

**АНАЛИЗА ТРОШКОВА ИЗГРАДЊЕ УСЛЕД ГРЕШАКА НАСТАЛИХ РАДОМ У BIM ОКРУЖЕЊУ****ANALYSIS OF CONSTRUCTION COSTS DUE TO ERRORS ARISING FROM WORKING IN A BIM ENVIRONMENT**Богдан Почуча, Мирјана Терзић, *Факултет техничких наука, Нови Сад***Област – ГРАЂЕВИНАРСТВО**

**Кратак садржај** – Овај рад анализира трошкове изградње, насталих и поред свих погодности које данас пружа примена алата концепта BIM-а.

**Кључне речи:** BIM, грешке, трошкови изградње

**Abstract** – This document analyzes the costs of construction, occurred despite all the benefits that the application of BIM concept tools provides today.

**Keywords:** BIM, errors, costs of construction

**1. УВОД**

Building Information Modeling (BIM) или, Информационо моделирање објеката, један је од најперспективнијих примера развоја у индустрији архитектуре, пројектовања и изводјења грађевинарствених радова (AEC - Architectural Engineering and Construction). Са BIM технологијом, дигитално се конструише тачан виртуелни модел објекта. Када је завршен, компјутерски генерисан модел садржи прецизну геометрију и релевантне податке потребне за подршку активности изградње, производње и набавке потребне за реализацију објекта.

BIM такође укључује многе од функција потребних за моделирање животног циклуса зграде, пружајући основу за нове грађевинске могућности и промене у улогама и односима у склопу пројектног тима. Када се примени на одговарајући начин, BIM олакшава интегрисанији процес пројектовања и изградње који резултира бољим квалитетом објеката по нижим трошковима и скраћеном трајању пројекта.

**2. ОСНОВНЕ ПРЕДНОСТИ**

- **Већи степен префабрикације и предмонтаже** омогућених доступношћу пројектне документације без грешака. Ово се одражава кроз смањено време изградње у градилишним условима, и уопште смањено време добијања готовог производа. Такође се повећава и безбедност на раду јер се више посла, који се рецимо обављао на висини сада обавља у фабричким условима, што такође позитивно утиче и на квалитет изведених радова.

**НАПОМЕНА:**

Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био проф. др Игор Пешко.

- **Дељење модела међу различитим дисциплинама.** Ово је корисно не само за откривање колизија насталих током пројектовања, а омогућава истраживање секвенци изградње и међусобних зависности различитих извођачких тимова.
- **Унапређен тимски рад** – могућност координације активности међу извођачким тимовима различитих дисциплина. Ово значи да су традиционални проблеми везани за примопредају посла међу овим тимовима, сведени на минимум.
- **Смањење времена** – захваљујући могућности брже и тачније производње фабричких цртежа, произвођачи су у могућности да смање време испоруке. Ово се протеже ван “испоруке тачно на време” на “производњу тачно на време”, што је пракса која значајно смањује залихе и нуспојаве повезане са њима: трошкове складиштења, вишеструко руковање, оштећене или изгубљене делове, и тако даље.

**3. ПОДАЦИ О ПРОЈЕКТУ**

Пројекат (Сл. 1.) обухвата производњу, третман, претварање у течно стање, складиштење и транспорт природног гаса од Јамало-Ненецког аутономног округа до крајњих потрошача. Ресурсна база за фабрику биће резерве нафтног и гасног кондензатног поља Салмановског (Утренне).



СЛИКА 1- 3D приказ пројекта

Овај пројекат, у оквиру пројекта Artic LNG 2, предвиђа изградњу фиксног приобалног терминала на копну, за производњу, складиштење и истовар природног течног гаса како би се обезбедила испорука за бродске танкере.

Саме фабрике (3 производне линије гравитационог типа - ГБС) ће бити у потпуности изграђене у фабрици Новатек - Мурманск, а затим ће бити одвучене на своју сталну позицију на полуострву Гидан.

### 3.1. Локација пројекта

Пројекат се налази на полуострву Гидан (Сл. 2.), на крајњем северу, у Јамало-Ненецком административном округу Руске Федерације, на обали Обског залива.



СЛИКА 2 - Локација градилишта

У оквиру пројекта планирана је и изграђена морска лука која је искоришћена за обезбеђивање свих материјалних средстава, опреме и грађевинске механизације потребне за овај пројекат. Удаљеност по мору је 70 км од Сабете, 1850 км од Мурманска и 1950 км од Архангелска. Локација није повезана са друмском или железничком путном мрежом Руске Федерације из тог разлога опремљена је хелиодромом у сврху превоза радне снаге. Најближи међународни аеродроми налазе се у Сабети, на 70 км удаљености и у Новом Уренгоју, на 550 км удаљености.

### 3.2. Препреке које је било потребно савладати

Битно је поменути да је клима на Гиданском полуострву веома оштра, арктичка. Температура зими је од -26 до -30 °C степени, али зна се спустити и до -63 °C (Сл. 3.). Зими над полуострвом круже азијски антициклони. Када ослабе, са Атлантика долазе топљији. Као резултат, почиње отапање. У ово време пада доста снега, до 80 центиметара покривача. Зима је мразна, оштра, веома дуга. Овај период може трајати и до 8 месеци, а задржавање снега и до 10 месеци. Лето на полуострву је хладно, максимална температура достиже само плус 10-12°C степени. Све падавине падају између јула и августа. Јесен долази брзо, температура брзо пада. Стално се примећују јаки ветрови, дуге кише. У тундри мраз се јавља већ крајем августа.

	Јан	Фев	Мар	Апр	Мај	Јун	Јул	Авг	Сеп	Окт	Нов	Дек
Средња температура (°C)	-24.6	-25.1	-22.4	-16.1	-7.8	+0.7	+7.0	+7.0	+2.4	-6.4	-15.7	-20.3
Средњи минимум (°C)	-28.4	-29.1	-27.4	-21.2	-11.4	-1.8	+4.2	+4.2	+0.2	-8.9	-19.2	-23.8
Средњи максимум (°C)	-20.7	-21.0	-17.4	-11.0	-4.1	+10.3	+9.9	+9.9	+4.6	-3.9	-12.2	-16.6
Осаци (мм)	16	15	14	13	17	25	27	44	38	25	19	20

СЛИКА 3 - Годишње кретање температуре

Због одсуства копнених веза, јединствен пут за транспорт материјала био је морски пловни пут. Летња навигација је период са оптималним природним условима за кретање пловила на изабраној рути без пратње ледоломаца, а самим тим и једини период у години када је могућ транспорт озбиљнијих модула и

опреме, пре свега из безбедносних разлога. Период летње навигације је 1,5 месец - од августа до септембра +/- 15 дана.

Такође карактеристично за ову област је присуство поларних ноћи и поларних дана. Поларна ноћ траје од 23. новембра до 16. јануара. Током овог периода, сунце никада не излази изнад хоризонта. Насупрот овом је период од 1. до 30. Јуна, када Сунце не залази за хоризонт. Наравно, подразумева се да је период поларних ноћи далеко неблагоприятнији, и отежава услове рада.

Може се рећи да су управо ово главне препреке које је било неопходно савладати при пројектовању и планирању. А на начин да се добије што квалитетнији финални производ са свођењем периода изградње на минимум, што је наравно за собом донело и мање директне и индиректне трошкове.

### 3.3. Главна остварења ВМ-а на пројекту

**Префабрикација:** Применом алата концепта ВМ, производња ван локације је подигнута на максимум, што је значајно скратило рокове извођења радова у условима крајњег севера. Са овим су дошле и неизоставне предности у безбедности на раду, квалитету и продуктивности, јер су се радови одвијали у контролисаним фабричким условима.

#### Челичне конструкције

- Комплетна челична носећа конструкција цевовода, укључујући фундаменте и саму конструкцију, укупне тежине 8104tn била је префабрикована.
- У ове сврхе било је потребно ангажовати три Подизвођача, да би захтевана продуктивност била испоштована.
  - АО «Челябинский завод металлоконструкций»
  - Сибирский завод металлических конструкций
  - А ГРУПП Стальные Конструкции

#### Модуларни објекти – VAU (Vendor Assembled Unit)

Два објекта (Central Control Building / Electrical Substation) су стигла потпуно готова (Сл. 4.). Затак на градилишту био је истоварање објеката са транспортног брода, позиционирање (монтажа) у пројектни положај и прикључење на већ припремљену инфраструктуру.



СЛИКА 4 – Central control building/electrical substation

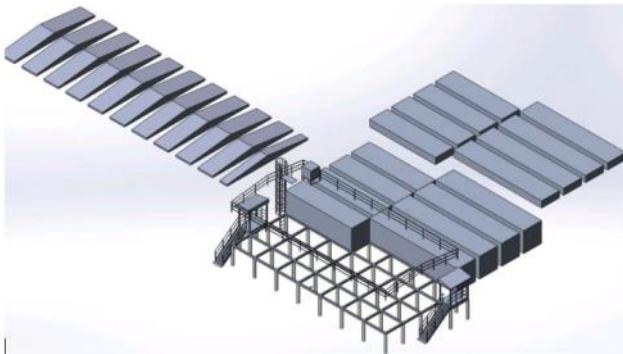
Компанија задужена за префабрикацију:

- БОМЕСЦ Оффшорс Енџинееринг Цомпану Лимитед - Цхина уард
- седам објеката било је модуларног типа (Сл. 5.). Састојали су се из више јединица, максимално „склопљених“, и габарита који су

омогућавали редован транспорт, тј. независно од доба године.

У зависности од намене објекта, ангажована су 4 специјализована Подизвођача, чија је дужност била пројектовање и префабрикација, у свему по процедурама Главног извођача – Тецхнп Енерџис, и стандардима Руске федерације.

- ЗАО «Омский завод инновационных технологий»
- ООО «Челябинский завод мобильных энергоустановок и конструкций»
- ХУДРОГАС ЈСЦ
- ООО "Модульные котельные системы"



СЛИКА 5 – Module units

**Еасу плант – 3D визуализација (Сл. 6):** На конкретном пројекту, у поменуте сврхе кориштен је програм Еасу плант 3D. Еасу плант 3D поред саме визуализације омогућава такође увоз и извоз информација које прате ток грађења, и тиме ствара одличан увид у то како напредује пројекат. Битно је напоменути да је уговором регулисана обавезана предаја Дневних извештаја од стране свих Подизвођача до 10h сваког дана, без чега коришћење овог програма не би имало пуно смисла.



СЛИКА 6 - 3D визуализација

#### 4. ГРЕШКЕ НАСТАЛЕ У ВІМ ПРОЦЕСУ

Полазна тачка ове анализе јесте регистар свих одобрених техничких решења на пројекту АРЦИЦ LNG2 – пакет СWРЗВ.

Другим речима, регистар техничких решења на пројекту АРЦИЦ LNG2 – пакет СWРЗВ, јесте списак свих измена пројекта. Изузев мањег броја решења везаних за одобрење материјала, сва решења су настала услед потребе за исправљањем грешака

насталих услед пројектовања, префабрикације, транспорта...

Поред осталих додатних трошкова, тема анализе јесте само увећање цене за монтажу челичних конструкција у односу на уговорену цену.

У датој анализи сва решења подељена су на 4 групе (Сл. 7) у зависности од извора настанка проблема. Даље, ове групе су још детаљније подељене:

Izvor problema	%
<b>Greska logistike - transporta</b>	<b>7,85%</b>
Manjak materijala	0,17%
Neodgovarajući materijal	3,62%
Odsustvo materijala	2,54%
Oštećenje/deformacija	1,53%
<b>Greska prefabrikacije</b>	<b>17,85%</b>
Fizička greška, odstupanje od fabričkog crteža	14,75%
Loša komunikacija Izvođača i podizvođača, potreban veći stepen BIM-a	2,99%
Narušen redosled montaže	0,11%
<b>Greska projektovanja</b>	<b>47,80%</b>
Neadekvatno projektно решење, neusklađenost sa domaćim standardima, upotreba 2D crteža	4,97%
Nepodudarnost / kolizija među istim ili raznim disciplinama	32,49%
Nizak nivo informacije	7,85%
Problemi sa predajom projektne dokumentacije - odsustvo ili pozne izmene projekta	2,49%
<b>Izvođačka neophodnost</b>	<b>26,50%</b>
Greška podizvođača, izgubljen materijal	0,62%
Greška podizvođača, oštećen materijal	1,24%
Proizvodni i geopolitički momenti	6,95%
Zahtev za dodatno pojašnjenje	5,59%
Zahtev za odobrenje materijala	6,33%
Zahtev za odobrenje odstupanja	0,45%
Zahtev za odobrenje projekta, zona odgovornosti podizvođača	2,82%
Zazori na konstrukciji, veći od 0,3mm	2,49%
<b>Ukupno</b>	<b>100,00%</b>

СЛИКА 7 - Подела решења

#### 5. АНАЛИЗА УВЕЋАЊА ЦЕНЕ МОНТАЖА ЧЕЛИЧНИХ КОНСТРУКЦИЈА

Број техничких проблема везаних за монтажу носећих челичних конструкција износио је 598 (Сл. 8), што у односу на укупан број идентификованих проблема 1770, чини не малих 34%.

Izvor problema	%
<b>Greska logistike - transporta</b>	<b>28</b>
Neodgovarajući materijal	7
Odsustvo materijala	2
Oštećenje/deformacija	19
<b>Greska prefabrikacije</b>	<b>218</b>
Fizička greška, odstupanje od fabričkog crteža	176
Loša komunikacija Izvođača i podizvođača, potreban veći stepen BIM-a	42
<b>Greska projektovanja</b>	<b>244</b>
Neadekvatno projektно решење, neusklađenost sa domaćim standardima, upotreba 2D crteža	17
Nepodudarnost / kolizija među istim ili raznim disciplinama	210
Nizak nivo informacije	8
Problemi sa predajom projektne dokumentacije - odsustvo ili pozne izmene projekta	9
<b>Izvođačka neophodnost</b>	<b>108</b>
Greška podizvođača, izgubljen materijal	9
Proizvodni i geopolitički momenti	43
Zahtev za dodatno pojašnjenje	28
Zahtev za odobrenje materijala	1
Zazori na konstrukciji, veći od 0,3mm	27
<b>Ukupno</b>	<b>598</b>

СЛИКА 8 - Технички проблеми везани за чк

Као референтну информацију треба изнети податак да је уговорена цена за извођење поменутих радова износила 373.369.535,21 Руб (Сл. 9).

Designation of price schedule items	Measurement Unit / Измерена Ед. мере	TOTAL Quantity / Купно Мито	Unit Price Supply / Единица цена поставе руб	Unit Price Labour / Единица цена работне сили, руб	Total Price Supply / Обща цена поставе, руб	Total Price Labour / Обща цена работне сили, руб	Total Direct Price, руб
<b>STRUCTURAL STEEL DIRECT COST SUMMARY</b>							
PRIMARY STRUCTURE	kg/т	4.470.864,33	-	-	252.248.419,72	252.248.419,72	
SECONDARY STRUCTURE, HANDRAIL AND LADDER	kg/т	940.340,56	-	-	91.535.849,25	91.535.849,25	
SOLID PLATE OR OPEN STEEL FLOORING	m²/м²	4.898,54	-	-	13.088.157,12	13.088.157,12	
ROOF, SIDING AND ACCESSORIES	m²/м²	459,22	-	-	1.379.184,62	1.379.184,62	
MISCELLANEOUS STEEL WORKS	kg/т	-	-	-	-	-	
	kg/т	349,00	-	-	1.109.443,08	1.109.443,08	
<b>GRAND TOTAL</b>	kg/т	<b>6.411.395,28</b>	-	-	<b>343.784.268,97</b>	<b>343.784.268,97</b>	
<b>GRAND TOTAL</b>	kg/т	<b>1.632,80</b>	-	-	<b>15.507.294,58</b>	<b>15.507.294,58</b>	
<b>GRAND TOTAL</b>	kg/т	<b>5.387,78</b>	-	-	<b>344.471.343,74</b>	<b>344.471.343,74</b>	

СЛИКА 9 - Уговорна цена монтаже чк

Прорачун додатних трошкова, заснован на анализи свих техничких решења, чија је реализација имала утицај на цену, показао је да увећање цене износи 39.083.239,90 Руб. Другим речима трошкови су скочили за више од 10% уговорене цене, из разлога

што комуникација и координација међу пројектним тимовима није била на довољно високом нивоу. Треба напоменути да поменута цифра није коначна, јер доказивање и правдање трошкова су тема многих састанака, и узимају велику количину инжењер часова. Процес је на данашњи дан још увек у току.

## 6. ЗАКЉУЧАК

У поређењу са укупним уштедама и квалитету изведених радова оствареним радом у ВІМ окружењу, анализирани додатни трошкови су занемарљиви. Шта више, оваквим и сличним анализама могуће их је приближно предпоставити и искористити у студијама исплативости при покретању нових пројеката. Ако констатујемо да је Ниво 2 ВІМ тренутно у употреби, као превенција сличних проблема може бити једино коришћење истог софтвера од стране свих пројектних тимова, и тиме обезбедити максималну могућу компатибилност размене информација, и наравно акценат поставити на што већи број састанака међу тимовима, тј. ојачати комуникацију. Следећи корак наравно биће Опен ВІМ, где ће сарадња свих струка бити омогућена употребом заједничког модела пројекта, где ће све стране моћи приступати моделу и уређивати га, што ће допринети уклањању ризика конфликта информација.

## 7. ЛИТЕРАТУРА

- 1) Eastman C. Teichoolz P., Sacks R., Liston Kathleen, BIM Handbook [https://www.academia.edu/3183272/BIM\\_handbook\\_A\\_guide\\_to\\_building\\_information\\_modeling\\_for\\_owners\\_managers\\_designers\\_engineers\\_and\\_contractors](https://www.academia.edu/3183272/BIM_handbook_A_guide_to_building_information_modeling_for_owners_managers_designers_engineers_and_contractors)
- 2) <http://dibs42.com/sr/2019/11/21/benefits-of-bim/>
- 3) <https://aabh.ba/sta-je-building-information-modeling-bim/>
- 4) Hrvatska komora inženjera građevinarstva- Opće smjernice za BIM pristup u graditeljstvu
- 5) <https://www.gradnja.me/clanak/247/Razlika-izme%C4%91u-3D-CAD-BIM-i-VDC-tehnologija>
- 6) <http://www.iceboatstudio.com/blogs/bim-vs-cad/>
- 7) <https://www.united-bim.com/bim-maturity-levels-explained-level-0-1-2-3/>
- 8) <https://bim-hrvatska.hr/koje-sve-dimenzije-bima-postoje/>
- 9) <https://www.teamcad.rs/index.php/srb/vesti/329-sta-je-lod>
- 10) <https://www.allplan.com/en/bim/bim-and-allplan/>

## Кратка биографија:



**Богдан Почуча** рођен је у Новом Саду 1991. год. Мастер рад на Факултету техничких наука из области Грађевинарства– Организација и технологија грађења одбранио је 2024.год.  
Контакт : bogdanpocusa@gmail.com



**Мирјана Терзић** рођена је у Вогошћи 1994. год.  
Мастер рад на Факултету техничких наука из области Грађевинарства је одбранила 2021. год, од када је у звању асистент-мастер.  
Контакт : terzic.mirjana@uns.ac.rs