kolektor CPG, Yapi Merkezi, ...

# Hvala za vašo pozornost!