

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/280495601>

# Structuri metalice în domeniul culturii: Teatrul Național de Operetă " Ion Dacian " din București

Conference Paper · May 2014

CITATIONS

0

READS

282

1 author:



[Nagy Zsolt](#)

Universitatea Tehnica Cluj-Napoca

41 PUBLICATIONS 96 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Research on multi story steel buildings [View project](#)



CFSExpert - Structural design tool for cold-formed steel structures [View project](#)

# Structuri metalice în domeniul culturii: Teatrul Național de Operetă “Ion Dacian” din București

Zs. Nagy <sup>\*1</sup>, Z. Kiss <sup>2</sup> și D. Candale <sup>3</sup>

<sup>1,2</sup> Universitatea Tehnică Cluj, Facultatea de Construcții, Departamentul de Structuri  
Str. Gh. Barițiu Nr.25, 400020, Cluj-Napoca, România

<sup>3</sup> “Gordias SRL” Cluj,  
Str.A. Iancu Nr. 18, 400089, Cluj-Napoca, România

## Rezumat

*Lucrarea de față descrie soluțiile tehnice adoptate la construcția noii săli pentru Teatrul Național de Operetă (TNO) „Ion Dacian”, localizată în București, la intersecția bulevardelor Mircea Vodă și Octavian Goga, în vecinătatea pasajului Mărășești. Soluția structurală din oțel a facilitat modelarea unei structuri complexe, adaptat soluțiilor concepute în planurile de arhitectură și să răspundă nevoilor și condițiilor formulate de beneficiar. Realizarea turnului scenei de 21 m înălțime susținut doar de 4 stâlpi, deschiderea liberă a planșeului de 16,6 m sau crearea unei structuri de susținere a fațadei vitrate pe o înălțime liberă de 12,8 m sînt doar cîteva din provocările la care echipa de proiect trebuia să facă față. Autorii au aplicat cu succes un set de soluții structurale atipice în situații neuzuale practicii curente de proiectare, demonstrate prin performanțele tehnico-economice descrise în lucrare. Articolul prezintă aspectele particulare ale procesului de proiectare menționate și evidențiază performanțele tehnice și economice ale soluțiilor proiectate.*

**Cuvinte cheie:** structuri metalice, edificii culturale, performanțe tehnice și economice

## 1. Introducere

Istoria acestei lucrări a plecat de la un cort temporar, pentru a asigura funcționarea Teatrului Național de Operetă (TNO) „Ion Dacian” pe perioada reabilitării vechiului spațiu folosit încă din anul 1987 din cadrul complexului de clădiri al Teatrului Național. Sediul vechi al Operetei fiind demolat, dorința veche al colectivului TNO de a-și desfășura activitatea într-un sediu propriu a condus la soluția unei noi săli pentru Teatrul Național de Operetă. Lucrarea descrie soluțiile tehnice și structurale adoptate la realizarea structurii noului spațiu din vecinătatea Bibliotecii Naționale, care va adăposti noua sală a Teatrului de Operetă „Ion Dacian”. Noua clădirea este situată la intersecția bulevardelor Mircea Vodă și Octavian Goga, în vecinătatea pasajului Mărășești. Conform memoriului de arhitectură, unul din obiectivele principale a fost realizarea unui sediu nou, gîndit și edificat conform noilor concepte de realizare a spectacolului, cu metode, tehnologii și echipamente moderne, care să fie capabil să ofere condiții ideale montării spectacolelor, precum și realizării efective a construcției după un concept modern de realizare, echipamente, tehnologii și spații moderne, corelate cu arta spectacolului.

Din punct de vedere arhitectural, inițial cu o suprafață desfășurată de 6381,50 m<sup>2</sup> distribuită pe 3 nivele, clădirea includea următoarele funcțiuni:

La subsol (suprafață 2008,00 m<sup>2</sup>) s-a prevăzut zona repetiții orchestră, compusă din sala de repetiții

---

\* Autor corespondent: Tel.: +40-743-060494  
E-mail: zsolt.nagy@dst.utcluj.ro

pentru orchestră, cabine individuale de repetiții muzicieni, cabine comune, depozite pentru costume, cismărie, spălătorie, croitorie, audio-video, depozit pentru partituri muzicale. Tot aici au fost amplasate și spațiile tehnice compuse din centrala termică, centrale de ventilație, hidrofor, pompe sprinklere, atelier mecanic, spațiu tehnic sub scenă, rezervoare de apă, grupuri sanitare, fosa pentru orchestră, adăpost apărare civilă și spațiile rezervate pentru circulații orizontale și verticale. Ulterior, subsolul ce era prevăzut numai pe cca. 2/3 din suprafața construită, din motive tehnice s-a extins la toată suprafața ocupată în plan.

La parter, pe o suprafață de 2946,50 m<sup>2</sup> au fost amplasate următoarele funcțiuni:

- foyer, garderoba, bar,
- sala auditoriu de 550 locuri,
- scena, buzunar scenă,
- sala repetiții cor, cabine coriști, cabine soliști cor, cabină dirijor,
- coafură, machiaj,
- restaurant, bucătărie, anexe, terasă restaurant,
- grupuri sanitare,
- spații rezervate circulației orizontale și verticale.

La etaj pe o suprafață de 1427,00 m<sup>2</sup> și-au găsit locul:

- supanta foyer, bar, grupuri sanitare public, club copii,
- cabine tehnice sală spectacol,
- cabine actori, odihnă balet,
- sala repetiții balet cu vestiar și grup sanitar,
- birouri conducere teatru, producători, personal tehnic,
- pasarele tehnice perimetru scenă,
- grupuri sanitare,
- spații rezervate circulației orizontale și verticale.

Principalele provocări la proiectarea suprastructurii de rezistență a clădirii, la care s-a optat pe soluție metalică se pot menționa următoarele aspecte particulare:

- sala de spectacole cu o înălțime liberă de 10 m trebuia să asigure o acustică perfectă;
- scena impunea realizarea unui turn cu înălțime liberă interioară de 18 m, cu o suprafață de 450 m<sup>2</sup>, ce descarcă exclusiv pe 4 stâlpi de susținere;
- foyerul de la intrare dezvoltat pe 2 nivele, care va fi deasemenea folosit în spectacole, arhitectonic impunea realizarea planșeului de la etaj cu o deschidere liberă de 16.6 m, ceea ce ridică probleme particulare de verificare la vibrații ale planșeului;
- fațada principală vitrată cu înălțime mare și cu părți în consolă, ceea ce ridică probleme particulare de verificare la deformații ale structurii și creșterea rigidității cu structuri auxiliare pe cabluri întinse.

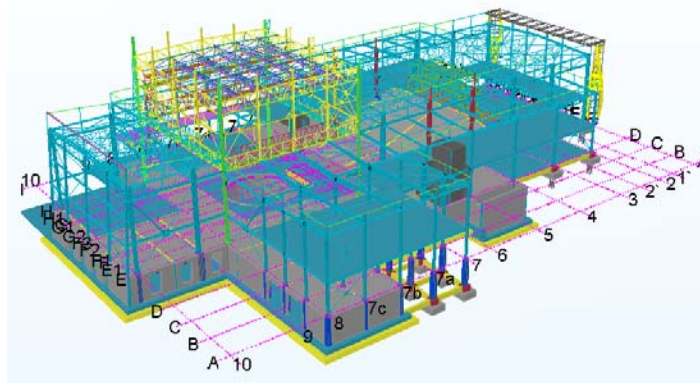


Figura 1. Ansamblu 3D cu structura în procesul de modelare

Echipa care a contribuit la realizarea proiectului:

- Investitor: Teatrul Național de Operetă „Ion Dacian” București
- Proiectant general: Carpați Proiect – București
- Arhitect: arh. Eliodor Popa
- Proiectant structură metalică **conf. Dr. Ing. Zsolt Nagy, ing. Dumitru Candale Gordias Srl – Cluj Napoca,**
- Proiectant infrastructură prof. Dr. Ing. Ioan Paul
- Verificator structură: Profesional Construct Srl – București,
- Antreprenor general: prof. dr. ing. Zoltán Kiss – Cluj Napoca
- Furnizor structură și închideri: Trekwerk, Olanda
- Lindab Srl – București

## 2. Descrierea detaliată a structurii clădirii

### 2.1 Structura metalică de rezistență

Structura principală de rezistență a teatrului a fost aliniată cu rastelul de stâlpi din beton armat din subsol. Din motive arhitecturale, volumetria clădirii a fost una specială (vezi Figura 2). Rastelul de stâlpi ai structurii de rezistență sunt dispuși la o distanță de 8 m pe direcție longitudinală, cu excepția zonei de balet, unde rastelul de stâlpi este cu interax de 5,5 m. Ferma de la nivelul acoperișului acoperă auditoriul și are deschiderea liberă de 21,5 m. Stâlpii cadrelor principale de rezistență sunt fixați încastrate la bază. Structura de rezistență s-a realizat în mare măsură din elemente executate din table sudate și țevi rectangulare și tubulare (ferme cu zăbrele), materialul selectat fiind S355 ( $f_y=355 \text{ N/mm}^2$ ). Protecția la foc a structurii s-a realizat conform scenariului de incendiu pentru 120 min pentru stâlpi și 60 min pentru grinzi cu vopsea termosfumantă.

Planșeul etajului s-a executat din beton armat monolit. De asemenea s-a ținut cont de conlucrarea oțel-beton în soluție compozită a planșeului prin prevederea unor gujoane pe grinzi transversale și longitudinale, reușind astfel menținerea perioadei proprii de vibrație peste limita critică de 5 Hz.

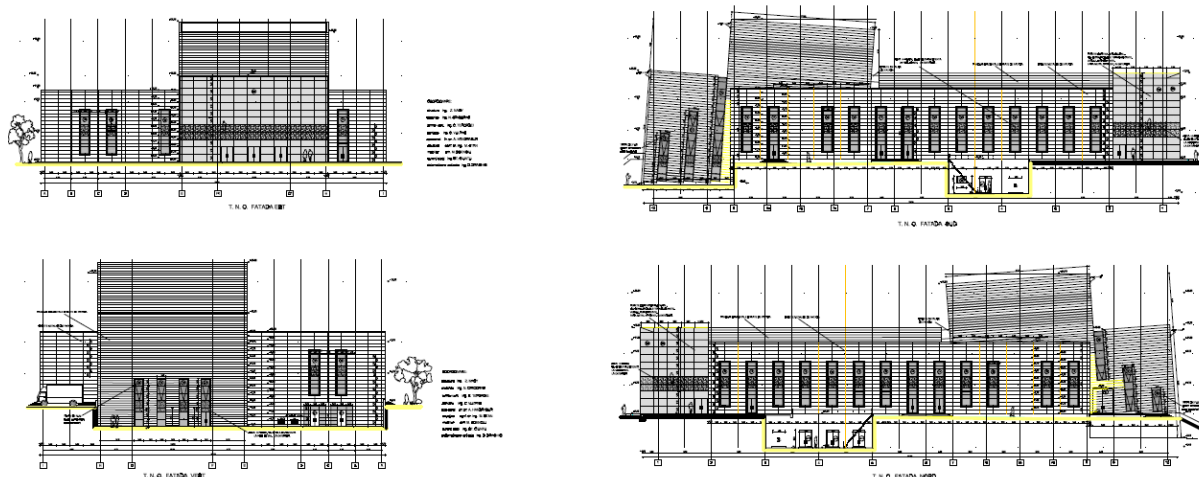


Figura 2. Fațadele clădirii TNO

### 2.2 Anvelopa clădirii

Soluția aleasă pentru realizarea învelitorii de la nivelul acoperișului a fost cu membrane polimerice, soluție adecvată să asigure impermeabilitatea acoperișului cu pante reduse. Pentru a asigura confortul termic și a optimiza costurile de încălzire a spațiilor interioare, s-a prevăzut un strat

termoizolator cu grosime de 150 mm și densitate duală sub membrană. Elementul suport al sistemului de învelitoare astfel alcătuit este o tablă cutată cu cută înaltă de 153 mm, care sprijină direct pe fermele transversale ale structurii de rezistență.

Pereții de închidere s-au realizat cu casete structurale de 120 mm, sistem de distanțieri și casete ornamentale de fațadă. Termoizolația pereților s-a realizat cu un strat izolator de 120 mm dispus în casetele structurale.

Peretele cortină a fațadei asigură lumina naturală a foayerului, dar în același timp tratamentul special al sticlei preîntâmpină efectul de seră pe timpul verii.

Soluția structurală a peretelui cortină cu montanți verticali de aluminiu constă într-o fixare a acestora la partea superioară prin intermediul unei structuri metalice realizate din țevi rectangulare, iar partea inferioară sprijină direct pe infrastructura de beton. Pentru a asigura lumina naturală a anexelor, au fost prevăzute ferestre laterale ce se extind pe ambele nivele. Cupolele de acoperiș funcționează ca trape de desfumare ale spațiilor de scenă și auditoriu în situația unui scenariu de incendiu.

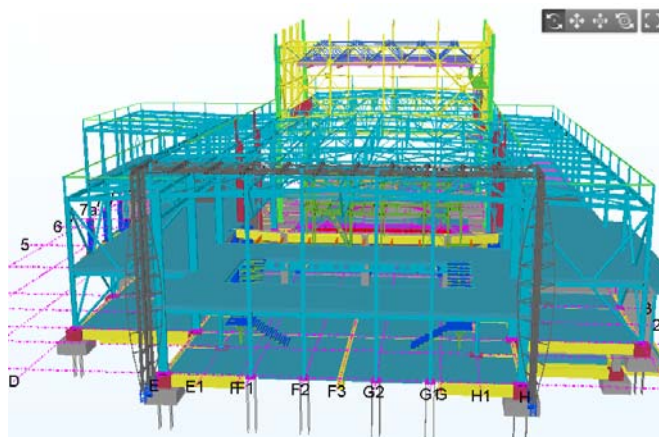


Figura 3. Structura văzută dinspre fațada principală.

### 3. Aspecte particulare privind proiectarea structurii de rezistență

În cazul structurilor complexe (și nu numai), proiectantul structurii se confruntă în general cu o serie de probleme în procesul de proiectare. Modificările succesive pe parcursul dezvoltării proiectului sînt componente naturale – caracteristice proceselor de tip dezvoltare / inovare și pot reprezenta surse de crearea unor economii, dar în același timp managementul necorespunzător al informațiilor pot foarte ușor elimina avantajele acumulate prin optimizare din proiectare.

Calculul structurii de rezistență și stabilitate s-a efectuat pe un model complex 3D.

Pentru a determina răspunsul structurii, în analiză s-a ținut cont de următoarele ipoteze de încărcări și combinații [1], normative valabile la momentul realizării proiectului (valori caracteristice):

- Încărcări utile la nivelul planșeului  $u_k = 3,5 \text{ kN} / \text{m}^2$
- Încărcarea din zăpadă la nivelul acoperișului și la nivelul zonelor expuse s-a evaluat în conformitate cu CR 1-1-3-2005 [2],  $s_{0,k} = 2.0 \text{ kN/m}^2$ , considerînd aglomerările specifice,
- Încărcări din vînt pe suprafața anvelopei clădirii s-a evaluat în conformitate cu normativul NP-082-04 [3],  $q_{ref} = 0.4 \text{ kN/m}^2$
- Încărcarea seismică s-a evaluat în conformitate cu P100-2006 [4], accelerația terenului de proiectare  $a_g = 0.24g$  și perioada de colț a spectrului de răspuns  $T_c = 1.6 \text{ sec}$ ;
- Combinații ale încărcărilor pentru starea limită ultimă (SLU) și starea limită de serviciu (SLS) sunt în conformitate cu CR-0-2005 [1].

Dimensionarea structurii de rezistență s-a realizat conform prevederilor SR-EN1993-1-1 [5], SR-EN1993-1-3 [6], SR-EN1993-1-5 [7], SR-EN1993-1-8 [8] și P100/2006-1 [4].

Dimensionarea și calculul structurii de rezistență și stabilitate s-a efectuat pe modelul 3D cu

ajutorul programului de calcul structural Consteel V.7 [9].

La dimensionarea structurii s-a avut în vedere respectarea condiției de rezistență și a condiției de stabilitate corespunzătoare stării limită ultime, respectiv a deplasărilor admise corespunzătoare stării limită de serviciu.

Datorită faptului că structura este situată într-o zonă seismică cu seismicitate ridicată, influența încărcărilor seismice asupra structurii a fost atent monitorizat.

Pentru a controla rigiditatea și deformațiile structurii, în planul acoperișului și al pereților perimetrali s-au prevăzut sisteme de contravântuiri. Pentru a împiedica pierderea stabilității laterale a fermelor de acoperiș, pe linia longitudinală a stâlpilor au fost prevăzuți ferme longitudinale de stabilizare.

Din punct de vedere al calculului structurii se pot evidenția următoarele aspecte particulare:

- scena impunea realizarea unui turn cu înălțime liberă interioară de 18 m, cu o suprafață de cca. 450 m<sup>2</sup> ce descarcă exclusiv pe 4 stâlpi de susținere,
- foayerul de la intrare dezvoltat pe 2 nivele, care va fi de asemenea folosit în spectacole, arhitectonic impunea realizarea planșeului de la etaj cu o deschidere liberă de 16.6 m, ceea ce ridică probleme particulare de verificare la vibrații ale planșeului,
- fațada principală vitrată cu înălțime mare și cu părți în consolă, ceea ce ridică probleme particulare de verificare la deformații ale structurii și creșterea rigidității cu structuri auxiliare pe cabluri întinse.

Paragrafele care urmează vor analiza aspectele particulare enumerate anterior.

### ***3.1 Structura de rezistență deasupra scenei***

Particularitatea acestei părți din structura de rezistență constă în diversitatea de încărcări și geometria aparte impusă de spațiul liber, ce necesită a fi asigurată la nivelul scenei. Tema impunea existența unor suporti echidistanți la nivelul acoperișului, încărcări agățate pe peretele vertical, cortina amplasată dintre suprafața de scenă și auditoriu a impus întreruperea pasarelei și păstrarea unei fante necesare trecerii și mișcării mecanismelor cortinei. Până și arhitectura introducea complicații, având pereții înclinați ai turnului față de verticală. Întregul turn cu înălțimea totală la atic de 22 m și o suprafață de 21,5x22 m este susținut de cei 4 stâlpi de colț. În vederea obținerii unui răspuns adecvat al structurii la încărcările aplicate, acești stâlpi s-au realizat cu secțiuni de tip cruce de Malta.

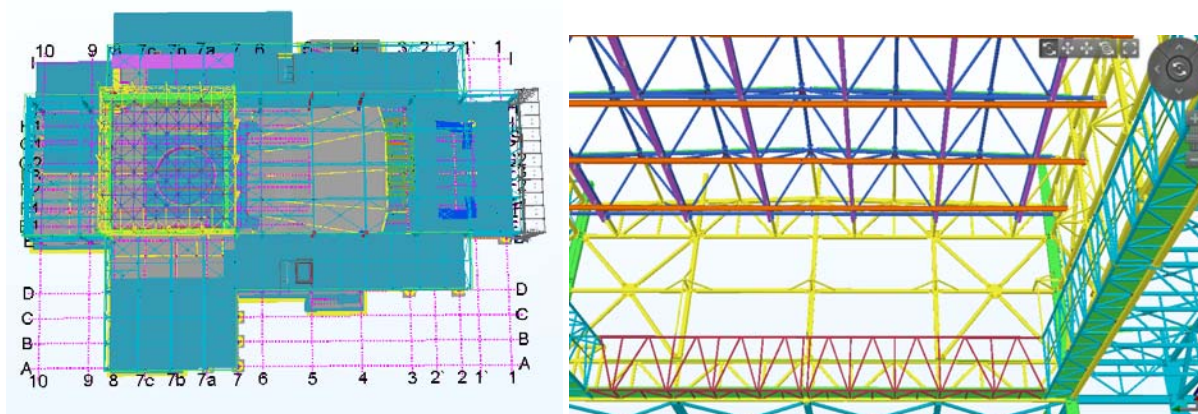


Figura 4. Structura în ansamblu în vedere de sus și structura turnului văzută din interior





Figura 5. Vederea structurii metalice a turnului în faza de montaj

### **3.2 Structura de susținere a planșeului foyer:**

Spațiile generoase proiectate prin soluția de arhitectură și golul în planșeul de la etaj au exclus posibilitatea dispunerii stîlpilor de susținere în zona centrală a intrării principale. Astfel în holul de primire de la intrare, trebuia rezolvată susținerea planșeului de la etaj pe o deschidere liberă de 16,60 m. Încărcările și deschiderile mari au necesitat o analiză detaliată la vibrații a soluției de planșeu. Utilizarea soluțiilor de grinzi celulare în variantă compozită oțel-beton au rezultat cu secțiuni adecvate pentru a respecta cotele de nivel impuse prin arhitectură și verificările la deformații și vibrații ale planșeului în varianta cea mai pesimistică de scenariu de încărcare rezultau cu perioadă de vibrații de peste 5,8 Hz.

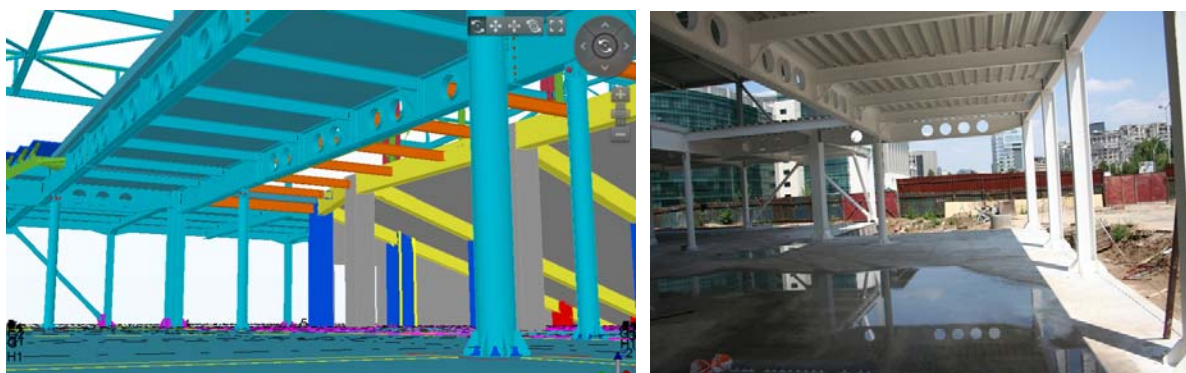


Figura 6. Structura de susținere a planșeului foyerului

### **3.3 Suprafața vitrată a fațadei principale**

Fațada vitrată a intrării principale de dimensiuni mari (12,80 m înălțime și 21,70 m lățime) cu părți amplasate în consolă, ridicau probleme privind menținerea deformațiilor în limite stricte. Soluția structurală proiectată pentru consolele laterale a fațadei s-a bazat pe o metaforă: forma spiralei DNS, ca suport al transmiterii cunoașterii în genetică, clădirea teatrului cu această amprentă pe fațadă capătă o valoare simbolică, de a transmite cunoaștere și cultură generațiilor, care se vor bucura de noul sediu al TNO.

Din punct de vedere structural, stîlpii de susținere amplasate la extremitățile fațadei cu cablurile sub forma spiralei DNS prezintă o foarte bună comportare atât la flambaj cît și la deformații din acțiunea vîntului.

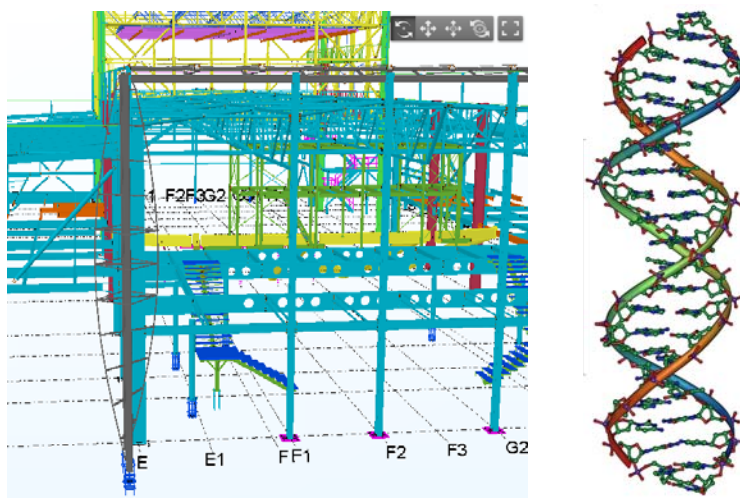
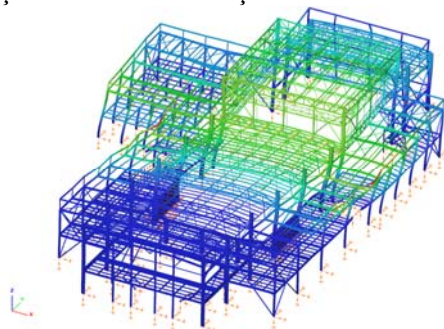


Figura 7. Metaforă: Structura fațadei și spirala DNS

### 3.4 Performanțe tehnico-economice

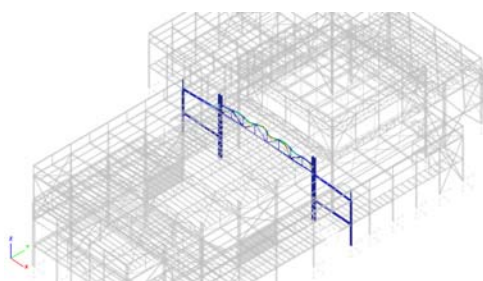
Pentru a evidenția performanțele tehnico-economice ale structurii proiectate, următoarele rezultate sunt relevante:

- Modul 1 de vibrație a rezultat translație trasversală cu frecvență de 2,15 Hz

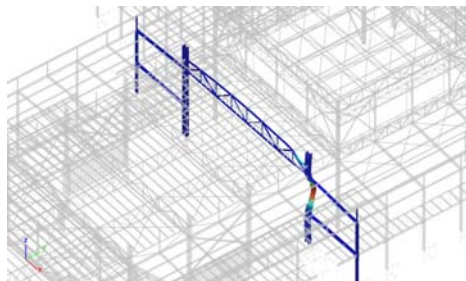


Mod.1 – 2,15 Hz

- Factor critic de amplificare a încărcării pentru combinația de dimensionare a fermelor deasupra auditoriului cu aglomerarea maximă de zăpadă  $\alpha_{cr}=9,84$
- Factor critic de amplificare a încărcării pentru combinația de dimensionare a stâlpilor cadrului deasupra auditoriului cu aglomerarea maximă de zăpadă  $\alpha_{cr}=29,01$



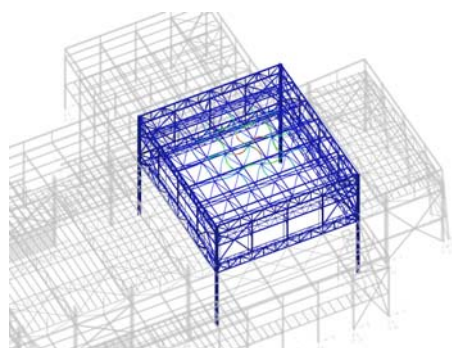
Ferma  $\alpha_{cr}=9,84$



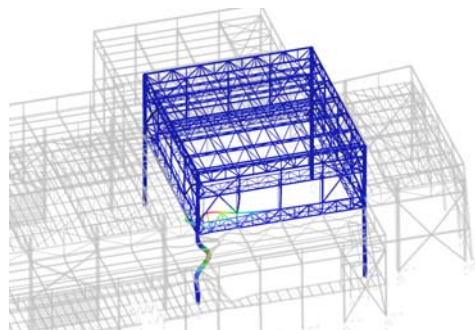
Stâlp  $\alpha_{cr}=29,01$

- Factor critic de amplificare a încărcării pentru combinația de dimensionare a fermelor deasupra turnului cu aglomerarea maximă de zăpadă și încărcare din vânt  $\alpha_{cr}=5,12$
- Factor critic de amplificare a încărcării pentru combinația de dimensionare a stâlpilor de susținerea turnului cu aglomerarea maximă de zăpadă și încărcare din vânt  $\alpha_{cr}=7,53$
- total confecție metalică 322 tone ceea ce înseamnă un consumul de oțel în structură raportat la suprafața utilă de cca. 73 kg /m<sup>2</sup>
- valoarea estimată a investiției 11,000,000 Euro.





Ferma  $\alpha_{cr}=5,12$



Stîlp  $\alpha_{cr}=7,53$

#### 4. Montajul structurii și urmărirea execuției

Dat fiind faptul că structura proiectată nu a fost una convențională, în urma detalierii rezultând foarte multe ansamble unicate, a fost strict necesar organizarea judicioasă a operațiunilor de montaj. Stîlpii de susținere a structurii de acoperire a scenei cu înălțimea de 20 m fiind nelegați pînă la înălțimea de 10,60 m au necesitat o atenție deosebită la montaj. Închiderile deasupra cotei +10,60 m, rezemate pe elemente orizontale la înălțime mare au impus ordinea montajului ansamblelor, care s-au cuprins în fișe tehnologice specifice, pentru a ghida activitatea echipei de montaj. Planul inițial ca structura reticulară de la nivelul acoperișului la o cotă de nivel de peste 18 m să se monteze la sol și să se poziționeze într-o singură etapă au fost schimbate din cauza costurilor mari a macaralei speciale de mare tonaj și a condițiilor de amplasament. Ca alternativă, structura spațială s-a asamblat pe porțiuni de ferme triunghiulare, completările transversale fiind făcute ulterior, toată operația fiind posibilă cu o macara cu o capacitate mai redusă.

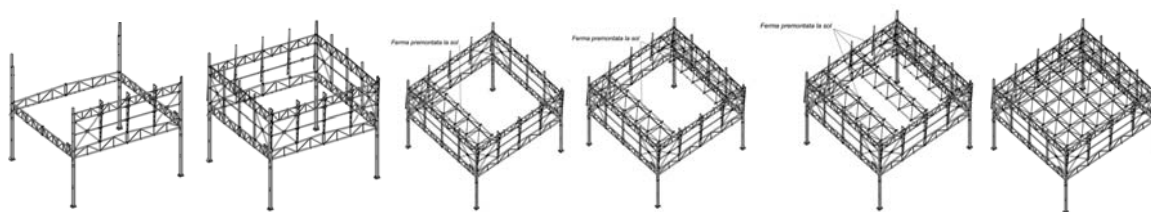


Figura 8. Tehnologia de montaj adoptată la montajul structurii turnului scenei



Figura 9. Structura scenei în faza de montaj

#### 5. Concluzii

Lucrarea de față prezintă o serie de aspecte din proiectarea și execuția structurii de rezistență al noului Teatru National de Operetă „Ion Dacian” din București, evidențiind particularitățile ce

caracterizează această lucrare. Realizarea turnului scenei de 21 m înălțime susținut doar de 4 stâlpi, deschiderea liberă a planșeului de 16,6 m sau crearea unei structuri de susținere a fațadei vitrate pe o înălțime liberă de 12,8 m sînt doar cîteva din provocările la care echipa de proiect trebuia să facă față. Autorii au aplicat cu succes un set de soluții structurale particulare în situații neuzuale practicii curente de proiectare, demonstrate prin performanțele tehnico-economice descrise în lucrare. Exemplul de față este un alt exemplu al rolului holistic la care trebuie să facă față și pe care trebuie să-și asume inginerii proiectanți de structuri într-o lume în permanentă schimbare. Exemplul evidențiază împletirea diferitelor specialități, care impun în anumite situații depășirea limitelor pe care rolul de proiectant trebuie să o îndeplinească, ceea ce necesită cunoștințe nu numai în domenii ingineresti.

Întreg patrimoniul construit, construcții de anvergură sau de mici dimensiuni, complexe sau simple, industriale sau rezidențiale, au o contribuție într-o formă sau alta la calitatea mediului înconjurător și al aspectului vizual, devenind astfel purtătoare de informații despre trecutul locului respectiv și al culturii generațiilor ce le-au edificat. Lucrarea de față prezintă aspectele particulare ale proiectării structurii de rezistență al unei clădiri reprezentative pentru domeniul cultural întipărint o metaforă în mediul vizual al Bucureștiului - forma spiralei DNS, ca suport al transiterii cunoașterii în genetică, clădirea teatrului cu această amprentă pe fațadă capătă o valoare simbolică, de a transmite cunoaștere și cultură generațiilor, care se vor bucura de noul sediu al TNO în viitor.

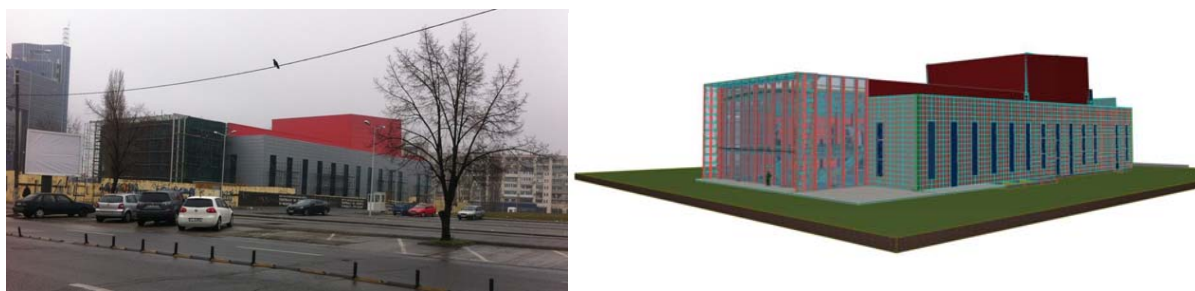


Figura 10. Structura acoperită și modelul virtual în stadiu de proiect

## Referințe

- [1] CR-0-2005: Cod de proiectare pentru bazele proiectării structurilor în construcții;
- [2] Cod de proiectare. Evaluarea acțiunii zăpezii asupra construcțiilor. Indicativ CR 1-1-3-2005;
- [3] Cod de proiectare. Bazele proiectării și acțiuni asupra construcțiilor. Acțiunea vîntului. Indicativ NP-082-04;
- [4] P100-2006: Cod de proiectare seismică P100. Partea I. Prevederi de proiectare pentru clădiri;
- [5] SR EN 1993-1-1 Eurocode 3: Proiectarea structurilor de oțel Partea 1-1: Reguli generale și reguli pentru clădiri;
- [6] SR-EN 1993-1-3: Eurocod 3: Proiectarea structurilor de oțel Partea 1-3: Reguli suplimentare pentru elemente structurale și table formate la rece;
- [7] SR-EN 1993-1-5: Eurocod 3: Proiectarea structurilor de oțel Partea 1-5: Elemente structurale din plăci plane solicitate în planul lor;
- [8] SR-EN 1993-1-8: Eurocod 3: Proiectarea structurilor de oțel. Partea 1-8: Proiectarea îmbinărilor.
- [9] Consteel software design manual – [www.consteelsoftware.com](http://www.consteelsoftware.com)