

# TEZĂ DE ABILITARE

Domeniul de doctorat: Inginerie civilă

Conf. univ. dr. ing. Edward PETZEK

Timișoara  
2025

# **TEZĂ DE ABILITARE**

**Proiectare orientată pe ciclul de viață pentru  
deconstrucția podurilor, reabilitarea podurilor  
și noi structuri eficiente și inovative de poduri  
integrale de cale ferată și șosea**

**Life-cycle oriented design for deconstruction of  
bridges and of new efficient and innovative  
integral railway and highway structures**

Conf. univ. dr. ing. Edward PETZEK

Timișoara  
2025

## Cuprins

<b>Rezumat.....</b>	<b>3</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>8</b>
<b>SECȚIUNEA I.....</b>	<b>11</b>
<b>REALIZĂRI ȘTIINȚIFICE, PROFESIONALE ȘI ACADEMICE .....</b>	<b>11</b>
1. Realizările profesionale, științifice și didactice.....	11
1.1. Realizări științifice.....	11
1.1.1. Introducere.....	11
1.1.2. Diseminarea rezultatelor cercetării.....	13
1.1.2.1. Articole în reviste cotate* ISI Thomson Reuters și în volume indexate ISI Proceedings .....	13
1.1.2.2. Articole în BDI – SCOPUS .....	15
1.1.3. Proiecte de cercetare și cu mediul economic.....	19
1.2. Realizări academice .....	21
1.2.1. Activitatea didactică .....	21
1.2.2. Formare profesională.....	33
1.2.3. Funcții și responsabilități.....	33
1.3. Prestigiul profesional.....	33
1.4. Membru al unor organizații profesionale.....	34
1.5. Recenzor conferințe naționale și internaționale și membru în echipa de organizare și editorială.....	34
1.6. Premii, diplome și medalii .....	34
2. Cercetări științifice ale autorului .....	36
2.1. Cercetări în domeniul podurilor .....	36
2.1.1. Cercetări în domeniul privind siguranța structurală prin aplicarea principiilor mecanicii ruperii la verificarea structurilor metalice - analize și încercări de laborator de Mecanica Ruperii .....	36
2.1.2. Reabilitarea structurilor de poduri cu durată mare de exploatare - inclusiv poduri - monumente istorice. ....	60
2.1.3. Cercetări în domeniul analizei LCC pentru structurile de poduri, durabilitate, robustețe structurală și sustenabilitate, standarde ca norme europene. ....	69
2.2. Cercetări în domeniu structurilor metalice sudate .....	79

2.2.1 - Structuri metalice sudate, procedee și detalii de sudare, alegerea calității materialului pentru confecția metalică sudată la poduri, conformare structurală d.p.d.v. al coroziunii și oboselii materialului, controlul tensiunilor și deformațiilor .....	79
2.2.2 - Analize de deformație / determinare de contrasăgeți pe faze tehnologice de construcție a podurilor .....	88
2.3. - Soluții inovative și eficiente de poduri integrale de cale ferată și de șosea validate prin încercări in situ cu convoaie de probă și monitorizări, structuri modulare. ....	92
<b>SECȚIUNEA II.....</b>	<b>141</b>
<b>PLANURI ȘI OBIECTIVE ÎN EVOLUȚIA ȘI DEZVOLTAREA CARIEREI.....</b>	<b>141</b>
3.1. Introducere .....	141
3.2 Dezvoltarea carierei științifice .....	141
3.3. Dezvoltarea carierei didactice (a activității educaționale) .....	147
<b>Referințe bibliografice .....</b>	<b>149</b>

## Rezumat

Teza de abilitare ” *Proiectare orientată pe ciclul de viață pentru deconstrucția podurilor, reabilitarea podurilor și noi structuri eficiente și inovative de poduri integrale de cale ferată și șosea*” sintetizează activitățile de cercetare și academice în domeniul ingineriei civile efectuate în perioada 2004-2025, după susținerea publică în data de 27.02.2004 a tezei de doctorat cu titlul ” Siguranța în exploatare și reabilitarea podurilor metalice”, doctorat în cotutelă UPT – TUM; Titlul: Doctor inginer, Facultatea de Construcții și Arhitectură, Universitatea „Politehnica” Timișoara cu calificativul foarte bine și distincția: „*magna cum laudae*”.

Lucrarea de față este structurată în trei părți distincte. În prima parte este redată o sinteză a lucrărilor științifice, academice și profesionale, partea a doua prezintă cercetările autorului, iar în secțiunea a treia sunt prezentate strategiile de evoluție și dezvoltare a carierei didactice și de cercetare ale acestuia.

În prima parte a tezei de abilitare (**Capitolul 1**) se menționează principalele realizări științifice, academice și profesionale, obținute în ultimii ani de la susținerea publică a tezei de doctorat. Cercetările efectuate în acești ani sunt grupate pe următoarele direcții:

- *siguranța structurală prin aplicarea principiilor mecanicii ruperii la verificarea structurilor metalice - analize și încercări de laborator de Mecanica Ruperii,*
- *reabilitarea structurilor de poduri cu durată mare de exploatare - inclusiv poduri - monumente istorice,*
- *analiza LCC pentru structurile de poduri, durabilitate, robustețe structurală și sustenabilitate, standarde ca norme europene,*
- *structuri metalice sudate, procedee și detalii de sudare, alegerea calității materialului pentru confecția metalică sudată la poduri, conformare structurală d.p.d.v. al coroziunii și oboselii materialului, controlul tensiunilor și deformațiilor,*
- *analize de deformație / determinare de contrasăgeți pe faze tehnologice de construcție a podurilor,*
- *Soluții inovative și eficiente de poduri integrale de cale ferată și de șosea validate prin încercări in situ cu convoaie de probă și monitorizări, structuri modulare.*

Pe lângă aceste domenii se mai pot adăuga cercetări în: managementul și controlul calității confecției metalice de poduri, procedee noi de îmbinare, implementarea tehnologiei BIM la poduri etc.

Rezultatele cercetărilor sunt prezentate sub formă de articole științifice, cărți publicate, respectiv contracte de cercetare și proiectare și acorduri de cooperare internaționale.

Din punct de vedere al realizărilor academice se prezintă pe scurt activitatea didactică, cea de formare profesională, respectiv funcții și responsabilități ale autorului. Prestigiul profesional al autorului tezei este validat prin cărțile de specialitate publicate, rezultatele contractelor de cercetare și lucrările științifice publicate. La prestigiul profesional se mai poate adăuga calitatea de membru al unor organizații profesionale naționale și internaționale, recenzor jurnale, conferințe naționale și internaționale, respectiv premiile și diplomele obținute.

Lucrările științifice publicate se regăsesc pe site-uri de specialitate și în baze de date internaționale, cum ar fi: Web of Science, Scopus, Googler Scholar, Copernicus etc.

Indicii Hirsch din Web of Science, Scopus, Googler Scholar sunt următorii:

- Hirsch din Web of Science - H-Index = 4 (67 citări)
- Hirsch din Scopus - *h*-index = 5 (94 citări)
- Hirsch din Googler Scholar - *h*-index = 9 (257 citări)

**Capitolul 2** este structurat pe direcțiile de cercetare definite și urmate de autorul tezei astfel:

- **Capitolul 2.1** ce include cercetări în domeniul podurilor având structura defalcată în felul următor:
  - o siguranța structurală prin aplicarea principiilor mecanicii ruperii la verificarea structurilor metalice - analize și încercări de laborator de Mecanica Ruperii,
  - o reabilitarea structurilor de poduri cu durată mare de exploatare - inclusiv poduri - monumente istorice,
  - o analiza LCC pentru structurile de poduri, durabilitate, robustețe structurală și sustenabilitate, standarde ca norme europene.
- **Capitolul 2.2** ce se referă la cercetări în domeniul structurilor metalice sudate și conține:
  - o structuri metalice sudate, procedee și detalii de sudare, alegerea calității materialului pentru confecția metalică sudată la poduri, conformare structurală d.p.d.v. al coroziunii și oboselii materialului, controlul tensiunilor și deformațiilor,
  - o analize de deformație / determinare de contrasăgeți pe faze tehnologice de construcție a podurilor.
- **Capitolul 2.3** ce se referă la cercetările privitoare la soluțiile inovative și eficiente de poduri integrale de cale ferată și de șosea validate prin încercări in situ cu convoaie de probă și monitorizări, structuri modulare.

Astfel:

**Capitolul 2.1** este o lucrare amplă dedicată cercetărilor din domeniul podurilor metalice și istorice, cu accent pe două direcții principale:

1. **Siguranța structurală prin aplicarea mecanicii ruperii**
  - o S-au studiat structurile metalice vechi (în special poduri nituite) pentru a determina durata de viață rămasă și nivelul de siguranță.
  - o Au fost analizate defectele structurale (fisuri, coroziune, deformări) și modul lor de propagare în timp.
  - o S-au efectuat cercetări experimentale pe probe extrase din poduri vechi (ex. podurile de la Șag-Timișeni și Arad).
  - o A fost propusă o **metodologie modernă** de evaluare a acceptabilității defectelor și a oboselii materialului, bazată pe diagrame FAD și relația lui Paris.
  - o Exemple de aplicații: Podul Traian din Arad, podul rutier din Săvârșin, poduri CF pe linia Câmpina-Predeal.
  - o Concluziile arată că analiza pe baza mecanicii ruperii este esențială pentru stabilirea corectă a duratei de viață rămase și pentru luarea deciziilor de consolidare/reabilitare/înlocuire.
2. **Reabilitarea structurilor de poduri cu durată mare de exploatare (inclusiv monumente istorice)**

- Autorul a participat la peste 80 de proiecte de rehabilitare pentru poduri metalice, din beton sau zidărie.
- Exemple:
  - Podul de cale ferată peste râul Prahova (structură metalică nituită, reabilitată complet).
  - Podul de piatră din Băile Herculane (1864), consolidat pentru a-și păstra valoarea istorică și funcționalitatea.
- Rehabilitările au inclus: investigații, prelevare de probe, încercări de laborator, calcule structurale, soluții tehnice moderne și asistență permanentă în execuție.
- Scopul principal a fost prelungirea duratei de viață cu 30–50 de ani și integrarea structurilor în rețelele moderne de transport, cu păstrarea caracterului istoric și arhitectural.

**Concluzie:** Documentul demonstrează importanța utilizării principiilor mecanicii ruperii pentru evaluarea podurilor vechi, în special a celor nituite, și relevanța unor metodologii uniforme de expertizare. În același timp, evidențiază rolul proiectelor de rehabilitare ca soluție durabilă pentru menținerea funcționalității și valorii istorice a podurilor.

Valorificarea rezultatelor acestor direcții de cercetare s-au făcut prin publicarea, în calitate de autor /coautor, a unui număr mare articole în reviste de specialitate și în volumele unor conferințe internaționale și naționale cât și în cărți de specialitate precum și 2 rapoarte ale unor granturi naționale și internaționale de cercetare.

**Capitolul 2.2.** prezintă direcțiile de cercetare dezvoltate după anul 2004, axate pe procedee de sudare, structuri metalice sudate și analiza comportării podurilor. Sunt descrise două direcții principale:

### **1. Structuri metalice sudate și procedee tehnologice (din 2012)**

- Studii privind **detalii de sudare**, alegerea materialelor, probleme de **protecție anticorozivă, oboseală, tensiuni și deformații**.
- Exemple practice:
  - Rehabilitarea unui pod feroviar (Câmpina–Predeal), unde au apărut deformații la grinzi datorate sudării.
  - Soluția aplicată: îndreptarea cu flacăra (oxiacetilenică), metodă ce permite corectarea formelor prin încălzire controlată.
- Sunt explicate avantajele și limitele metodei, se subliniază importanța unei proiectări corecte pentru a evita apariția unor astfel de deficiențe.
- Exemple de calcul structural (Eurocod).

### **2. Analize de deformație și contrasăgeți la poduri**

- Studiile urmăresc Starea Limită de Serviciu (SLS) pentru poduri, verificând deformările admisibile, aspectul lucrării și confortul utilizatorilor.
- Exemple de aplicații:
  - Pod feroviar compozit (oțel-beton) cu deschidere de 30 m – analiză etapizată a construcției bazată pe fazele de execuție (faze de betonare, încărcări permanente, influența fluajului și contracției).
  - Rezultatele au arătat deformații maxime de 84,4 mm, necesitând definirea unei contrasăgeți (inclusiv corecție optică).
  - Pasaj rutier la Simeria (oblicitate 19°, 200 m lungime) – calcul complex al contrasăgeților pe faze tehnologice.
- Contrasăgeata este esențială pentru asigurarea comportamentului bun și aspectului final al structurii.

### Contribuții științifice

- Publicații: articole în reviste, cărți de specialitate, prelegeri la conferințe naționale și internaționale, grant Leonardo, lector invitat ISIM, ASR.

**Concluzie:** Documentul sintetizează cercetările autorului asupra tehnologiilor de sudare, comportării structurilor metalice sudate și analizei deformațiilor la poduri, punând accent pe aplicabilitatea practică (exemple de poduri din România), dar și pe integrarea normativelor europene în proiectare și execuție.

**Capitolul 2.3.** Documentul prezintă activitatea și contribuțiile autorului în domeniul proiectării de poduri, cu accent pe soluții inovative și eficiente de poduri integrale și compuse oțel-beton, validate prin încercări in situ și monitorizări.

- Autorul are o experiență vastă (din 1997, peste 400 proiecte de poduri, multe premiere ingineresti).
- Accentul este pus pe soluții moderne, elegante și economice, cu durabilitate și costuri reduse de execuție și întreținere.
- Poduri compuse oțel-beton (VFT, VFT-WIB, VTR/SSF Rapid):
  - Prefabricate pentru execuție rapidă, simplitate și fiabilitate.
  - Avantaje: greutate redusă, șantiere mici, durabilitate mare, întreținere minimă.
  - Elimină cofrajele și reduc necesitatea reparațiilor pe termen lung.
- Proiecte importante în România:
  - Autostrada Orăștie–Sibiu (primele poduri compuse moderne).
  - Pasaje și poduri pe A0 Nord, Sebeș–Turda, Deva–Orăștie.
  - Testări dinamice și statice cu convoaie de probă conform standardelor românești și Eurocode.
- Inovații tehnice:
  - Eliminarea tălpii superioare și a conectorilor clasici prin soluții VFT moderne.
  - Soluții modulare pentru deschideri mari (până la 55 m).
  - Introducerea zincării termice (strat de 200 μm) pentru protecția anticorozivă a elementelor metalice, cu durată de viață garantată de 100 de ani.
- Conceptul de reziliență și durabilitate:
  - Podurile integrale/semi-integrale elimină aparatele de reazem și rosturile de dilatație, reducând costurile de mentenanță.
  - Structurile sunt mai sigure la cutremure, vibrații și trafic intens.
- Aplicare practică:
  - În România au fost implementate deja peste 12 poduri și viaducte VTR, 14 poduri în soluție VFT-WIB și alte structuri în execuție.
  - Aceste soluții reprezintă o premieră tehnică la nivel internațional, fiind citate în literatura de specialitate din Germania, Franța și Polonia.

**Concluzie:** Documentul demonstrează că soluțiile compuse și modulare oțel-beton reprezintă viitorul infrastructurii rutiere și feroviare din România, asigurând durabilitate, reziliență și eficiență economică.

Rezultate ale acestei direcții de cercetare sunt valorificate în numeroase articole la conferințe naționale și internațional, prelegeri invitate cât și cărți publicate. De asemenea, se subliniază faptul că aceste soluții au fost cercetate în cadrul unui grant de tip RFCS.

**Capitolul 3** Se prezintă direcțiile de dezvoltare profesională, academică și științifică ale autorului, structurate pe trei mari componente:

#### 1. Introducere

- Cariera este orientată atât pe partea academică (predare), cât și pe cercetare și proiectare în ingineria industrială.

- Se pune accent pe colaborarea cu mediul industrial pentru granturi, sponsorizări, adaptarea cursurilor la cerințele pieței și aplicarea practică a rezultatelor cercetării.
- Valorile fundamentale: feedback, transparență, deschidere, comunicare, lucru în echipă.

## 2. Dezvoltarea carierei științifice

- Obiective: publicarea în reviste cu impact, participarea la conferințe internaționale, atragerea de granturi, implicarea studenților și colaborarea cu universități din țară și străinătate.
- Domenii de cercetare vizate:
  - structuri de poduri (mecanica ruperii),
  - inovații în poduri rutiere și feroviare,
  - sudură și îmbinări disimilare,
  - elaborarea unui compendiu de poduri.
- Implicarea în coordonarea doctoranzilor și extinderea colaborărilor internaționale.
- Realizare notabilă: dezvoltarea și brevetarea metodei **VTT – construcție modulară pentru poduri cu cale jos**, cu avantaje precum montaj rapid, prefabricare, costuri reduse și adaptare la infrastructura existentă. Documentul descrie în detaliu procesul modular (șase module metalice și beton prefabricat) și beneficiile pentru construcțiile moderne.

## 3. Dezvoltarea carierei didactice

- Obiective: îmbunătățirea metodologiei de predare, implicarea activă a studenților, actualizarea constantă a cursurilor, promovarea discuțiilor interactive.
- Participarea la mobilități internaționale (DAAD, Erasmus, CEEPUS).
- Invitarea de profesori și specialiști internaționali în activitatea didactică (TU München, TU Graz, SUA, Germania, Japonia etc.).
- Integrarea firmelor și instituțiilor industriale în procesul educațional.
- Accent pe interdisciplinaritate, adaptarea la cerințele pieței muncii și consolidarea legăturii între partea științifică, didactică și dezvoltarea instituțională.

**Concluzie:** Capitolul 3 conturează o viziune strategică pentru dezvoltarea carierei autorului, bazată pe îmbinarea activității științifice și didactice, pe colaborarea cu industria și mediul internațional, dar și pe inovarea tehnologică (în special în domeniul podurilor și structurilor metalice).

Teza de abilitare se încheie cu lista referințelor bibliografice asociate celor trei părți prezentate în capitolele 1, 2 și 3.

## Abstract

Habilitation thesis

### **“Life-Cycle Oriented Design for Bridge Deconstruction, Bridge Rehabilitation, and New Efficient and Innovative Integral Railway and Road Bridge Structures”**

This habilitation thesis synthesizes the research and academic activities in the field of civil engineering carried out between 2004–2025, following the public defense on 27.02.2004 of the PhD thesis entitled “*Safety in Operation and Rehabilitation of Metallic Bridges*”, a joint doctoral program UPT – TUM. Title obtained: Doctor of Engineering, Faculty of Civil Engineering and Architecture, Politehnica University of Timișoara, with the distinction *magna cum laude*.

The work is structured into three distinct parts. The first part presents a synthesis of scientific, academic, and professional works, the second part outlines the author’s research, and the third section describes strategies for the evolution and development of the author’s teaching and research career.

#### **Part I – Scientific, Academic, and Professional Achievements**

The habilitation thesis (Chapter 1) highlights the main scientific, academic, and professional achievements obtained in recent years since the doctoral defense. Research conducted over these years is grouped into the following areas:

- Structural safety through the application of fracture mechanics principles to verify metallic structures – analyses and laboratory tests in fracture mechanics.
- Rehabilitation of long-service-life bridge structures – including historical monument bridges.
- LCC analysis for bridge structures, durability, structural robustness, and sustainability; standards as European norms.
- Welded metallic structures: welding procedures and details, choice of material quality for welded bridge components, structural compliance regarding corrosion and fatigue, stress and deformation control.
- Deformation analyses / determination of camber during technological phases of bridge construction.
- Innovative and efficient solutions for integral railway and road bridges validated through in situ tests with load convoys and monitoring, including modular structures.

Additional research directions include quality management and control of metallic bridge fabrication, new joining methods, and implementation of BIM technology in bridge design.

Results of these studies are published in scientific articles, books, research and design contracts, and international cooperation agreements. Academic achievements also include teaching activities, professional training, positions, and responsibilities. The author’s professional prestige is validated by specialized publications, research contracts, and scientific papers, as well as memberships in national and international professional organizations, journal and conference reviews, awards, and diplomas.

Published works are indexed in international databases such as Web of Science, Scopus, Google Scholar, Copernicus.

#### **Hirsch indices:**

- Web of Science – H-index = 4 (67 citations)
- Scopus – H-index = 5 (94 citations)

- Google Scholar – H-index = 9 (257 citations)

## **Part II – Research Directions**

### **Chapter 2.1 – Bridges**

- Structural safety via fracture mechanics applied to old metallic bridges (esp. riveted bridges) to determine residual service life and safety levels.
- Experimental studies on samples from old bridges (e.g., Șag-Timișeni, Arad).
- Modern methodology proposed for defect acceptability and fatigue evaluation (FAD diagrams, Paris law).
- Case studies: Traian Bridge (Arad), Săvârșin road bridge, Câmpina–Predeal railway bridges.
- Rehabilitation of over 80 metallic, concrete, or masonry bridges, including historical monuments (e.g., Prahova railway bridge, Băile Herculane stone bridge from 1864).
- Aim: extend service life by 30–50 years while preserving historical and architectural character.

### **Chapter 2.2 – Welded Metallic Structures**

- Studies on welding technologies, material selection, anticorrosion, fatigue, stresses, and deformations.
- Practical examples: Câmpina–Predeal railway bridge deformation correction using flame straightening.
- Deformation and camber analyses during construction phases; examples include composite steel–concrete bridges and complex road overpasses.

### **Chapter 2.3 – Innovative Integral and Composite Bridges**

- Over 400 bridge projects since 1997, many first-of-their-kind in Romania.
- Development of modular, prefabricated steel–concrete composite bridges (VFT, VFT-WIB, VTR/SSF Rapid).
- Advantages: reduced weight, rapid execution, durability, minimal maintenance.
- Examples: Orăștie–Sibiu highway, A0 North, Sebeș–Turda, Deva–Orăștie.
- Innovations: VFT solutions eliminating traditional connectors, modular spans up to 55 m, hot-dip galvanization (200  $\mu\text{m}$ ) for 100-year durability.
- Integral/semi-integral bridges eliminating bearings and expansion joints for lower maintenance and improved seismic/traffic resilience.
- Implemented in Romania (12+ VTR bridges, 14 VFT-WIB bridges), cited internationally.

## **Part III – Career Development Strategies**

1. **Introduction** – Career oriented toward both teaching and research/design, emphasizing industry collaboration, grants, curriculum adaptation, and practical application of results. Values: feedback, transparency, openness, teamwork.
2. **Scientific Career Development** – Objectives: publishing in high-impact journals, conference participation, securing grants, student involvement, national and international collaborations.
  - Research focus: bridge structures (fracture mechanics), innovations in road/rail bridges, welding/disimilar joints, bridge compendium.
  - Notable achievement: VTT patented modular low-deck bridge method (rapid assembly, prefabrication, low cost, adaptability).
3. **Teaching Career Development** – Objectives: improving teaching methodology, active student involvement, course updates, interactive discussions. Participation in

international mobilities (DAAD, Erasmus, CEEPUS). Guest professors invited from TU Munich, TU Graz, USA, Germany, Japan, etc. Industry integration in education. Emphasis on interdisciplinarity and labor market adaptability.

**Conclusion:**

The thesis presents a strategic vision combining scientific and academic activities, industrial cooperation, and technological innovation—particularly in bridges and metallic structures.

The habilitation thesis concludes with the list of bibliographical references associated with the three parts presented in chapters 1, 2 and 3.

## SECȚIUNEA I

### REALIZĂRI ȘTIINȚIFICE, PROFESIONALE ȘI ACADEMICE

#### 1. Realizările profesionale, științifice și didactice

##### 1.1. Realizări științifice

###### 1.1.1. Introducere

Anul absolvirii secției de Inginerie Civilă Germană din cadrul Facultății de Construcții a Universității Politehnica din Timișoara a fost 1997, **șef de promoție**. Lucrarea de diplomă cu titlul: „*Calculul unei hale metalice ușoare în conformitate cu normele europene*” (lucrare bilingvă germană / engleză) este trecută pe CD în cadrul unui program european **ESDEP**. La vremea respectivă am obținut **Premiul I** pentru cea mai bună lucrare de diplomă – conținut tehnic, oferit de DFG.

Ulterior am urmat și absolvit masterul / studiilor aprofundate în 1998, secția „Infrastructuri în transporturi”, Facultatea de Construcții din cadrul U.P. Timișoara. Lucrarea de disertație cu titlul „*Acțiuni speciale provenite la poduri prin impactul navelor cu infrastructura podurilor*” a fost realizată împreună cu **U.T. Belgrad sub conducerea Acad. Prof. dr. ing. Nikola Hajdin**.

Din 1998 am fost angajat ca asistent universitar al U.P.T, Facultatea de Construcții (și Arhitectură pe vremea aceea) la departamentul C.M.M.C.

După un doctorat în cotutelă început încă din 1998 cu U.T. Belgrad, din cauza războiului am reînceput o altă teză de cercetare, tot în cotutelă, de data aceasta între U.P.T și TU München, în perioada 1999-2004, cu titlul tezei: „*Siguranța în exploatare și reabilitarea construcțiilor*”. Conducere în cotutelă UP Timișoara / TU München: Prof.dr.ing. Radu BĂNCILĂ & Prof.dr.ing. Dimitris KOSTEAS; data susținerii: 27.02.2004; Comisia de doctorat: Prof. Dr. Ing. Ion COSTESCU – Președinte (Decan Universitatea “Politehnica” din Timișoara), Prof. Dr. Ing. Radu BĂNCILĂ - Conducător științific (Universitatea “Politehnica” din Timișoara), Prof. Dr. Ing. Habil. Dimitris KOSTEAS – Membru și conducător (Universitatea Tehnică München, Germania), Prof. Dr. Ing. Gert ALBRECHT – Membru (Director departament și decan - Universitatea Tehnică München, Germania), Prof. Dr. Ing. Constantin IONESCU - Membru (Universitatea Tehnică Gh. Asachi din Iași). Data confirmării: 19.05.2004 confirmat ca doctor inginer în baza Ordinului MEC 3876. Distincția: **MAGNA CUM LAUDAE**.

O mare parte din contribuțiile teoretice și experimentale au fost valorificate în cadrul unor contracte de cercetare-dezvoltare-inovare, unele rezultate ale cercetărilor cuprinse în lucrare au fost deja prezentate la diferite manifestări științifice internaționale sau naționale, iar altele publicate în reviste științifice de specialitate din țară și străinătate. Cunoștințele dobândite în perioada de studii de licență , masterat și doctorat în domeniile inginerie civilă, au fost îmbogățite și valorificate permanent în cadrul activităților de cercetare și de realizare a sarcinilor în proiectele la care am participat și a lucrărilor științifice, cât și în activitatea didactică și de conducere a lucrărilor de licențe și disertație.

Datorită activității prestate în cadrul TU München începând cu anul 2001 am fost numit colaborator extern, **asistent al disciplinei de Structuri metalice ușoare și oboseală (LME) din cadrul catedrei de Construcții metalice a Universității Tehnice din München (TUM)**.

Din anul 2005 am devenit **Șef de lucrări** în cadrul UPT, iar din martie 2007 **Conferențiar universitar UPT**.

În paralel, din octombrie 2006, am devenit director general al Biroul de proiectare s.c. **SSF-RO** s.r.l. (partener al SSF Ingenieure AG). În cadrul biroului de proiectare am condus și realizat proiecte de structuri de poduri (peste 350 poduri) precum și expertizare, verificare și reabilitare a peste 150 poduri de cale ferată și de șosea.

### **Cercetările efectuate după susținerea tezei de doctorat pot fi structurate în 4 direcții principale.**

**Cercetările** sunt orientate pe cele **6 (șase)** direcții toate din domeniul podurilor. Prima direcție cea a "siguranței structurale" cuprinde atât studii în detaliu de mecanica ruperii cât și încercări avansate de laborator. După finalizarea tezei de doctorat, nu numai că au existat cercetări în temele abordate de prima direcție propusă, dar și pentru că au existat cerințe de verificare, expertizare și reabilitare a podurilor cu durată mare de exploatare.

Cea de a doua direcție cuprinde soluții de păstrare a zeztrei de structuri de poduri, mai ales a lucrărilor de artă ce reprezintă structuri emblematice – monumente istorice.

Cea de a treia direcție se referă la o abordare de concepere și proiectare de structuri durabile, robuste și sustenabile în strânsă legătură cu perfecționarea și upgradarea standardelor existente la nivel european.

Următoarea direcție este relaționată la modul de alcătuire constructivă a structurilor metalice sudate, prin aplicarea de procedee de sudură și detalii conforme d.p.d.v. al coroziunii și oboselii materialului, o justă alegere a calității materialului și de control al tensiunilor remanete și al deformațiilor prin procedee de îndreptare a elementelor sudate.

A cincea direcție se referă la evaluarea și controlul deformațiilor respectiv la definirea contrasăgeților pentru grinzile metalice de poduri, analiză condusă pe faze tehnologice de construcție a podurilor.

Ultima direcție se referă la implementarea unor multiple soluții inovative și eficiente de poduri integrale aplicate în practica inginerescă ca soluții ce se constituie ca reale premii tehnice la nivel național dar mai ales internațional.

Multidisciplinaritatea tezei de abilitare este ușor de sesizat urmărind direcțiile de cercetare definite.

### **Direcțiile de cercetare expuse în teză:**

- *siguranța structurală prin aplicarea principiilor mecanicii ruperii la verificarea structurilor metalice - analize și încercări de laborator de Mecanica Ruperii,*
- *reabilitarea structurilor de poduri cu durată mare de exploatare - inclusiv poduri - monumente istorice,*
- *analiza LCC pentru structurile de poduri, durabilitate, robustețe structurală și sustenabilitate, standarde ca norme europene,*
- *structuri metalice sudate, procedee și detalii de sudare, alegerea calității materialului pentru confecția metalică sudată la poduri, conformare structurală d.p.d.v. al coroziunii și oboselii materialului, controlul tensiunilor și deformațiilor,*
- *analize de deformație / determinare de contrasăgeți pe faze tehnologice de construcție a podurilor,*
- *Soluții inovative și eficiente de poduri integrale de cale ferată și de șosea validate prin încercări in situ cu convoaie de probă și monitorizări, structuri modulare.*

### 1.1.2. Diseminarea rezultatelor cercetării

Începând cu perioada predoctorală și de master, apoi cea de doctorat, cât și postdoctorală am publicat în țară și în străinătate lucrări științifice în limbile română, germană și engleză și am participat la diferite conferințe naționale și internaționale. În perioada postdoctorală am publicat, ca autor principal sau membru în colectivul de autori, lucrările științifice care sunt enumerate sintetic în continuare (cele alese a fi mai relevante). Rezultatele publicate s-au bazat pe cercetările desfășurate în cadrul proiectelor la care am participat și a rezultatelor obținute în cadrul tezei de doctorat, a granturilor și proiectelor în care am fost implicată cât și a lucrărilor de licență și disertație conduse. În toți anii carierei mele am publicat mai bine de **200 de articole științifice, la care se adaugă și cărți de specialitate.**

În continuare se face o recenzie a celor mai importante articole.

#### 1.1.2.1. Articole in reviste cotate\* ISI Thomson Reuters și în volume indexate ISI

##### Proceedings

1. Hulka, I; Ungureanu, V; Both, I; **Petzek, E**; Radu, B, Influence of Resistance Spot Welding Parameters on Cold-Formed Steel Properties and Failure Modes, *CIVIL ENGINEERING JOURNAL-TEHRAN*, 2025, Volume 11, Issue 6, Page 2170-2188, DOI 10.28991/CEJ-2025-011-06-01, Factor 4.9
2. **Petzek, E**; Feier, A; Hernea, S, METHOD FOR REDUCING DEFORMATIONS IN LARGE BEAMS, *STRUCTURAL INTEGRITY AND LIFE-INTEGRITET I VEK KONSTRUKCIJA*, 2025, ISSN 1451-3749, Volume 25, Issue 1, Page 3-6, DOI 10.69644/ivk-2025-01-0003, Factor 0.9
3. Feier, A.; Both, I.; **Petzek, E.** Optimisation of the Heterogeneous Joining Process of AlMg3 and X2CrNiMo17-12-2 Alloy by FSW Method. *Materials* 2023, *16*, 2750. <https://doi.org/10.3390/ma16072750> - Factor 3.8
4. Radu D., Feier A., **Petzek E.**, Băncilă R. (2016), Refurbishment of existing steel structures- an actual problem, *Periodica Polytechnica Civil Engineering* - Factor 1.8
5. **Petzek, E**; Schmitt, V; Metes, E; Ispasoiu, G; Turcan, A. (2016), Romanian projects and integral bridge solutions based on composite dowels, *STEEL CONSTRUCTION-DESIGN AND RESEARCH*, vol.9, Issue:3, pag. 161-U124, WOS:000397899600001, DOI 10.1002/stco.201610022- Factor 1.6
6. Seidl G., Stambuk M., Lorenc W., Kolakowski T., **Petzek E.**, (2013) , Economic composite constructions for bridges - Construction methods implementing composite dowel strips, *STAHLBAU* , - Factor 0.4
7. **Petzek E.**,Băncilă R. (2013), Maintenance of riveted steel bridges exemplary shown with two highway bridges across the river Marosch in Romania, *STAHLBAU* - Factor 0.4
8. Anamaria Feier, Aurelian Magda, Felicia Banciu and **Edward Petzek.** Deflection and precambering study of VFT beams in the welded joints, Advanced Materials and Structures (AMS'20) conference, October 7-9, 2020, Timișoara, Published in Materials Today: Proceedings, ©2021 Elsevier Ltd., DOI: 10.1016/j.matpr.2020.12.036, WOS:000655645500016
9. A.Schwalie, **Petzek, E.**, Feier A., Băncilă R. (2016), Historical steel bridges the Tisa basin; present technical condition, functionality and sustainable rehabilitation, 9th International Conference „Bridges in Danube Basin 2016“, BDB 2016, Volum 156, 2016, Pages 427–434 [Elsevier, ISSN 1877-7058],;http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705816324924

10. Schwalie A., **Petzek, E.**, Feier A., Băncilă R. (2016), Integration of the rehabilitated old steel bridge in Lipova on the Mureş - river in the danube basin in the historical area of the town, 9th International Conference „Bridges in Danube Basin 2016“, BDB 2016, Volum 156, 2016, Pages 435–442 [Elsevier, ISSN 1877-7058], <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705816324936>
11. Butisca A.; Bancila R., **Petzek E.**, Rominu S., ”Importance of rehabilitation of historical steel bridge Traian of Arad”, Proceedings of 12th International Multidisciplinary Scientific Geoconference 17-23 iunie 2012 ISSN 1314-2704 pp.1011-1016; Albena, Bulgaria
12. Butisca(cas. Feier) Anamaria, **Petzek E.**, Bancila R., Hernea S. “Economical importance of eye-bar in the rehabilitation of cantilever steel bridge Traian”. Proceedings of 13th International Multidisciplinary Scientific Geoconference 16-23 iunie 2013 ISSN 1314-2704, pp 97-102, Albena, Bulgaria.
13. **Petzek E.**, Butisca A., Toma L.(2013),” Eye Bar -Pins Connections”, Advanced Materials Research, Structural Integrity of Welded Structures, Volume 814, pp 222-229
14. Malita M., Feier A., Hernea S., **Petzek E.**, (2015) A present duty – New Life for Historical Steel Bridges, în: STEF 92 Technology Ltd. Sofia, Bulgaria, 15th Anniversary International Multidisciplinary Scientific Geoconference & Expo SGEM 2015, Albena, Bulgaria, 1044 pag, ISBN 978-619-7105-41-4/ISSN 1314-2704/DOI 10.5593/sgem2015B53, Thomson Reuters ISI Web of Knowledge, Elsevier, Scopus, CrossRef Database,
15. **Petzek, E** , Grecea, D, Ispasoiu, G , Turcan, A , Retter, G , „Development of Effective Designs for Composite Bridges in Seismic Areas”, PROCEEDINGS OF THE 10TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON BEHAVIOUR OF STEEL STRUCTURES IN SEISMIC AREAS, STESSA 2022, DOI 10.1007/978-3-031-03811-2\_61, Page 579-587
16. Toduti, L; Metes, E; **Petzek, E**; Toduti, M; Ispasoiu, G; Zaha, B , „Innovative bridges over Bega”, 4th International Conference on Structures and Architecture (ICSA), ISBN : 978-1-315-22912-6, Page 722-729, 2019
17. **Petzek, E**; Metes, E; Toduti, L; Bancila, R , „Bridge Solutions Based on Composite Dowels Executed in Romania” , 9th International Conference on Bridges in Danube Basin, ISSN: 1877-7058, DOI: 10.1016/j.proeng.2016.08.308, 2016 , Page 356-363
18. **Petzek, E**; Metes, E ; Turcan, A .; Schmitt, V , „New Integral and Semi-integral Bridge Solutions for the Romanian Highways and Motorways”, 9th International Conference on Bridges in Danube Basin, ISSN: 1877-7058, DOI : 10.1016/j.proeng.2016.08.309, Page 364-371
19. Seidl, G; **Petzek, E**; Bancila, R , „Composite Dowels in Bridges - Efficient solution” , Advanced Materials Research, 10th International Conference on Structural Integrity of Welded Structures (ISCS13), DOI : 10.4028/www.scientific.net/AMR.814.193
20. **Petzek, E** .; Toma, L ,Metes, E , , „ Deconstruction of existing railway and highway bridges” , 10th International Conference on Structural Integrity of Welded Structures (ISCS13), DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMR.814.214, Page 214-221
21. **Petzek, E** .; Toma, L .; Metes, E , „Efficient solution for large motorways composite bridges”, 2nd International Conference on Structures and Architecture, ISBN:978-0-203-79856-0/978-0-415-66195-9, 2013, Page 1548-1555
22. **Petzek, E** .; Toma, L .; Bancila, R ,” Technical solutions for rehabilitation of old arch bridges”, 2nd International Conference on Structures and Architecture, ISBN: 978-0-203-79856-0/978-0-415-66195-9, Page 1556-1564
23. **Petzek, E** .; Bancila, R , , EVALUATION OF SERVICE SECURITY OF STEEL STRUCTURES,, NATO Advanced Research Workshop on Security and Reliability of

- Damaged Structures and Defective Materials, ISBN: 978-90-481-2790-0, pag. 301
24. Bancila, R ; **Petzek, E** ,; Boldus, D , „Extended life for old highway bridges from the western part of Romania”, International Conference on Metal Structures, 2006, ISBN: 0-415-40817-2, Page: 583
  25. **Petzek, E** ; Bancila, R, „Methodology for the assessment of remaining fatigue life for existing welded railway bridges” , International Conference on Metal Structures, 2006, ISBN: 0-415-40817-2, Page: 627
  26. **Petzek, E**; Toduti, L; Bancila, R „Deconstruction of bridges an environmental sustainable concept” 9th International Conference on Bridges in Danube Basin, ISSN: 1877-7058, DOI: 10.1016/j.proeng.2016.08.308, 2016 ,

### 1.1.2.2. Articole in BDI – SCOPUS

1. Băncilă R., **Petzek E.**, Feier A., Radu D., *Current Tendencies in Welding Of Steel Bridges; Choice of Material and Use of Thick Plates*, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering , volum 789 , DOI: 10.1088/1757-899X/789/1/012002
2. Berthelley, J., Schavits, D., Erre, C., **Petzek, E.**, *Crossing motorways under traffic without intermediate piers* (2014) Engineering for Progress, Nature and People, pp. 807-814., DOI: 10.2749/222137814814066933
3. **Petzek, E.**, Toma, L., Meteş, E., *Deconstruction of existing railway and highway bridges* (2013) Advanced Materials Research, 814, pp. 214-221, DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMR.814.214
4. Gabor, R., **Petzek, E.**, Bancila, R., *Criteria for optimization of motorway crossings in steel - Concrete bridges* (2007) Pollack Periodica, 2 (3), pp. 45-56., DOI: 10.1556/Pollack.2.2007.3.5
5. Anca Gido, Radu Bancila, **Edward Petzek**, *Estimation of safety operation of steel bridges based on fracture mechanics*, (2006) Pollack Periodica,
6. **Petzek, E.**, Kosteas, D., Băncilă, R., *Fracture Mechanics as a complementary method for determination of service life of old riveted steel bridges in Romania [Article@Bruchmechanik als Komplementärmethode zur Bestimmung der Restnutzungsdauer alter genieteteter Stahlbrücken in Rumänien]* (2005) Stahlbau, 74 (9), pp. 691-700., DOI: 10.1002/stab.200590155
7. **Petzek, E.**, Kosteas, D., Băncilă, R., *Determination of design resistance of existing steel bridges in Romania [Article@Bestimmung der Tragfähigkeit bestehender Stahlbrücken in Rumänien]* (2005) Stahlbau, 74 (8), pp. 606-613., DOI: 10.1002/stab.200590134

### Articole in BDI – Scholar/EBSCO

1. Băncilă R., **Petzek E.**, Feier A., Radu D., - Fatigue assessment of welded steel highway bridges in accordance with the European Standards”, International Scientific Conference CIBv-Civil Engineering and Building Services, 5 - 6, November 2020
2. **Edward Petzek** Anamaria Feier, Radu Băncilă, *Verificarea la oboseală a elementelor construcțiilor metalice în conformitate cu standardul european SR EN 1993-1-9:2006 (partea I-a)*, Sudura, 2020

3. Radu Băncilă Anamaria Feier, **Edward Petzek**, *Verificarea la oboseală a elementelor construcțiilor metalice în conformitate cu standardul european SR EN 1993-1-9:2006 (partea II-a)*, Sudura, 2020
4. L Toduti, **E Petzek**, G Ispasoiu, M Toduti, R Bancila, *An aesthetic solution for a pedestrian bridge*, Bulletin of the Transilvania University of Brasov. Series I-Engineering Sciences, 2019/1/22
5. **Edward Petzek**, Anamaria Feier, Radu Băncilă, Luiza Toduți, ” ALEGEREA MATERIALULUI LA CONSTRUCȚII METALICE SUDATE - în conf. cu Standardul European - SR EN 1993-1-10”, revista AICPS, 2019
6. Băncilă R., **Petzek E.**, Feier A., Radu D., *The Place and Role of the Welding Specialist in the Design and Execution of Welded Steel Constructions*, Zbornik radova Građevinskog fakulteta 35:13-20, January 2019, DOI: 10.14415/konferencijaGFS2019.001
7. Malita M., Feier A., **Petzek E.**, Bancila R., Bridges on Timisoara bypass. 3th International scientific Meeting E-GTZ 2016, „State and trends og Civil Enviromental engineering”- Tuzla, Bosnia and Herzegovina, 2-4 June 2016
8. Anamaria Feier, Radu Bancila, **Edward Petzek**, "Structuri metalice sudate- Clase de executie conform SR EN 1090"- Revista Sudura , nr. 4 din decembrie 2016, ISSN:1453-0384
9. Bancila R., Feier A., **Petzek E.**, Suggestions and proposals for the application of the European Standard SR EN 1090 in the design and execution of steel structures especially bridges (in Romania). International Conference „Innovative Technologies for Joining Advanced materials- TIMA 16” 3-5 2015 June Timisoara
10. Petzek E., Bancila R., **Feier A.**, Observations regarding the introduction of the european standard sr en 1090 in the current practise of the steel highway and railway bridges”, Bulletin of the Transilvania University of Braşov • Vol. x (xx) - 2015 Series I: Engineering Sciences, CibV 2015 Romania, Braşov, 30th - 31st of October 2015, ISSN 2065-2119 (Print), ISSN 2065-2127 (CD-ROM)
11. **Edward Petzek**, Luiza Toma, Elena Meteş, Radu Băncilă, [Renewal of old existing small road bridges with modular system–CASE STUDY Mânărău BRIDGE](#), Economical Bridge Solutions based on innovative composite dowels and integrated abutments: Ecobridge, Springer Fachmedien Wiesbaden, 133-141
12. **Edward PETZEK**, Radu BĂNCILĂ, Dimitris KOSTEAS, [THE DETERMINATION OF CRACK GROWTH RATE FOR OLD RIVETED STEEL BRIDGES](#), Computational Civil Engineering 2004

#### **Articole publicate în jurnale și conferințe naționale**

13. R. Băncilă, **E. Petzek**, A. Feier, D. Radu, *Particularități în proiectarea și execuția podurilor metalice și compuse sudate în conformitate cu standardele europene(Partea I). Necesitatea colaborării între proiectant și inginerul specialist sudor*, Revista Drumuri și Poduri, mai 2024

14. R. Băncilă, **E. Petzek**, A. Feier, D. Radu, *Particularități în proiectarea și execuția podurilor metalice și compuse sudate în conformitate cu standardele europene(Partea II). Necesitatea colaborării între proiectant și inginerul specialist sudor*, Revista Drumuri și Poduri, septembrie 2024
15. Ciprian Bratu, Radu Băncilă, Dorin Radu, **Edward Petzek**, Anamaria Feier, *Asigurarea calității construcțiilor metalice sudate în conformitate cu standardele europene*, Revista construcțiilor, 2024
16. **Edward Petzek**, George Ispasoiu, Elena Meteș, Anamaria Feier, Hernea Silvia, *Poduri cu confecție metalică sudată. Aplicabilitate, principii și aspecte practice*, Conferința ASR “Sudura 2022” 07-08 aprilie 2022, Cluj – Napoca
17. **E. Petzek**, R. Băncilă, F. Tusz, A. Feier, *Probleme și aspecte deosebite în proiectarea și execuția podurilor moderne de șosea în conformitate cu standardele Eurocodes*, Conferința ASR” SUDURA 2021”, Resita, 2021

### Capitole cărți publicate în SCOPUS

1. **Petzek, E.**, Toma, L., Meteș, E., *Efficient solution for large motorways composite bridges*, Book Chapter: Structures and Architecture: New concepts, applications and challenges, 2013, pp. 1548–1555
2. **Petzek, E.**, Toma, L., Băncilă, R., *Technical solutions for rehabilitation of old arch bridges*, Book Chapter: Structures and Architecture: New concepts, applications and challenges, 2013, pp. 1556–1564
3. **Petzek, E.**, Toma, L., Elena, M., Băncilă, R., *Renewal of old existing small road bridges with modular system – case study Mânărau bridge*, Book Chapter: Economical Bridge Solutions Based on Innovative Composite Dowels and Integrated Abutments: Ecobridge, 2015, pp. 133–141
4. **Petzek, E.**, Elena, M., Toma, L., Băncilă, R., *Integral bridge using the VFT-WIB technology for a three-spanned structure*, Book Chapter: Economical Bridge Solutions Based on Innovative Composite Dowels and Integrated Abutments: Ecobridge, 2015, pp. 143–154
5. **Petzek, E.**, Toma, L., Elena, M., Băncilă, R., *Innovative composite overpasses on the Romanian A1 motorway*, Book Chapter: Economical Bridge Solutions Based on Innovative Composite Dowels and Integrated Abutments: Ecobridge, 2015, pp. 155–179

#### 1.1.2.3. Cărți

Am publicat **16 cărți** în edituri naționale (autor principal/coautor), recunoscute CNCSIS, **3 capitole** de carte în edituri internaționale în limba engleză, 3 cursuri online în limba germană și am fost editor la **2 cărți** redactate în limba engleză:

1. R. Bancila, **E. Petzek**, A. Feier, R. Dorin – *Complemente de calcul la oboseala și de calculul sudurilor la construcțiile metalice sudate în conformitate cu standardele europene Eurocodes Sudura* 2025.
2. Anamaria Feier, Richard Molnar, **Edward Petzek** – *Aplicații practice. Remedierea deformațiilor la îmbinările sudate* Politehnica 978-606-35-0582-9 2023.

3. Anamaria Feier, **Edward Petzek**, Radu Bancila Alcătuirea și construcția structurilor sudate Sudura 978-973-8359-63-5 2021.
4. **Edward Petzek** Poduri metalice 2, IV CFDP e-book  
<http://www.ct.upt.ro/users/EdwardPetzek/> 2012.
5. **Edward Petzek** Stahlbau I, IV ICG e-book  
<http://www.ct.upt.ro/users/EdwardPetzek/> 2012.
6. **Edward Petzek** Indrumator lucrari de laborator constructii metalice (in limba germana) e-book <http://www.ct.upt.ro/users/EdwardPetzek/> 2002.
7. **Edward Petzek**, Radu Bancila Alcătuirea și calculul podurilor cu grinzi metalice înglobate în beton Orizonturi Universitare, Timisoara ISBN 10-973-638-283-4, ISBN 13-978-973-638-283-3 2006.
8. **Edward Petzek** Elaborarea de instrucțiuni pentru aplicarea principiilor mecanicii ruperii la stabilirea siguranței în exploatare și a duratei de viață rămase a podurilor metalice existente Orizonturi universitare, Timisoara ISBN(10) 973-638-301-6 ISBN(13) 978-973-638-301-4 2006.
9. **Edward Petzek** Aspecte actuale din domeniul podurilor metalice: Cap. 6 Actiuni la poduri produse de impactul vehiculelor Mirton, Timisoara ISBN 973-578-504-8 1998.
10. Liviu Gadeanu, **Edward Petzek** Aspecte actuale din domeniul podurilor metalice: Cap. 4 Coroziunea construcțiilor din oțel. Fenomen și măsuri de combatere Mirton, Timisoara ISBN 973-578-504-8 1998.
11. Vasile Bondariuc, **Edward Petzek** Aspecte actuale din domeniul podurilor metalice: Cap. 7 Recenzia articolelor din revista Stahlbau pe anul 1997 Mirton, Timisoara ISBN 973-578-504-8 1998.
12. Vasile Bondariuc, Dorel Bolduș, **Edward Petzek** Direcții actuale în calculul și proiectare podurilor: Cap. 1 Aspecte actuale privind calculul și alcătuirea podurilor Mirton, Timisoara ISBN 973-578-901-9 1999.
13. Radu Bancila, **Edward Petzek** Direcții actuale în calculul și proiectare podurilor: Cap. 15 Oboseala podurilor cu structură compusă oțel beton Mirton, Timisoara ISBN 973-578-901-9 1999.
14. "Tanja Becker, Martin Schwäger, Mircea Ionescu, **Edward Petzek**, Radu Bancila" 10 de activitate a secției de Inginerie Civilă cu limba de predare germană Mirton, Timisoara ISBN 973-585-149-0 2000.
15. Ion Costescu, Radu Bancila, **Edward Petzek** 60 de ani de invatamant superior de constructii in Timisoara Solness, Timisoara ISBN 973-8145-59-7 2001
16. **Edward Petzek** Siguranța în exploatare și reabilitarea podurilor metalice Mirton, Timisoara ISBN 973-661-289-9 2004.

*Cărți publicate online:*

1. Radu Bancila, **Edward Petzek** "ESDEP: Worked example Single storey industrial building" ESDEP: Worked example Single storey industrial building

"WIVISS Wider Vocational Initiative in Structural Steelwork, The Steel Construction Institute, 1997 pe suport magnetic-CD (<http://www.sci.com>).

2. **Edward Petzek**, Radu Bancila "Railway / Book 1: General principles regarding the rehabilitation of existing railway bridges "Railway / Book 1: General principles regarding the rehabilitation of existing railway bridges "InTech - Open Access Publisher " 2011 ISBN979-953-307-634-7  
<http://www.intechopen.com/articles/show/title/-general-principles-regarding-the-rehabilitation-of-existing-railway-bridges->).

### 1.1.3. Proiecte de cercetare și cu mediul economic

Am participat, în calitate de membru al echipei de cercetare sau director în peste 15 proiecte de cercetare – dezvoltare - inovare finanțate prin competiție pe bază de contract/grant internațional sau național sau proiecte cu mediul economic:

#### - Internaționale:

1. **Edward Petzek**, Radu Bancila, membru echipa RFCS - EcoBridge RFCS 2010-2013 330,772 RFCS - Research Fund for Coil and Steel, Uniunea Europeana
2. **Edward Petzek**, Radu Bancila , director program RFCS - EcoBridge RFCS 2010-2013 3 330,772 RFCS - Research Fund for Coil and Steel, Uniunea Europeana (director proiect din partea SSF)
3. **Edward Petzek**, Radu Bancila, director program, LLP-LDV-TOI-2012-RO 024 2012-2014 2012-2013, ANPCDEF
4. UNGUREANU Daniel Viorel, GRECEA Daniel Mihai, CIUTINA Adrian, **PETZEK Edward** RFCS- Valorisation of Knowledge for Sustainable Steel-Composite Bridges in Built Environment RFCS-2015 / 710068 2015-2017, UPT
5. Gert Albrecht, Dimitris Kosteas, **Edward Petzek**, Radu Bancila Pilotstudie: „Die Metodik zur Bestimmung der Restsicherheit am Beispiel bestehender Stahlbrücken in Rumänien” DAAD 052 T1 - 20012001-2002, Bilateral German - Romanian Cooperation Contract, Manager project
6. 5 **Edward Petzek**, Radu Bancila, Dimitris Kosteas Bestimmung der Restnutzungsdauer bestehender Stahlbrücken BH 1312 Tit. 681 90 Auftrag 6050031, 2005, BayHost, Peoject manager

#### - Naționale:

1. Radu Bancila, **Edward Petzek** s.a. Rezistența la seisme a construcțiilor civile metalice CNCSIS ISIM nr. 24 / 24.11.2000 2000
2. **Edward Petzek**, Anca Gido s.a. Elaborarea de instrucțiuni (ghid de procedură) pentru aplicarea principiilor mecanicii ruperii la stabilirea siguranței în exploatare și a duratei de viață rămase a podurilor metalice existente CNCSIS "CNCSIS 27688/14.03.05 Tip AT, Cod 72 "director program 2005-2006

3. Radu Bancila, Silvia Hernea, **Edward Petzek** s.a. Necesitatea reabilitării podurilor de șosea exemplificată prin podul Traian din municipiul Arad CNCSIS "CNCSIS 27688/14.03.05 Tip A, Cod 1579 " 2005-2006
4. Radu Bancila (director), **Edward Petzek** (director științific) s.a. Tehnologii inovative și ecologice de procesare a materialelor avansate, prin frecare cu element activ rotitor MATNANTECH "Proiectul de cercetare de excelență P-CD 66/2006 Program CEEEX – MATNANTECH TIMPAV " 2006-2008
5. Radu Bancila (director), **Edward Petzek**, Dorel Boldus Soluții de înlocuire rapidă a suprastructurilor podurilor de pe rețeaua națională de autostrăzi în cazuri de forță majoră (atentate teroriste, calamități naturale) CESTRIN "Contract de cercetare CESTRIN nr. 70/2006 Contract UPT 517/2006.

**- Proiecte cu terți:**

1. 1 Radu Bancila, Vasile Bondariuc, Dorel Boldus, **Edward Petzek** Elaborarea proiectelor de standard pentru poduri metalice de cale ferată și de șosea având la bază metoda stărilor limită "Grant CNCSU, contract nr. 33/1998, tema nr. A5 cod 5 Partea I " 1998 CNCSU
2. Radu Bancila, Dorel Boldus, **Edward Petzek** Elaborarea proiectului pentru documentul de aplicare națională (NAD) a EC4-2 Poduri cu structură mixtă CNCSIS Nr. 34966/30.07.2001, tema A10, cod 1324 2001
3. Radu Bancila, Vasile Bondariuc, Dorel Boldus, **Edward Petzek** Consultanță privind reabilitarea suprastructurii podului peste Mureș la Săvârșin pe DJ 707A 465/20.10.1999 1999-2000 ADPJ Arad
4. Radu Bancila, Vasile Bondariuc, Dorel Boldus, **Edward Petzek** Piața de Gros Timișoara 187/2004 2004 PMT
5. Radu Bancila, Vasile Bondariuc, Dorel Boldus, **Edward Petzek** Actualizarea documentației privind reabilitarea suprastructurii podului peste Mureș la Săvârșin pe DJ 707A 501/2006 2006 ADPJ Arad
6. Băncilă Radu, Boldus, **Edward Petzek**, Lucian Blaga Studii de fez. pod peste raul Mures pe DJ 709E, km.3+160 80/2009 2009 CJ Arad

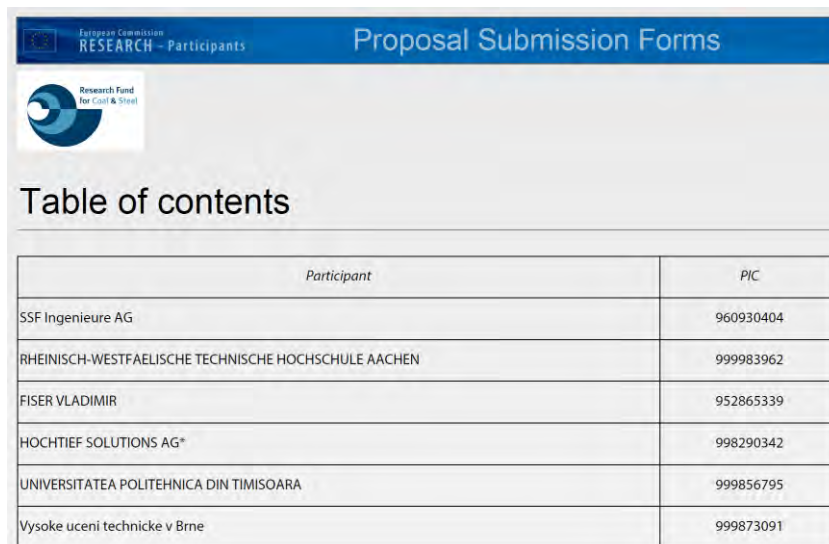
**Proiecte DAAD și Erasmus:**

În cadrul UPT am desfășurat mai multe programe cu finanțare DAAD și Erasmus pentru cadre didactice și studenți.

**Propuneri Programe de cercetare dar necâștigătoare**

După terminarea doctoratului am încercat să depun proiecte de cercetare în competițiile internaționale, mai jos sunt redată câteva exemple în acest sens (au fost alese exemple din domeniul podurilor:

1. Preco Mega Column 2014, în parteneriat cu:



Participant	PIC
SSF Ingenieure AG	960930404
RHEINISCH-WESTFAELISCHE TECHNISCHE HOCHSCHULE AACHEN	999983962
FISER VLADIMIR	952865339
HOCHTIEF SOLUTIONS AG*	998290342
UNIVERSITATEA POLITEHNICA DIN TIMISOARA	999856795
Vysoke uceni technicke v Brne	999873091

2. RFCS - RTD - 2010, **DURABRIDGE**, RFS-PR-10076
3. **OptIR-Bridge**- Optimized innovative rejuvenation techniques for smart and durable bridges in transport infrastructures, 2014
4. RFCS-2015 Funding scheme: RFCS-AM, proposal number: 709520 Proposal acronym: **SEQBRI-PLUS**, 2017 și 2018

## 1.2. Realizări academice

### 1.2.1. Activitatea didactică

Carierea didactică universitară am început-o în anul 1998 odată cu startarea studiilor aprofundate în domeniul Infrastructurii de Transporturi (CFDP) și a stagiul doctoral la Catedra de Construcții Metalice și Mecanica Construcțiilor (CMMC) din cadrul Facultății de Construcții din Timișoara. În februarie 2018 am ocupat prin concurs postul de preparator în cadrul aceluiași departament iar apoi din anul 2001 am fost numit asistent universitare, ulterior în anul 2005 Șef lucrări, ca mai apoi din 2007 să ocup poziția de Conferențiar universitar. Ulterior am fost acceptat și numit director general al biroului de proiectare SSF-RO (anul 2006) – membru al grupului germanic SSF Ingenieure, din 2012 - Lector la ASR și ISIM pentru cursul de Inginer IWE și Proiectant de structuri metalice (IWSD). În calitate de membru al Departamentul CMMC (din 2008) am desfășurat activități de curs /laborator / proiect la disciplinele:

În perioada 1998-2006 a susținut ore la următoarele discipline:

- Utilizarea calculatoarelor C+S (Anul I – IC Germană);
- Rezistența materialelor S (anul II – IC Germană);
- Construcții Metalice partea I C+L+P (Anul III – IC Germană și an IV CCIA);
- Construcții Metalice partea a II-a P (Anul IV – IC Germană și CCIA);
- Construcții din lemn P (Anul IV – IC Germană);
- Construcții compuse oțel – beton P (Anul V – CCIA);
- Utilizarea programelor de calcul automat în construcții C+S (Anul III – IC Germană);
- Calcul automat al construcțiilor C+S (Anul IV – IC Germană);

- Calcul neliniar al construcțiilor S (Anul IV – IC Germană);
- Poduri Metalice C+P (Anul V – IC Germană și CFDP);
- Poduri Metalice C+L+S (Anul II și III Colegiul tehnic DP);
- Poduri metalice P (Anul IV și V – CFDP);
- Tehnologia podurilor C+S (Anul III Colegiul tehnic DP);
- Structuri speciale din beton și metal C+S (anul V CFDP);
- Repararea și consolidarea construcțiilor C+P (anul V IC Germană);
- Alegerea calității materialului la structurile metalice sudate C+L (Master).

În anul 2004, în luna decembrie, am susținut concursul pentru ocuparea postului de Șef de lucrări, în cadrul departamentului C.M.M.C., concurs promovat cu calificativul Foarte Bine. Acest post este ocupat ca titular începând cu semestrul II al anului universitar 2004/2005. Postul scos la concurs cuprindea următoarele discipline:

- Construcții metalice la anul III, secția I.C. Germană, curs și proiect;
- Poduri metalice, anul IV, secția .C.F.D.P. proiect;
- Poduri metalice, anul V, secția I.C. Germană, proiect;
- Remedierea și consolidarea construcțiilor, anul V, secția I.C. Germană, curs și seminar;
- Utilizarea programelor informatice în construcții, anul IV, secția I.C. Germană, curs și laborator.

Se menționează că în anul universitar 1997/1998, domnul Edward PETZEK a urmat și absolvit modulul de Pedagogie, desfășurat în cadrul catedrei de Științe Economice și Socio-Umane.

În prezent, dl.dr.ing. Edward Petzek Ocupă postul de conferențiar universitar din statul de funcțiuni a departamentului CMMC, care cuprinde următoarele discipline:

- Poduri metalice și masive Curs + Seminar - CFDP
- Construcții metalice Curs - ICG
- Poduri cu structură compusă oțel-beton Curs - IPT
- Poduri metalice Curs + Seminar - CFDP
- Poduri Bridges Curs + Seminar - ICE
- Poduri Metalice și din beton Curs + Seminar - ICG

Astfel, se poate vedea faptul că, prezentul candidat predă la secțiile de română CFDP, germană ICG și engleză ICE.

### **Capitole predate în cadrul cursului de Inginer Sudor Internațional/ European (IWE/EWE/ IWSD)**

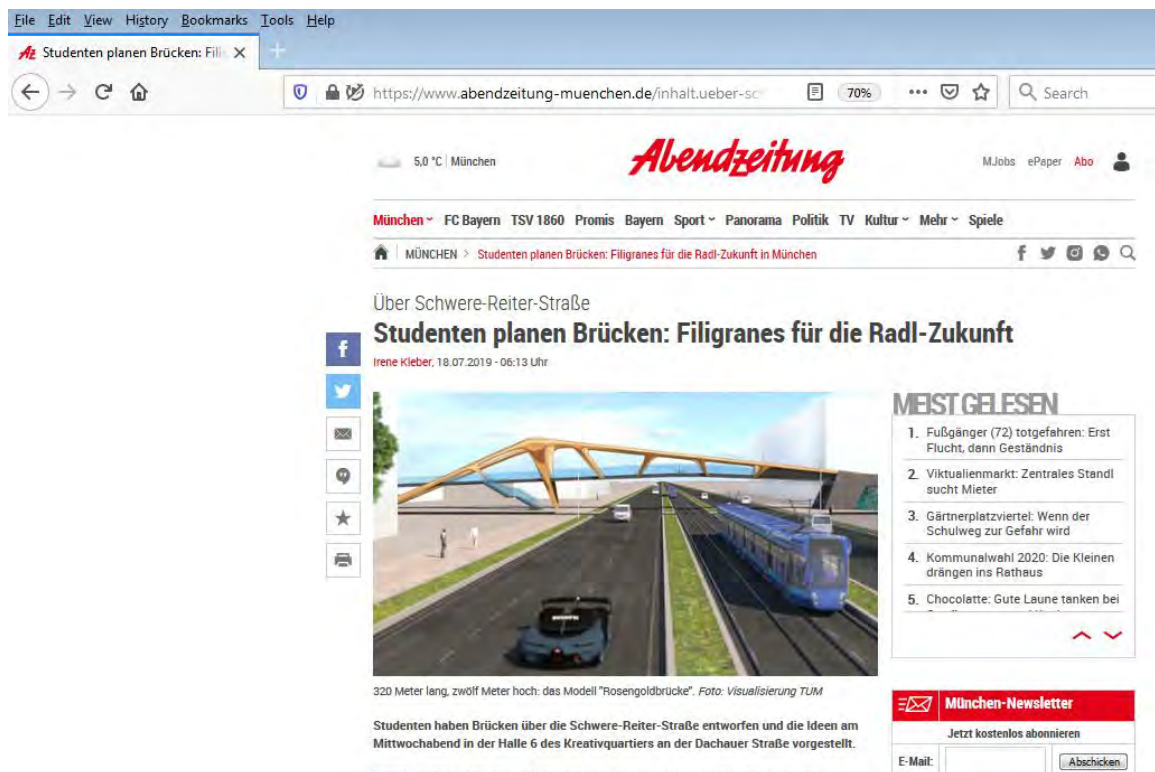
Cursul de inginer sudor internațional (IWE și IWSD) este destinat absolvenților facultăților cu profil tehnic care lucrează în întreprinderi certificate conform SR EN ISO 3834. Diploma de Inginer Sudor Internațional obținută de absolvenți are o recunoaștere europeană (EWF, cu 29 de țări membre) și internațională (IIW, cu 53 de țări membre). Aceste cursuri sunt efectuate și susținute încă din anul 2007.

- Proiectarea îmbinărilor sudate
- Elemente de baza ale calculului îmbinărilor sudate
- Comportarea structurilor sudate la solicitări dinamice
- Proiectarea structurilor sudate solicitate dinamic
- Aplicarea principiilor mecanicii ruperii la structuri metalice
- Sudarea armăturilor oțel beton

- Aplicații practice din domeniul podurilor cu structură metalică

Pe lângă partea de coordonare licențe și disertații începând cu anul 1998 fac parte din comisiile de conducere doctorat pe domeniul ingineriei civile, rezumând următoarele:

- Coordonare dilpome de licență și disertație – peste 85 de astfel de lucrări, unele în cotutelă internațională UPT/TUM sau UPT/U Konstanz, sau naționale Facultatea de Construcții / Facultatea de Mecanică sau doar Facultatea de Construcții. Unele dintre acestea au fost premiate la nivel UPT sau Universitatea din Konstanz Germania. Este menționată ca exemplu următoarea lucrare de licență cu conducere în co-tutelă.



<https://www.abendzeitung-muenchen.de/inhalt.ueber-schwere-reiter-strasse-studenten-planen-bruecken-filigranes-fuer-die-radl-zukunft.ac578b7d-9def-43e6-a0e8-ceb0bb56f33c.html>

**Figura 1.** Raportare ziar Abendzeitung München



**Figura 2.** Soluții constructive studiate

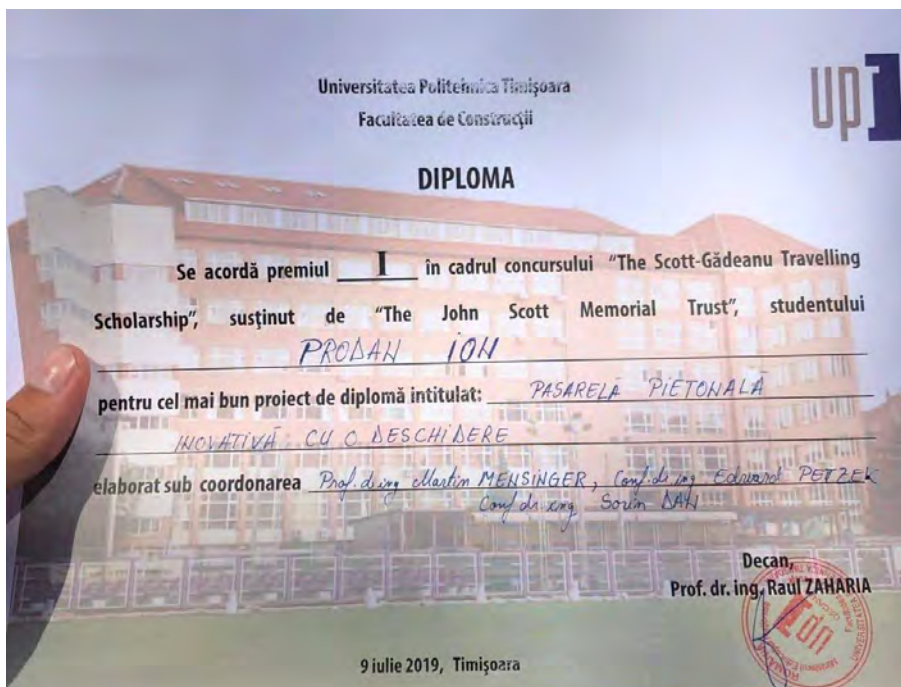


Figura 3. Diplomă absolvent obținută

- Am participat în Comisii de doctorat (peste 10) fie la nivel local UPT, sau în universități din țară – Cluj, Brașov, cât și într-o comisie la TU München. Este menționată această teză la TU München, Probabilistic Fatigue Reliability Assessment for Steel Bridges Based on Fracture – Mechanical Concept, drd. Reza Rahbari Fard.



Figura 4. Referat doctorand predat la TUM

Începând cu anul 2006, am preluat funcțiunea de coordonator relații internaționale secție I.C. Germană din partea U.P.T care a continuat până în prezent, anul 2025

Totodată, din anul 2020, am preluat întreaga coordonare a secție I.C. Germană, U.P.T., până în prezent.

În acest cadru, se menționează faptul că am inițiat, participat activ și semnat mai multe acorduri de cooperare privitoare la secția I.C. Germană cu diverse universități și instituții (TUM, HTWG Konstanz, Max Bögl, DB, etc.). Sunt oferite următoarele exemple în acest sens.



Figura 5. Semnarea continuării acordului de diplomă dublă între TUM și UPT iunie 2017

**University Politehnica Timisoara**June 28<sup>th</sup> 2017**Participants University Politehnica Timisoara**

Prof. Dr. Ing. Aurel ȘERBAN	Rector
Prof. Dr. Ing. Florin DRĂGAN	Vice Rector
Prof. Dr. Ing. Radu BĂNCILĂ	Faculty of Civil Engineering
Prof. Dr. Ing. Edward PETZEK	Head of German Department of Faculty of Civil Engineering

**Participants TUM**

Prof. Dr. Dr. h.c. mult. Wolfgang A. HERRMANN	President
Prof. Dr.-Ing. Martin MENSINGER	TUM Department of Civil, Geo and Environmental Engineering, Chair of Metal Structures
Dr. Harald OLK	TUM International Center, Director
Prof. Dr. Ansgar SCHWIRTZ	Dean, TUM Department of Sport and Health Sciences, Chair, Department of Biomechanics and Sports
Prof. Dr. mont. habil. Dr. h. c. Ewald WERNER	TUM Department of Mechanical Engineering, Institute of Materials, Science and Mechanics of Materials
Prof. Dr.-Ing. Thomas WUNDERLICH	TUM Department of Civil, Geo and Environmental Engineering, Chair of Geodesy

**Participant Bayerischer Bauindustrieverband**

Thomas SCHMID	Managing Director
---------------	-------------------

**Figura 6.** Programul întâlnirii bilaterale TUM-UPT, iniu 2017 (E.Petzek coordonator secție ICG)



**Figura 7.** Vizita delegației UPT la HTWG KONSTANZ - iunie 2010. Primire la dl Rector Prof. Dr. Kai Uwe Handel

## Politehnica schließt Kooperationsvertrag mit Konstanz

Studierende der deutschsprachigen Bauwesenabteilung können Doppeldiplom erwerben / Von Raluca Nelepcu

Die Zusammenarbeit zwischen der TU Politehnica in Temeswar/Timisora und der Hochschule für Technik, Wirtschaft und Gestaltung in Konstanz soll demnächst intensiver werden. Am Freitag unterzeichneten Vertreter der beiden Hochschulen einen Kooperationsvertrag. Damit wurden die Rahmenbedingungen für ein neues Programm geschaffen, wodurch Studenten der deutschsprachigen Abteilung für Bauingenieurwesen in Temeswar und der Hochschule Konstanz ein sogenanntes Doppeldiplom erwerben können. Bisher gab es diese Vereinbarung nur mit der TU München. Bei der Vertragsunterzeichnung im Rektoratsgebäude der TU Politehnica war eine Delegation aus Konstanz präsent.

Nach Temeswar kam auch der Rektor der Fachhochschule Konstanz, Kai Handel. „Unsere Kooperation läuft schon seit mindestens 13 Jahren. Wir haben inzwischen Er-

fahrung gesammelt, was den Austausch von Studierenden betrifft. Das Neue an dem Vertrag ist, dass wir jetzt ein Doppeldiplom-Abkommen abschließen. Das bedeutet, dass Studierende aus Temeswar, die die ersten vier Semester in Temeswar studieren und im Anschluss vier Semester bei uns studieren, eine Bachelor-Urkunde von beiden Hochschulen erwerben können. Dasselbe gilt auch für Studenten aus Deutschland“, sagt Rektor Kai Handel.

Den Kontakt zur Bildungseinrichtung in Konstanz nahm der langjährige Leiter der deutschsprachigen Abteilung für Bauingenieurwesen, Radu Băncilă, über den Hochschullehrer Eberhard Zoller auf. Professor Zoller, gegenwärtig Honorarprofessor der Temeswarer Technischen Hochschule, kam im Jahr 1997 nach Temeswar.

Einen Glücksfall nennt er es: Damals bat ihn ein Lernaabsolvent und Student in Konstanz, seine Di-

plomarbeit an der Politehnica zu begleiten. Professor Zoller war sofort einverstanden. „Vor ungefähr zehn Jahren lernte ich Professor Zoller kennen, den ich nach Temeswar einlud. Eine rege Zusammenarbeit begann. In den vergangenen fünf-sechs Jahren kamen Diplomanden aus Konstanz hierher, um ihre Diplomarbeit in Temeswar zu verteidigen. Ich fragte sie, ob sie ihr Studium hier gemacht hätten. Alle antworteten mit „Ja“, sagt Radu Băncilă.

Die Absolventen der Abteilung für Bauingenieurwesen in deutscher Sprache haben durch das Doppeldiplom mehr Chancen auf dem Arbeitsmarkt – sowohl in Rumänien, als auch in Deutschland.

Welche Vorteile ein solcher Bachelor-Doppelabschluss hat, weiß der Rektor der Hochschule Konstanz, Kai Handel: „Abschlüsse von deutschen Hochschulen sind bei uns besser anerkannt. Es be-

zeugt dann auch im Bewerbungsprozess die größere internationale Erfahrung und die Fähigkeit, in unterschiedlichen Systemen zurechtzukommen. Dies ist das, was auf

dem modernen Arbeitsmarkt explizit gebraucht wird“.

Zurzeit studieren an der deutschsprachigen Abteilung für Bauingenieurwesen in Temeswar ungefähr

120 angehende Bauingenieure. Die Abteilung feiert in diesem Jahr ihr 20-jähriges Bestehen. Aus diesem Anlass sollen sich Mitte Juni die Absolventen aller Jahrgänge zu einer großen Feier in Temeswar treffen. Bisher haben sieben Absolventen der deutschsprachigen Abteilung für Bauingenieurwesen ein Doppeldiplom der TU Politehnica und der TU München in der Tasche, weitere vier Doppeldiplome sollen demnächst vergeben werden. Und nun kam die Vereinbarung mit Konstanz hinzu, die den Absolventen neue Zukunftsperspektiven bietet. Professor Eberhard Zoller ist von dem Potenzial rumänischer Studenten im Ausland überzeugt. „Die rumänischen Studenten, wann immer sie in Deutschland waren, haben sich bestens gezeigt. Sie bekommen hier eine wunderbare Ausbildung und verfügen über wunderbare Sprachkenntnisse“, schließt Eberhard Zoller.



Im Rektoratsgebäude der TU Politehnica wurde das Doppeldiplom-Abkommen mit der Hochschule Konstanz unterzeichnet.

Foto: Zoltán Pázmány



## NEWSLETTER 08

### DER FAKULTÄT BAUINGENIEURWESEN

SOMMERSEMESTER 2011

#### AKTUELLES AUS DER FAKULTÄT

##### URB-STUDIENGANG AB WS 2012/13 GENEHMIGT



Das Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst, Stuttgart, hat der Einrichtung eines neuen Studiengangs in der Fakultät Bauingenieurwesen zugestimmt. Ab dem WS 2012/13 wird der Bachelor – Studiengang „Umwelttechnik und Ressourcenmanagement“ angeboten. Der neue 7-semesterige Studiengang vermittelt Kenntnisse über Wasser-, Siedlungs- und Abfallwasserwirtschaft, über Ressourcen-Management und Raumordnung, Verkehrswesen, Energiewirtschaft und Regenerative Energien. Er wendet sich an Interessenten, die ihre berufliche Zukunft im Bereich des Umweltschutzes sehen und Freude am Planen und Projektieren unserer bebauten und unbebauten Umwelt haben.

##### KOOPERATIONSVERTRAG MIT DER TECHNISCHEN UNIVERSITÄT TEMESWAR UNTERZEICHNET FÜR DOPPELTEN STUDIENABSCHLUSS



Der neue Kooperationsvertrag mit der Technischen Universität Temeswar/Rumänien (UPT) eröffnet den Studierenden beider Hochschulen die Möglichkeit, im Bauingenieurwesen einen doppelten Bachelor-Studienabschluss zu erhalten. Teile des Studiums sind an der UPT in deren deutschsprachigem BI-Studiengang und an der HTWG zu absolvieren. Eine Delegation der Hochschule, bestehend aus Dr. Handel, Prof. Dr. Werkle, Prof. Dr. Francke und Prof. Zoller reiste am 17./18. März nach Temeswar und besiegelte den Vertrag. Ansprechpartner ist Prof. Dr.-Ing. Francke.

<http://banaterzeitungonline.wordpress.com/2011/03/28/politehnica-schliesst-kooperationsvertrag-mit-konstanz/>

Figura 8. Semnarea acordului de cooperare cu HTWG Konstanz – 2011 (E.Petzek coordonator adjunct)



## Kooperationsvertrag

zwischen

DB-Netz-AG

Regionalbereich Südwest  
Schwarzwaldstr. 86, 76137 Karlsruhe, Deutschland  
(im folgenden Unternehmen genannt)

und

Polytechnische Universität Timisoara  
Piața Victoriei, Nr. 2, Timișoara, PLZ 300006, Kreis Timiș,  
Rumänien  
(im folgenden UPT genannt)

§1 Gegenstand des Vertrages

Figura 9. Semnarea acordului de cooperare cu DB (E.Petzek coordonator adjunct)

IV BZ / 21. Dezember 2016

Wirtschaft und Reisen

## Neue Kooperationsmöglichkeiten besprochen

Unterrichtende der deutschen Bauwesenabteilung zu Besuch bei „Max Bögl“ / Von Raluca Nelepuc

Vier Lehrkräfte der Abteilung für Bauingenieurwesen in deutscher Sprache an der TU Politehnica in Temeswar haben vor Kurzem dem Bauunternehmen „Max Bögl“ in Deutschland einen Besuch abgestattet. Diskutiert wurde über eine mögliche Zusammenarbeit zwischen der TU Politehnica und dem deutschen Unternehmen, wodurch unter anderem Studierende der Temeswarer Bau fakultät bezahlte Praktikumsplätze bei „Max Bögl“ bekommen, Diplomarbeiten gemeinsam koordiniert, technische Konferenzen veranstaltet werden könnten sowie an gemeinsamen Forschungsthemen gearbeitet werden könnte. Das 1929 gegründete Unternehmen „Max Bögl“ ist die größte deutsche Bau firma mit Privatkapital, die einen jährlichen Umsatz von 1,6 Milliarden Euro meldet.

„Fünf unserer Absolventen arbeiten bei

„Max Bögl“ und sind da sehr gut angesehen. Der Vorstand der Firma will eine Kooperation mit uns starten und einigen Absolventen sogar Arbeitsplätze anbieten“, sagt Radu Băncilă, der langjährige Leiter der Abteilung für Bauingenieurwesen in deutscher Sprache. Dass junge Hochschulabgänger aus Rumänien in Deutschland gefragt sind, kommt nicht von ungefähr. „Unsere Absolventen sind sehr geschätzt in den deutschen Unternehmen“, sagt Radu Băncilă, der zusammen mit seinem Nachfolger, Edward Petzek, dem Lehrstuhlleiter der Abteilung für Massivbau, Sorin Dan, und dem Vize-Dekan Sorin Herban mit einigen Vorstandsmitgliedern der Firma „Max Bögl“ gesprochen hat. Zu den interessantesten Aspekten, die die rumänischen Unterrichtenden in Deutschland kennen lernen durften, zählte die Gebäueda-

tenmodellierung, das „Building Information Modeling“-System (BIM). Dabei geht es um die optimierte Planung, Ausführung und Bewirtschaftung von Gebäuden mit Hilfe des Computers. Alle relevanten Gebäudedaten werden praktisch digital erfasst und vernetzt – die Methode soll ab Ende nächsten Jahres in ganz Deutschland Anwendung finden. „Die Firma hat uns angeboten, dass einige unserer Studierenden in dieser BIM-Abteilung arbeiten“, sagt Radu Băncilă.

Seit über 20 Jahren gibt es einen Vertrag zur Verleihung von Doppeldiplomen mit der TU München. 40 Studierende der Temeswarer Abteilung für Bauingenieurwesen in deutscher Sprache haben im Laufe der Jahre ein solches Doppeldiplom erhalten. Bei den Gesprächen an der TU München wurde die Erneuerung dieses Vertrags besprochen. „Nach München gehen

jährlich zwei-drei unserer besten Studierenden, die ein solches Doppeldiplom anstreben. Die Tatsache, dass die Noten, die in Temeswar vergeben werden, in München gültig sind, stellt eine Anerkennung unserer Arbeit dar“, sagt Radu Băncilă. 25 gebührenfreie Plätze gibt es zur Zeit an der deutschsprachigen Bauwesenabteilung, dazu kommen ein paar gebührenpflichtige Plätze. „Das ist nicht viel, denn das Interesse seitens deutscher Firmen für unsere Absolventen ist nach wie vor groß“, sagt Radu Băncilă.

Zwar arbeiten die meisten Absolventen der deutschen Bauwesenabteilung in Deutschland, doch infolge der Gespräche, die der Professor mit seinen ehemaligen Studierenden führte, stellte sich heraus, dass es die meisten nicht ausschließen würden, irgendwann mal wieder



Die rumänische Delegation zu Besuch bei „Max Bögl“

Foto: Max Bögl

nach Rumänien zurückzukehren, wenn sich die Bedingungen verbessern“, so der Professor. Mit „Bedingungen“ meinten die meisten in erster Linie die Bezahlung, die deutlich besser in Deutschland ist, aber auch die Arbeitsbedingungen und organisatorische Aspekte, die man in Rumänien

in vielen Firmen noch vermisst.

„Wir bereiten eine Zukunft Rumäniens wichtig sein wird. Wir wollen keine Export-Ingenieure ausbilden“, betont Radu Băncilă. Seit Kurzem gibt es in München eine Stiftung, die den Namen von Professor Radu Băncilă trägt. „Meine

ehemaligen Studierenden haben diese Stiftung gegründet – sie wollen dadurch den rumänischen Studierenden helfen – sei es mit Büchern, Kontakten, Stipendien oder sonst was. Es war schon ein wenig ungewöhnlich für mich, dass sie meinen Namen dafür gewählt haben“, schließt der Professor.

Figura 10. Semnarea acordului de cooperare cu Fa. Max Bögl – 2016 (E.Petzek – coordinator secție ICG)



#### Fazit der Kommission

Das Ergebnis der Evaluierung stellt sich für die Kommission folgendermaßen dar:

- Der DSG ist – was die Erfolge und die Organisation durch die rumänische Seite betrifft – hochgradig förderungswürdig, nicht zuletzt, weil er die ursprünglichen Ziele des Programms voll und ganz einhält und einen wichtigen Beitrag zur deutschen Kultur im rumänischen Banat leistet.
- Das Engagement der deutschen Seite ist (unter dem Vorbehalt etwaiger divergierender Informationen bei einem Besuch der TUM) ausbaufähig und vor allem im Sinne der oben angegebenen Empfehlungen umzuschichten. Für diesen Fall wird eine Rückkehr zu der früheren langjährigen Fördersumme bzw. eine Steigerung (zur Finanzierung des/der Tutors/in) empfohlen.

Hamburg, den 21.6.2019

Prof. Dr. Frank Golczewski

Freiberg, den 20.6.2019

Prof. Dr. Ulrich Gross

**Figura 11.** Vizita Comisiei DAAD pentru evaluarea secției ICG – coordonator E.Petzek – 2019



**Figura 12.** Decernarea titlului de Profesor onorific domnului decan Prof. C. Gehlen – decan al Facultății de Construcții din cadrul TUM (la inițiativa E. Petzek) - 2019

De asemenea, m-am ocupat și de organizarea cu caracter permanent a unor conferințe/seminarii/webinari pe teme de interes pentru inginerii specialiști și studenți ai UPT. Totodată, am organizat vizite tehnice și excursii tehnice în țară și în străinătate – Germania. Aceste evenimente au fost anuale.



**Figura 12.** Exemplu excursie tehnică

De la terminarea doctoratului până în prezent am fost angrenat în comitetul de organizare a peste 25 de conferințe naționale și internaționale și în diferite comisii printre care putem aminti:

- **Organizarea de manifestari stiintifice nationale si internationale (partial):**
  - Seminarul „*New Technologies ans Structures in Civil Engeneering*”, participare internațională, Arad, 1998.
  - Simpozionul de poduri „*Direcții actuale în calculul și proiectarea podurilor*”, participare internațională, ediția a IV-a, Timișoara 1999.
  - Jubileul „*10 ani de activitatea a secției de Inginerie Civilă cu limba de predare Germană*” cu participare internațională, Timișoara, 2000.
  - A VII-a editie a Zilelor Academice Timisene, Timisoara, 24-25 Mai, 2001.
  - jubileului „*60 de învățământ superior de construcții în Timișoara*” fiind și coautor la Monografia a Facultății de Construcții și Arhitectură din Timișoara
  - Sesiunea științifică festivă cu participare internațională, Timișoara, mai 2005.
  - Seminarul internațional germano – roman, Timișoara, mai 2006.
  - Conferința internațională a podurilor dunărene, Timișoara – Beograd, 2013
  - 8<sup>th</sup> International Sxmposium on Steel Bridges, SBIC Innovation and New challenges, Istambul 2015
  - A 14-a Conferință națională de construcții metalice, Construiește cu steel, Cluj Napoca, 2015
  - International Conference CIBv2015 Civil Engineerings and Building Services, Brașov, 2015
  - International Conference CIBv2023 Civil Engineerings and Building Services, Brașov, 2023
  - International Conference CIBv2023 Civil Engineerings and Building Services, Brașov, 2024
  - Conferința internațională a Podurilor Dunărene, München, 2024.
  
- **Organizarea de manifestări naționale sub egida sau cu participarea ASTR**
  - Victor Popa Organizarea și coordonarea „*Consfătuirii tehnico-științifice de primăvară CNCisC*”, Mamaia, 25-27 mai 2023
  - Edward Petzek, Radu Băncilă, Anamaria Feier Organizarea și coordonarea webinarului ASR-ASTR: ”*Pregătirea în vederea sudării. Aspecte constructive*”, februarie 2023.
  - Participarea la Conferința internațională “*Zilele Academiei de Științe Tehnice din România 2023*”, Ediția a XVIII-a, “*Provocări, oportunități și soluții în științele ingineresti*”, 05-06.10.2023, Brașov, Romania și prezentare lucrării: Edward Petzek, Radu Băncilă, Viorel Ungureanu ”*Dezvoltarea de proiecte eficiente și inovative privind oboseala, durabilitatea și sustenabilitatea podurilor compuse oțel-beton în România*”.
  - Viorel Ungureanu, Edward Petzek ”*Proiectarea clădirilor în contextul economiei circulare*”.
  - The 4th International Conference on the COORDINATING ENGINEERING FOR SUSTAINABILITY AND RESILIENCE & Midterm Conference of CircularB IMPLEMENTATION OF CIRCULAR ECONOMY IN THE BUILT ENVIRONMENT Timișoara, Romania, 29-31 May 2024, membru în comitetul științific.
  - Conferința Conferința omagială Profesorul Radu Băncilă la 80 ani, membru ASTR, mai 2025 Timișoara, organizator și editarea unui volum omagial de 74 pagini.

De asemenea, am participat la multe de conferințe în calitate de keynote speaker, unde mi-am prezentat cercetările, rezultatele fiind apreciate și selectate pentru a fi publicate în jurnale de profil.

### 1.2.2. Formare profesionala

Am devenit conștient de necesitatea continuării educației profesionale după finalizarea tezei de doctorat, astfel am participat la următoarele cursuri de perfecționare:

- 1996 (o lună) Stagiul de specializare la Universitatea Tehnică din Graz, Austria, prin program ÖAD, tema: „Reabilitarea și consolidarea construcțiilor existente“, coordonator Prof. Dr. Ing. Richard Greiner – șeful departamentului.
- 1999 (1 lună) și 2000 (1 lună) Stagiul de specializare la TU München, Germania, prin program DAAD, tema: „Probleme actuale privind oboseala podurilor metalice“, referat (90 pagini) , coordonator Prof. Dr. Ing. Gert Albrecht – șeful departamentului.
- 2001 (2 luni), 2002 (3 luni), 2003 (2 luni) - Stagii de cercetare la TU München, Germania, prin program DAAD, tema: „Studiu pilot pentru stabilirea siguranței în exploatarea podurilor metalice existente“, - program experimental de mecanica ruperii, coordonator Prof. Dr. Ing. Dimitris Kosteas.
- 2003 - curs de vară de mecanica ruperii IFMASS 8, organizat de Universitatea Tehnică din Beograd.
- 2005 – 2006 (6 luni) - specializare în proiectarea de structuri de poduri în cadrul biroului Schmitt Stumpf Frühauf und Partner din München.
- 2007 - Stagiul de specializare la SOFiSTiK München, tema: Calculul automat al structurilor.
- 2014 Diploma IWSD, Specializarea Proiectant International Structurilor Sodate, ISIM TIMISOARA.

### 1.2.3. Funcții și responsabilități

Din 2004 și până în prezent, am avut diferite funcții și responsabilități la nivel de facultate și departament, acestea fiind relaționate la: membru în consiliul facultății, membru în consiliul departamentului, decan de an, coordonator de secție, responsabil cu calitatea în învățământul universitar pe facultate, responsabil din partea ICG pentru relațiile externe din spațiul germanic, membru în comisii de licență și de master, președinte al comisiei de licență la secție ICG. Totodată am fost membru (3 ani), apoi președinte (2 ani) al comisiei de acordare a atestatelor la nivel național de verficator și expert de poduri.

### 1.3. Prestigiul profesional

Activitatea profesională și științifică desfășurată poate fi evaluată prin impactul publicațiilor mele pe plan național și internațional, a cărților de specialitate editate publicate în edituri internaționale și naționale.

Lucrările științifice publicate se regăsesc pe site-uri de specialitate și în baze de date internaționale, cum ar fi: Web of Science, Scopus, Googler Scholar, Copernicus etc. Indicii Hirsch din Web of Science, Scopus, Googler Scholar sunt următorii:

- Hirsch din Web of Science - H-Index = 4 (67 citări)
- Hirsch din Scopus - *h*-index = 5 (94 citări)
- Hirsch din Googler Scholar - *h*-index = 9 (257 citări)

#### **1.4. Membru al unor organizații profesionale**

Activitatea desfășurată în domeniu și experiența acumulată a făcut posibilă participarea în organizații profesionale naționale și internaționale, după cum urmează:

- Membru al Asociației de Sudură din România – ASR.
- Membru al Asociației Române de Standardizare – ASRO.
- Membru SALVPOD (ONG din România).
- Membru Asociația Inginerilor Constructori Proiectanți de Structuri (AICPS).
- Membru APDP (Asociația Profesională de Drumuri și Poduri).
- Membru SSIL (Society for Structural Integrity and Life).
- Membru ECCS in Comisia Europeana de Poduri și în TC6 – Oboșală.
- Membru IABSE (International Association for Bridge and Structural Engineering).
- Membru PIARC (World Road Association) – comitetu tehnic 4.2 – Poduri.
- Membru IALCEE (International Association for Life-Cycle Civil Engineering).
- Membru fondator IABMAS România (International Association for Bridge Maintenance and Safety).
- Membru asociat A.S.T.R.
- Membru corespondent A.S.T.R.

#### **1.5. Recenzor conferințe naționale și internaționale și membru în echipa de organizare și editorială**

Cercetările efectuate și participarea la conferințe naționale și internaționale, respectiv publicarea rezultatelor în proceedings și jurnale au condus la creșterea vizibilității mele ca cercetător. În acest sens am fost cooptat ca membru în comitetul științific sau ca recenzor al unor conferințe naționale, internaționale sau jurnale naționale și internaționale.

#### **1.6. Premii, diplome și medalii**

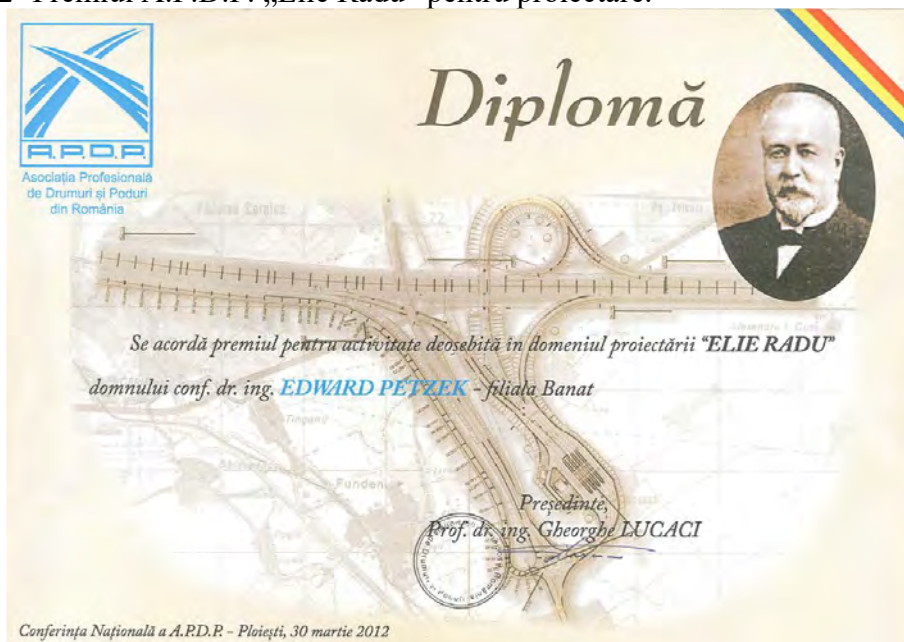
Activitatea de cercetare și cea didactică realizată în cadrul unor colective de cercetare au condus la obținerea, în colectiv sau personal a unor premii:

- 1997 - Premiul I pentru cea mai bună lucrare de diplomă, premiu oferit de DFG.
- 2000 – Distincția de argint a Universității Tehnice din München.
- 2010 ECCS Award – Premiul I european al Convenției de Construcții Metalice, secțiunea reabilitare poduri.



**Figura 13.** – Decernarea premiului 1 ECCS, Istambul 2010

- 2012- Premiul A.P.D.P. „Elie Radu” pentru proiectare.



**Figura 14.** Premiul A.P.D.P. Elie Radu

- 2019 – Premiul ARACO pentru execuție și proiectare pentru proiectul podului din Târnăveni (în colectiv cu STRABAG)
- 2020 – Premiul AGIR pentru execuție și proiectare a proiectului pod rutier din localitatea Târnăveni (în colectiv cu STRABAG),
- 2021 – Premiul Asociației Industriale a Zincatorilor din Germania pentru podul peste Salzach în Kaprun (în colectiv cu SSF Ingenieure AG)
- 2025 – Premiul Asociației Naționale a Zincatorilor din România ANAZ pentru proiectare.



**Figura 15.** Premiul ANAZ pentru proiectare

## **2. Cercetări științifice ale autorului**

### **2.1. Cercetări în domeniul podurilor**

#### **2.1.1. Cercetări în domeniul privind siguranța structurală prin aplicarea principiilor mecanicii ruperii la verificarea structurilor metalice - analize și încercări de laborator de Mecanica Ruperii**

Cercetările în domeniul mecanicii ruperii la structurile metalice au început în cadrul colectivului de Poduri condus de domnul Prof. Univ. Dr. Ing. Radu BĂNCILĂ la Facultatea de Construcții departamentul de Construcții Metalice și Mecanica Construcțiilor. Practic această temă am început să o studiez o dată cu începerea studiilor de doctorat, precum și post-doctoral în cadrul unui grant de tip AT câștigat prin concurs nr.27688/14.03.2005, COD CNCSIS: AT 72.

În cadrul tezei de doctorat subsemnatul a făcut o prezentare detaliată a stadiului actual al cunoașterii în domeniul oboselii materialului în care au fost descrise pe larg și comentate principalele norme de pe plan național (SR 1911-1998, Metodologia AND) și internațional (DV 804, DIN 18800-1/1990, DS 805: 1991, DS 805: 1999, SIA 161/1990, SBB CFF FFS / 1.06.2002, UIC-Merkblatt 776-1E / 1994, Eurocode 3 Partea a 2-a, DIN 1076-1999). De asemenea, teza conține o amplă și utilă prezentare *up to date* a aspectelor teoretice conținute de mecanica ruperii, atât din domeniul liniar elastic cât și din cel elasto – plastic și a criteriilor de rupere fundamentate pe principiile mecanicii ruperii. Totodată, este realizată o prezentare detaliată a modului de pilotare a încercărilor experimentale de mecanica ruperii pentru determinarea principalilor parametri de material (tenacitatea  $K$  și  $J$ , deschiderea la varful fisurii, viteza de propagare a fisurii prin constantele  $C$  și  $m$ ), conform actualelor norme americane ASTM E. Tot în cadrul tezei, este propusă o metodă modernă de determinarea a duratei de viață

ramăse a podurilor aflate în exploatare, ce are la bază principiile mecanicii ruperii și sunt definite condițiile de aplicare ale acesteia. Metodologia este concepută ca o analiză avansată, completă, a elementelor structurale conținând defecte din oboseala materialului, fundamentată pe principiile mecanicii ruperii, conținând doi pași, și anume, o etapă de determinare a acceptabilității defectelor decelate în structura cu ajutorul diagramelor de evaluare a ruperii (FAD pe nivelele 1 sau 2) și de determinare a valorilor finale acceptate a dimensiunilor defectelor studiate, urmată de o a doua etapă ce reprezintă practic o evaluare la oboseală a elementelor structurale analizate, bazată pe istoricul actual de solicitare înregistrat pe structură, dimensiunile inițiale și finale ale defectelor și parametrii de mecanica ruperii, anume caracteristicile de material  $C$  și  $m$  din relația lui Paris de creștere a fisurii sub acțiunea solicitărilor din traficul real scurs pe pod și determinarea cu exactitate a numărului de cicluri de solicitare  $N$  până la rupere, respectiv a duratei tehnice de viață rămasă a elementelor structurale (ani, luni, zile).

Studiile întreprinse în cadrul stagiului de doctorat s-au bazat și pe ultimele cercetări în domeniu efectuate la:

□ Universitatea Tehnica din München de către Prof.dr.ing. Dimitris Kosteas, Prof. dr.ing. Gert Albrecht, dr.ing. Ulrich Graf și dr.ing. Weizhen Chen care s-au orientat spre determinarea siguranței structurale remanente a podurilor metalice cu durata în exploatare pe baza principiilor mecanicii ruperii utilizând metoda elementului finit, studiul fiind focusat pe modul de discretizare a structurii la varful fisurii și nu pe imaginarea unei proceduri cu caracter general de aplicabilitate.

□ RWTH Aachen de către Prof.dr.ing. G. Sedlacek, Dr. ing. W. Hensen și Dr. ing. Geißler care au studiat modul de determinare a siguranței în exploatare bazată pe metoda propusă de mecanica ruperii pentru poduri vechi nituite de S-Bahn, respectiv posibilitatea extinderii duratei de viață a podurilor metalice.

□ Universitatea Tehnica din Dresda, Catedra de construcții metalice, care bazându-se pe studiile inițiate de colectivul Sedlacek au pus bazele noii versiuni ale normei germane în domeniu DS 805, versiunea din 1999 care conține alături de metoda clasică de investigare bazată pe ipoteza cumularii liniare a vatamarilor PLM și o metoda modernă ce utilizează principiile mecanicii ruperii.

Alături de acestea, studiile întreprinse la Universitatea Politehnică din Timisoara sunt deosebit de importante acestea având la baza probe de material extrase din elementele principale (zonele cele mai solicitate ale acestora) a doua poduri cu durata mare de exploatare și anume: vechiul pod CF de la Sag Timiseni respectiv cel de la Arad. Aceste două poduri au fost foarte bine alese deoarece ele s-au executat de către cele două mari uzine ale acelor vremuri – uzinele Resita și uzinele Győr, astfel încât sunt cunoscute caracteristicile materialelor celor doi mari producători. Studiile au continuat cca. 500 de încercări experimentale din care 150 au fost încercări de mecanica ruperii. Aceste investigații s-au desfășurat în colaborare cu UT München, respectiv prin sprijinul ISIM Timisoara și a Regionalei CF Timisoara și au condus la posibilitatea creionării unei metodologii avansate de evaluare a siguranței în exploatare a podurilor cu durata mare de exploatare. Studiile efectuate pe material prin încercări experimentale de mecanica ruperii au pus în evidență o problemă legată de viteza de propagare a fisurilor ca funcție de nivelul de oboseală a materialului. Răspunsul la această problemă nu se regăsește în studiile mai sus indicate și nici în tratatele de specialitate.

Majoritatea podurilor metalice existente, atât de cale ferată cât și de sosea, care au fost construite la începutul secolului trecut, sunt structuri nituite. Multe dintre acestea sunt încă în exploatare, după ce au fost supuse de-a lungul timpului unor multiple intervenții asupra structurii – cum ar fi lucrări de reparații și consolidări – datorate atât avariilor structurale survenite în perioada Războaielor Mondiale, cât și datorită necesității de adaptare la noile condiții de trafic.

În acest context se pune pe buna dreptate problema, dacă aceste structuri, care nu au fost proiectate în baza prescripțiilor și regulilor tehnice actuale, oferă nivelul de siguranță acceptat în prezent de normele încă în vigoare sau de cele europene.

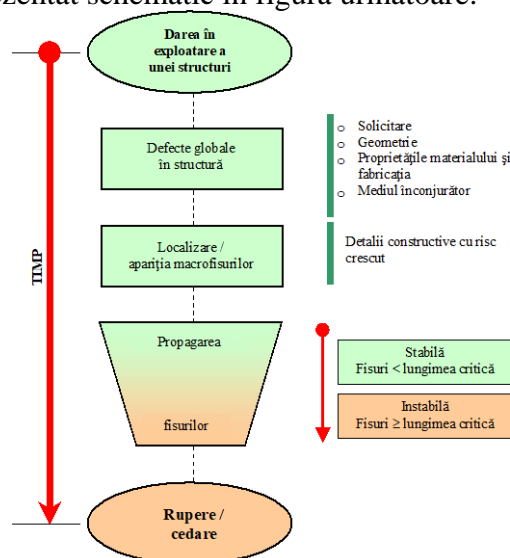
Societatea nu va accepta scuza restricțiilor de buget în cazul cedării unei structuri.

Absența unor informații legate de istoricul de solicitare, respectiv date necesare despre caracteristicile de material cât și prezenta unor defecte structurale (fisuri din oboseală, coroziune, deformări plastice remanente, etc.), conduc la necesitatea unor studii amănunțite care să aibă drept rezultat determinarea cât mai exactă a nivelului de siguranță precum și durata de viață rămasă în conformitate cu starea tehnică actuală a structurilor.

Referitor la stabilirea duratei de viață (rămase) respectiv a siguranței la oboseală a unei structuri se utilizează în general regula cumulării liniare a vatamarilor (ipoteza Palmgreen – Langer - Miner)

Conceptul clasic de oboseală se bazează pe presupunerea că în elementele constructive analizate nu există defecte sau fisuri. Cu toate acestea, dacă un material structural este inspectat în detaliu, atunci vor fi observate defecte microstructurale. Aceste defecte se pot constitui în concentratori de tensiuni, pe durata exploatării, creând astfel posibilitatea apariției unor microfisuri. Propagarea acestora conduce la formarea de macrofisuri.

O fisură prezintă într-un element constructiv al unei construcții ingineresti este rareori cauzată doar de o suprasolicitare, respectiv de o subdimensionare a acestuia. Cu atât mai mult, fisura este, în general, rezultatul unor procese de vatamare, care durează o anumită perioadă de timp, deseori ani sau zeci de ani, alteori zile sau săptămâni. Acest proces de rupere a unui element constructiv este prezentat schematic în figura următoare.



**Figura 16.** Schema procesului de rupere

În practica curentă atunci când se înregistrează o vatamare cumulată  $D \geq 1,0$  sau la apariția unei fisuri se consideră că elementul nu mai prezintă siguranța necesară în exploatare. Mecanica ruperii este un instrument cu ajutorul căruia se poate determina viteza de propagare a fisurii și implicit perioada în care elementul fisurat mai poate fi exploatat în condiții de siguranță. Astfel, un pas înainte constă în studiul dezvoltării fisurilor pe baza mecanicii ruperii. În acest sens este necesară coroborarea unor concepte teoretice cu date experimentale pentru obținerea unor concluzii aplicabile la structuri cu durată mare de exploatare. Problema care se pune în cercetarea actuală este, ce dimensiuni trebuie să aibă o fisură pentru a putea fi considerată critică, dimensiune care ar provoca ruperea structurii. Este foarte clar faptul că astfel de fisuri de oboseală, care s-au inițiat din neomogenități structurale (posibile incluziuni nemetale sau alte

impuritati), din defecte de suprafata (inclusiv datorate coroziunii) si datorita factorului de solicitare, sunt prezente in structurile podurilor nituite cu durata mare de exploatare.

In consecinta stabilirea sigurantei in exploatare a acestor structuri este o problema importanta a societatii contemporane. La baza stabilirii duratei de viata ramase stau observatiile referitoare la starea tehnica a acestor structuri: deformatii, vibratii, fisuri, coroziune, etc. Ecartul de tensiuni, geometria detaliului constructiv si numarul de cicluri de solicitare sunt parametrii care influenteaza decisiv durata de viata ramasa a acestor structuri.

Se face precizarea ca in literatura tehnica de specialitate exista un numar mare de articole care abordeaza acest subiect – analiza sigurantei in exploatare a podurilor metalice bazata pe criteriile propuse de mecanica ruperii – ce dezvolta problematica legata de structura analizata, dar cu toate acestea doar foarte putine dintre ele ofera un cadru general, aplicabil si la alte structuri.

In acest context, autorul a initiat o analiza detaliata a podurilor metalice cu durata mare de exploatare – structuri nituite – la care sunt prezente defecte rezultate din oboseala materialului care actioneaza in detrimentul sigurantei in serviciu si care modifica in mod esential comportarea la oboseala a acestora.

Acest studiu ofera o baza valoroasa de informatii administratorilor retelelor de cai ferate si de drumuri pentru intocmirea unor strategii pe termen lung si mediu, bazate pe starea tehnica actuala a podurilor, care sa se refere la necesitatea reabilitarii, consolidarii sau inlocuirii acestor structuri cu durata mare de serviciu de pe retelele mentionate.

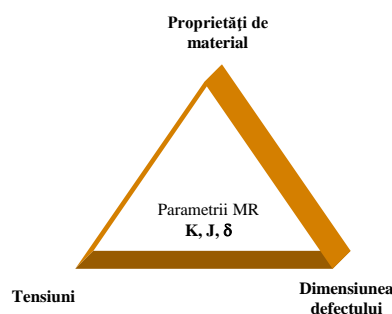
Importanta aplicarii principiilor mecanicii ruperii rezulta si din faptul ca normele europene prevad ca element fundamental al prevenirii ruperii fragile satisfacerea conditiei de mai jos:

Cu alte cuvinte, criteriu de rupere se traduce prin: ruperea unui corp caracterizat de prezenta unei fisuri se produce atunci cand factorul de intensitate a tensiunii atinge valoarea critica.

Elaborarea unei metodologii de determinare a acceptabilitatii defectelor decelate in structurile de poduri are o deosebita importanta practica, ea bazandu-se pe necesitatea utilizarii unor procedee si reguli cu caracter unitar in cadrul operatiunilor de intretinere, expertizare si verificare a structurilor cu vechime mare in exploatare.

Relatia stabilita in cadrul mecanicii ruperii, care leaga un parametru ce descrie intensitatea tensiunii la varful unei fisuri de o caracteristica prin care se exprima rezistenta unui material opusa tendintei fenomenului de extindere a fisurii – numita tenacitatea materialului la rupere, ofera posibilitatea evaluarii conditiilor de rupere a elementelor structurale care contin defecte. O astfel de evaluare poate fi aplicata daca sunt cunoscute tensiunile rezultate din sarcinile aplicate, dimensiunile si geometria defectului, tenacitatea la rupere a materialului elementelor analizate caracterizate de defecte rezultate din oboseala materialului.

Aceasta metoda de analizare poate fi ilustrata prin asa numitul triunghi al mecanicii ruperii.



**Figura 17.** Triunghiul fundamental al mecanicii ruperii

Metodologiile bazate pe principiile mecanicii ruperii permit efectuarea a trei tipuri de evaluari si anume:

□ evaluarea dimensiunii maxime a defectului la care nu se produce ruperea elementului structural analizat în care a fost decelat un defect, numită și dimensiune admisibilă; acest tip de evaluare necesită cunoașterea valorilor maxime ale tensiunilor rezultate din sarcinile aplicate și a valorii tenacității la rupere a materialului structural;

□ evaluarea valorii tensiunii maxime la care ruperea unui element cu defect nu se produce; această evaluare se bazează pe cunoașterea dimensiunii reale a defectului și a valorii tenacității la rupere a materialului structural;

□ evaluarea valorii minime impuse pentru tenacitatea la rupere a materialului elementului structural cu defect; această necesitate necesită cunoașterea valorii tensiunii maxime rezultate din sarcinile aplicate și a dimensiunii admisibile a defectului.

Mecanica ruperii ca metoda complementară de stabilire a siguranței în exploatare a podurilor metalice existente.

Stabilirea duratei de viață rămasă se face de regulă pe baza cumularii vatamarilor. Teoretic, ruperea se atinge atunci când vatamarea devine totală.

Prezența unor fisuri în elementele structurale modifică în mod esențial comportarea la oboseală a acestora. Se subliniază faptul că ruperea elementului este determinată de tenacitatea materialului, starea de tensiuni în relație directă cu geometria defectului, grosimea elementului, viteza de încărcare și temperatura. În consecință, o evaluare sigură și economică a duratei de viață rămasă a structurilor existente se poate efectua cu ajutorul mecanicii ruperii.

Mecanica ruperii permite luarea în considerare a efectului de accelerare a creșterii vatamarilor; odată cu creșterea defectelor și ecarturi de tensiuni mai mici, contribuie la oboseala materialului. Etapele principale ale evaluării siguranței în exploatare sunt prezentate în figura 3.

Pentru aplicarea metodologiei de determinare a duratei de viață rămasă în cazul structurilor existente bazată pe principiile mecanicii ruperii trebuie îndepliniți următorii pași:

□ informații privind structura și condițiile de trafic;

□ identificarea elementelor și a detaliilor critice;

□ informații despre oțelul structural (în baza analizelor chimice, analizelor metalografice, a încercărilor convenționale de determinare a proprietăților fizico – mecanice – încercări de tracțiune, duritate Brinell, încovoiere prin soc pe probe Charpy „V”);

□ stabilirea colectivelor de încărcare, prin înregistrarea traficului pe pod;

□ determinarea eforturilor în structură;

□ stabilirea defectelor în baza unei analize în situ, respectiv a unei analize nedistructive;

□ determinarea tenacității la rupere a materialului (prin încercări de mecanica ruperii pentru determinarea  $K_{crit}$ ,  $J_{crit}$ ,  $\sigma_{crit}$ );

□ evaluarea admisibilității defectelor depistate în structura prin aplicarea metodei bicriteriale bazată pe diagramele de evaluare a ruperii (FAD – Nivelul 1 pentru o analiză simplificată, FAD – Nivelul 2 pentru o analiză normală);

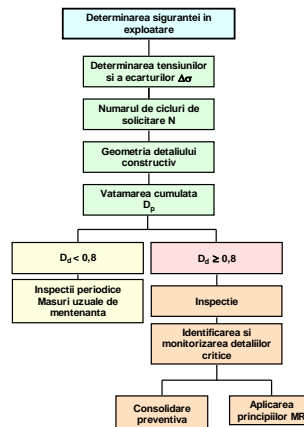
□ determinarea valorii critice a fisurii pe baza criteriilor de mecanica ruperii;

□ evaluarea la oboseală a elementelor structurale analizate – determinarea duratei de viață rămasă prin simularea creșterii fisurii.

Metodologia de determinare a duratei de viață rămasă a elementelor structurale, bazată pe principiile mecanicii ruperii, a fost concepută în cazul podurilor nituite ca o analiză în două etape, și anume:

Pasul (1): cuprinde o primă etapă în care se determină acceptabilitatea defectelor decelate în structură pe baza unei analize ce are la bază diagramele de evaluare a ruperii, respectiv sunt cunoscute valoarea tensiunii maxime rezultată din încărcările aplicate pe structură și a tenacității la rupere a materialului; tot în cadrul acestei etape sunt stabilite și valorile finale acceptate ale dimensiunilor defectelor studiate pe baza tenacității la rupere a materialului.

Pasul (2): a doua etapa de evaluare la oboseala a elementelor structurale analizate pe baza inregistrarilor de trafic real ce se scurge pe pod, a dimensiunilor initiale respectiv finale ale defectelor si a parametrilor de mecanica ruperii ce caracterizeaza progresia fisurii, adica a constantelor de material din ecuatia lui Paris C si m. Aceasta a doua etapa se impune deoarece structurile de poduri sunt supuse la incarcari cu caracter repetitiv sub actiunea carora defectele decelate si evaluate ca fiind acceptabile cresc pana la ruperea elementului. In aceste conditii este importanta cunoasterea perioadei de timp in care podul mai poate fi exploatat in conditii de siguranta.

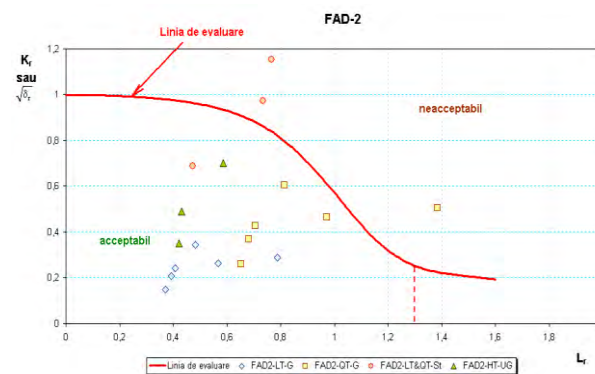


**Figura 18.** Determinarea sigurantei in exploatare

Metoda de evaluare a acceptabilitatii defectelor se bazeaza pe prevederile standardului britanic BS 7910:1999 care utilizeaza in acest sens metoda bicriteriala.

Metoda bicriteriala limiteaza capacitatea portanta a unui element structural cu defect de tip fisura, pe de o parte prin valoarea factorului de intensitate a tensiunii la varful fisurii, care trebuie sa fie mai mica sau cel mult egala cu tenacitatea la rupere a materialului de baza si pe de alta parte prin valoarea tensiunii aplicate, ce nu trebuie sa depaseasca valoarea tensiunii de cedare plastica.

DER reprezinta un instrument de evaluare a acceptabilitatii dimensiunilor defectelor prezente in elementele structurale / structurile analizate. Procedura este simpla si consta in determinarea parametrilor  $K_r$  si  $S_r$  pentru cazul particular al defectului analizat, iar apoi positionarea punctului ( $K_r$ ,  $S_r$ ), asa numit de evaluare, pe diagrama si compararea pozitiei acestuia functie de linia de evaluare.



$$\sqrt{\delta_r} \text{ oder } K_r = (1 - 0,14L_r^2) \{0,3 + 0,7 \exp(-0,65L_r^6)\}$$

Ecuatia curbei de evaluare

**Figura 19** Exemplu de aplicare a evaluarii pe baza DER (FAD) – Nivel 2

Metoda de evaluare la oboseala a elementelor structurale cu defecte s-a dezvoltat pe posibilitatea de modelare, cu ajutorul unor legi cunoscute, a procesului de crestere a

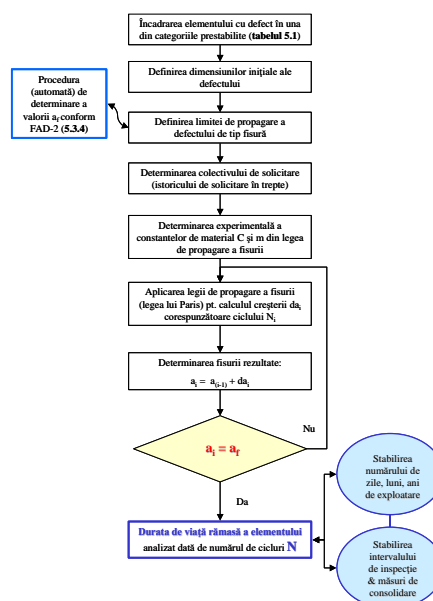
dimensiunilor unei fisuri in conditiile solicitarilor din oboseala. Aceasta metoda are la baza prevederile standardului BS 7910:1999, fiind adaptata pentru cazul podurilor metalice nituite, cu durata mare de exploatare. Ea poate fi aplicata si altor structuri de poduri la care au fost decelate defecte de tip fisura in timpul exploitarii. Deoarece pe curba de propagare a fisurii in reprezentare dublu logaritmică se poate observa faptul ca domeniul 2 se desfasoara pe un procent ridicat din extinderea totala a unei fisuri, rezulta cu o aproximatie destul de buna ca procesul de crestere a defectului la oboseala poate fi descris cu legea lui Paris.

$$\begin{aligned} & K_{\max} = K_{Ic} \\ & \frac{da}{dN} = C \cdot \Delta K^m \\ & \Delta K = \Delta K_0 \\ & \Delta K = K_{\max} - K_{\min} = Y(\sigma_{\max} - \sigma_{\min})\sqrt{\pi a} \end{aligned}$$

**Figura 20** Relația lui Paris

Astfel, daca se cunosc valorile  $\sigma_{\max}$  și  $\sigma_{\min}$ , poate fi calculat factorul de corectie Y, functie de cazul particular al elementului structural analizat și determinand experimental valorile constantelor de material C și m, se poate simula cresterea fisurii la oboseala printr-un procedeu a carui etape sunt schematizate in figura urmatoare.

Bazat pe rezultatele obtinute in urma acestei metode de investigare in doi pasi, se poate concluziona asupra programului de mentenanta ce trebuie aplicat structurii investigate, a masurilor de consolidare / reabilitare, a necesitatii luarii unor masuri de restrictie de trafic, viteza etc., sau a impunerii inchiderii și inlocuirii structurii. Se mai subliniaza faptul ca prin cunoasterea modului și vitezei de progresie a unui defect, a severitatii acestuia exprimata prin perioada ramasa de exploatare (ani, luni, zile), poate fi extinsa durata de viata a acestor structuri de poduri.



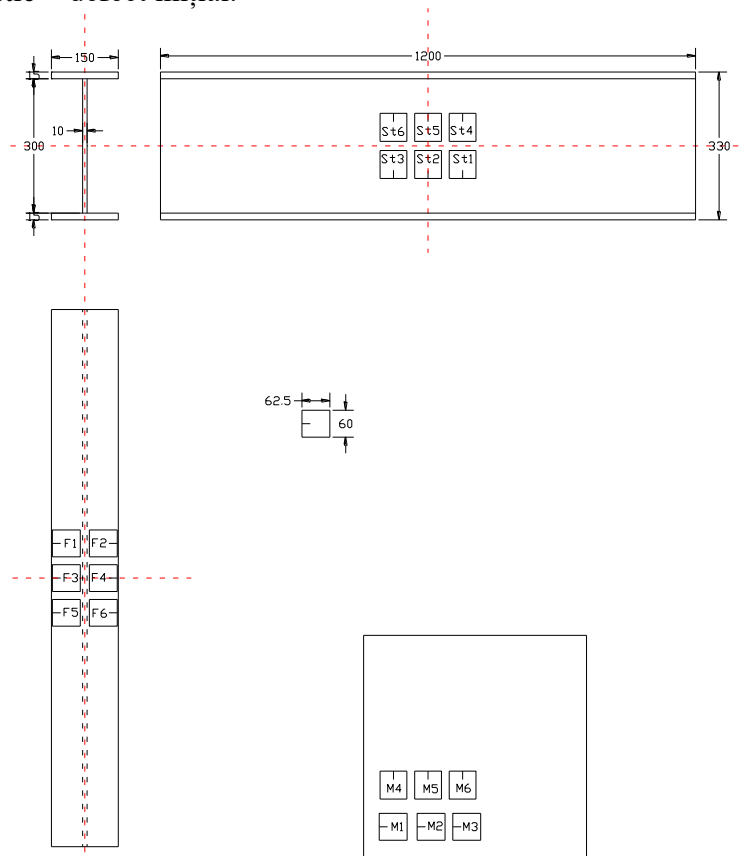
**Figura 21.** Schema logica a procedurii in pasul 2

În consecință, s-a luat decizia de a solicita la oboseală la nivele diferite 0,8 1,0 și 1,2 grinzi din material S335 J2 N, similare cu structurilor metalice puse în operă. A fost păstrată o platbandă nesolicitată din același lot, care să garanteze un element nesolicitat la oboseală. Ele pot fi considerate elemente constructive similare, scară 1:1 cu antretoazele – grinzi ale căii, puternic solicitate la încărcări repetitive și oboseală.

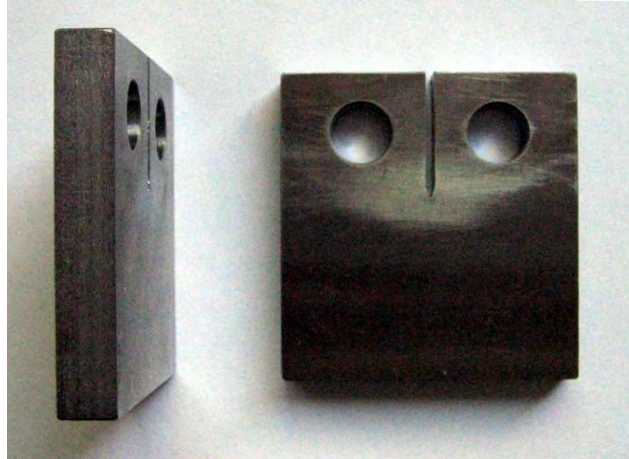


**Figura 22.** Solicitarea la oboseală până la nivele de 0,8 1,0 și 1,2 cf. PLM

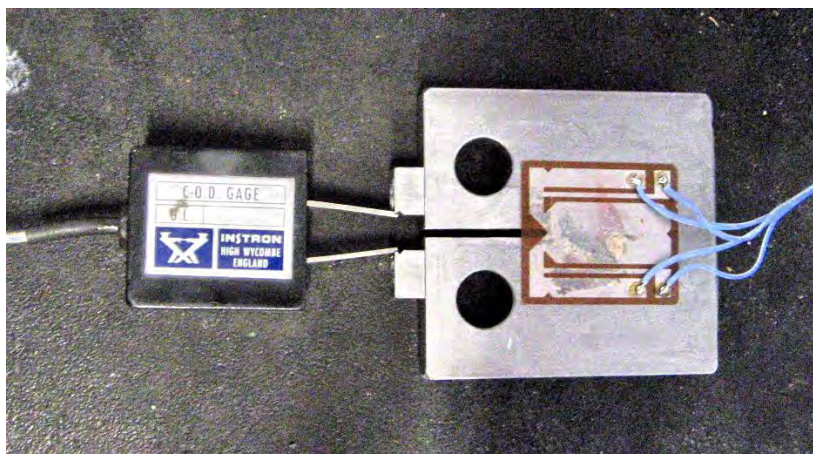
Ulterior au fost prelevate probe de tip CT (12 specimene) pentru determinarea vitezei de propagare a fisurii. Aceste probe au conținut o prefisurare de 2,0 mm în baza unui ciclu de forțe din domeniul elastic – defect inițial.



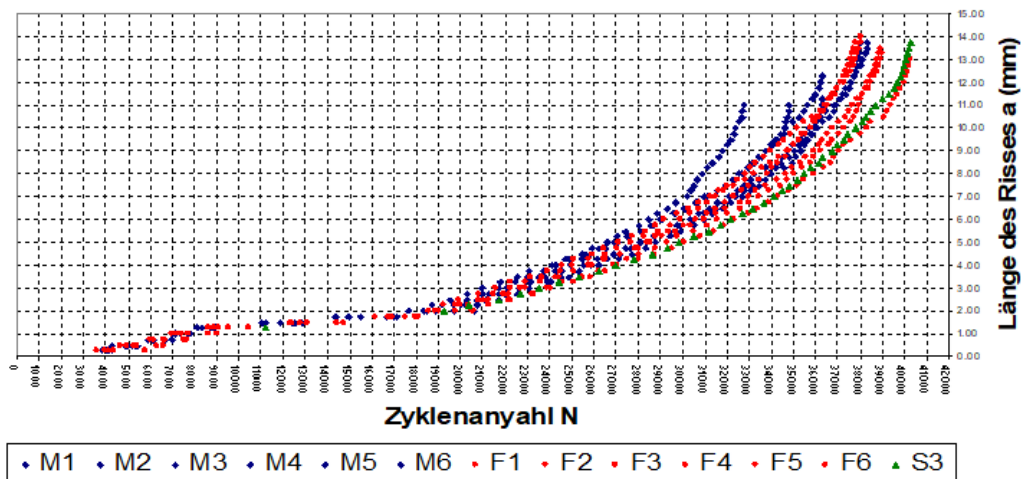
**Figura 23.** Poziții de prelevare a speciemenelor CT



**Figura 23.** Probă CT pregătită pentru încercare



**Figura 23.** Presă de încercare și metotă de prelevare a măsurătorilor



**Figura 23.** Rezultate încercări de laborator pe probe CT

Pe baza rezultatelor obtinute s-a observat ca nivelul de oboseala inregistrat in element nu influenteaza caracteristicile de material din relatia de propagare a fisurii – constantele C și m. Cu siguranță istoricul de solicitare are un efect relevant asupra rezultatelor, dar nu influențează constantele de material din relația lui Paris. Acest nivel de oboseală se manifestă prin apariția fie de macro-defecte sau fisuri.

In finalul cercetarii s-a propus elaborarea un ghid de procedura complex care va introduce metoda moderna bazata pe principiile mecanicii ruperii la stabilirea sigurantei in exploatare si implicit a duratei de viata ramase pentru podurile metalice existente.

Intr-o prima fază această metodologie a fost publicată într-o carte de specialitate.

În cadrul departamentului au fost realizate investigații privitoare la determinarea duratei de viață rămasă a unor structuri de poduri.

În acest sens, împreună cu Prof. R. Băncilă și Dr. Ing. A. Feier s-a evaluat podul Traian din Arad.



**Figura 24.** Podul Traian Arad

Podul este o grindă Gerber cu structură în consolă, cu trei deschideri,  $L = 50,05 + 85,30 + 50,05 = 185,40$  m; lățimea drumului este de 8,05 m (asigurând astfel un vagon dublu, câte unul pentru fiecare direcție). Lățimea podului între axele principale ale grinzii cu structură este de 9,6 m, iar calea pietonală pe consolă laterală este de 1,5 m.

Modelul FEM al structurii a fost realizat cu SOFiSTiK luând în considerare geometria, definind toate excentricitățile elementelor structurale și luând în considerare condițiile de reazem. Articulațiile Gerber au fost, de asemenea, modelate prin definirea cuplajului pendular.

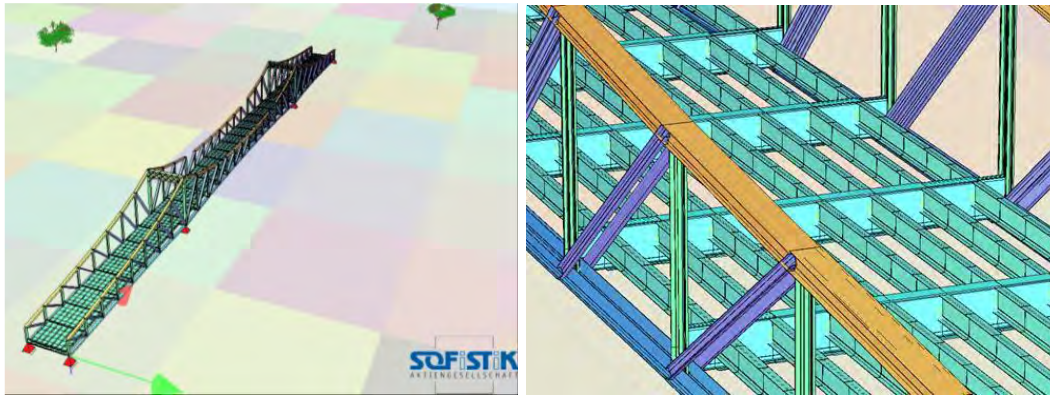


Figura 25. Podul Traian din Arad – Model FEM

Pentru calibrarea modelului 3D, s-au luat în considerare aceleași încărcări pe structură ca și în testele in situ. În final, s-a constatat o concordanță bună (Tab. 1). Acest rezultat confirmă modelul.

Comparison between the measured and calculated tensions [daN/cm <sup>2</sup> ]				Comparison between the measured and calculated deformations [mm]		
Member	S <sub>measured</sub>	S <sub>calculated</sub>	D	Joint	f <sub>measured</sub>	f <sub>calculated</sub>
Lower Chord 15' - 16'	136,5	164	17%	15	37,2	32,35
Upper Chord 15' - 16'	-367,5	-417	12%	4	9,1	7
Diagonal 15' - 16'	-225,8	-221	~100%			
Post 16 - 16'	157,5	173	9%			

Tabelul 1. Comparație între tensiunile și deformările măsurate și calculate

Analizele pe baza Mecanicii Ruperii au dus la determinarea duratei de viață rămasă în exploatare a unor elemente dintr-o structură metalică, deci au dus la o examinare analitică ținând cont de teoriile dezvoltate pe această direcție. Când se dorește a se realiza o examinare/expertiză a unei structuri metalice cu vechime în exploatare ar trebui să se țină cont de acest tip de analiză. Concluziile finale ale studiilor au fost următoarele:

- Absența unor informații legate de istoricul de solicitare, respectiv date necesare despre caracteristici de material cât și prezenta unor defecte structurale, conduc la necesitatea unor studii amănunțite care să aibă drept rezultat determinarea cât mai exactă a timpului de exploatare rămas a elementelor importante ale structurii.
- Analiza pe bara cu ochi arată valori mari ale tensiunilor în barele cu ochi, având valoarea maximă de 238 N/mm<sup>2</sup>, care este mai mare decât limita de curgere a materialului de bază. De asemenea este necesar o verificare non-distructivă pentru a observa fisurile.
- Generarea unor fisuri mici( de 2mm) arata ca timpul de exploatare rămas pentru bara cu ochi este destul de redus sub 1 an, ceea ce indică că din puncte de vedere a normelor elementul are posibilitate foarte mare sa ceda.
- O evaluare corectă a podurilor existente înseamnă o metodologie uniformă, inclusiv metoda de cumulare a vătămarilor cât și conceptele mecanici ruperii [1].

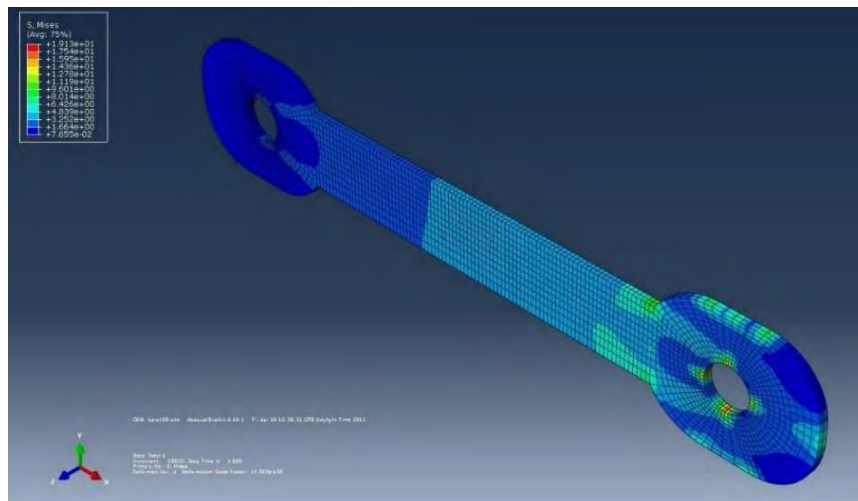
Eforturile rezultate din analizele cu Mecanica Ruperii realizate pe element au fost maxime în zonele de concentratori de tensiune maximă.

Zonele de concentratori de tensiune maxima în cazul barei cu ochi sunt:

- zona de schimbare a secțiunii( trecerea de la secțiunea dreptunghiulară la secțiune curba);
- zona din dreptul găurii bolțului (zona de tensiune maxima);

În analiza FEM pe elementul de bara cu ochi se poate observa evoluția tensiunii în acest element. Din figura următoare se poate observa distribuția tensiunii la 400 KN, tensiunea maxima este de 19,1 N / mm<sup>2</sup> și FY (randament de stres) este de 235 N / mm<sup>2</sup>. Diferența dintre stres rezultat și randamentul demote stres că elementul este încă în funcțiune și nu are încă

probleme structurale la această sarcină (400 KN). Dacă sarcina va fi crește foarte mult vor fi unele probleme.



**Figura 25.** Distribuția tensiunii la 400 KN în articulația Gerber

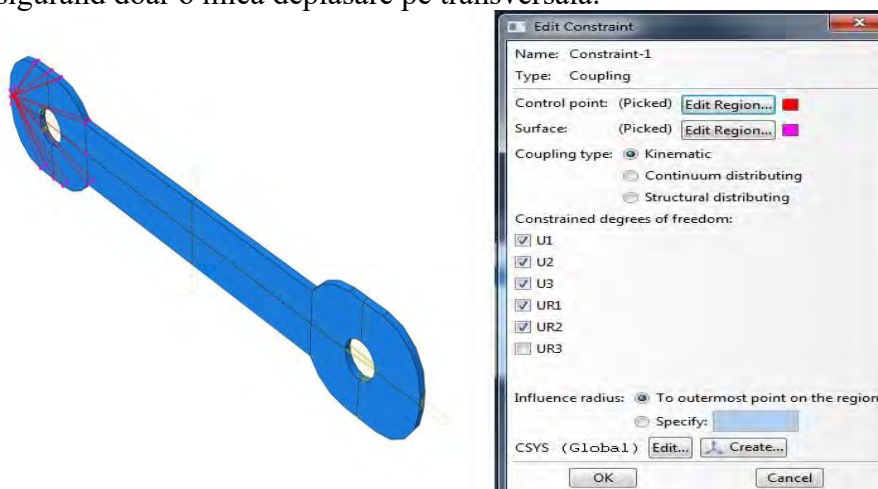
Zona de la marginea bolțului este zona cea mai afectată, se poate observa ca tensiunea maxima este pe marginile bolțului la tangenta dintre bolț și bara cu ochi.

În general, între bolț și bara cu ochi este o zona de frecare, care crește distribuția tensiunii. Dacă încărcarea crește foarte mult pot apărea fisuri în element. Ele apar în general în zona unde este de concentratorul maxim de tensiune. Acest fenomen este posibil deoarece bara cu ochi este un element din structura unui pod și podurile sunt supuse la încărcări dinamice.

Bara cu ochi are o importanță mare în întreaga structură, deoarece permite o dilatare termică mică. Întreaga structura este conceput ca un sistem Gerber și acest element (bara cu ochi) permite o foarte mică deplasare transversală [2], [3].

În cazul nostru concentrator de tensiune apare și la schimbarea de formă.

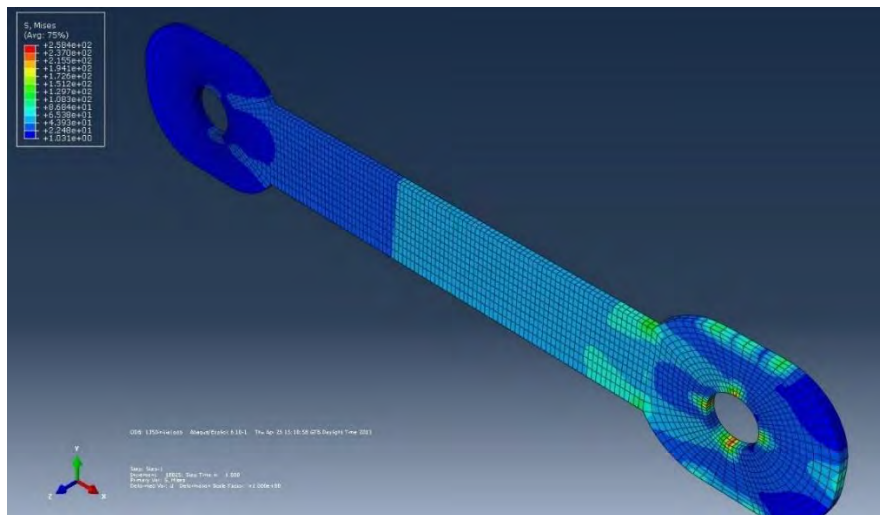
Analiza FEM pe element a fost realizată pornind de la reacțiunea în montantul cu articulația Gerber. S-a încercat modelarea comportării elementului/ barei cu ochi și anume elementul asigurând doar o mică deplasare pe transversală.



**Figura 26.** Condițiile de margine din partea de sus a barei cu ochi

Valoarea maximă a efortului în cazul barei cu ochi neafectate de coroziune este de 258 KN/mm<sup>2</sup> pentru forța de 1350 KN. Încărcarea de 1350 KN se distribuie pe fiecare bară cu ochi, astfel existând în fiecare montant care intră în articulație Gerber 4 bare cu ochi încărcarea se va

distribui în 4 părți egale. La încărcarea de 1350 KN efortul depășește 235 KN/mm<sup>2</sup>, ceea ce rezultă că elementul este în zona plastică.

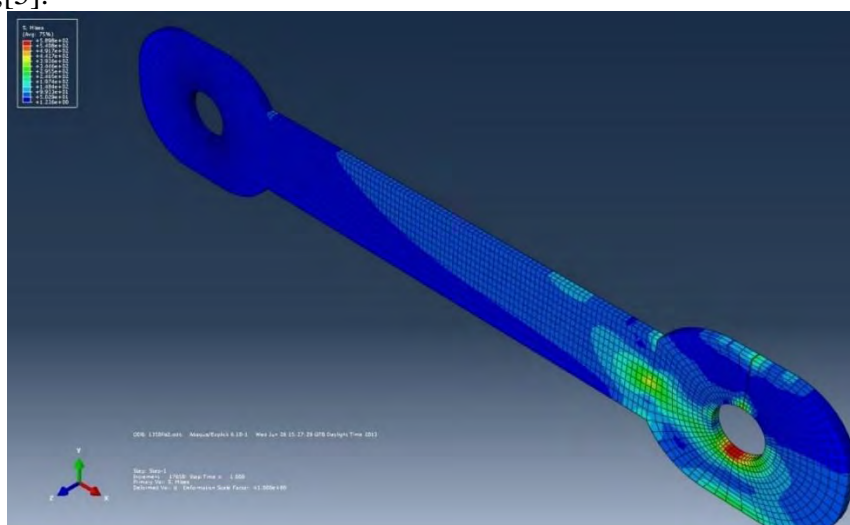


**Figura 27.** Efort maxim în bara cu ochi fără coroziune

Pe măsură ce bara cu ochi este afectată de o fisură se poate observa că efortul crește, iar în momentul apariției unei fisuri efortul înaintează tot mai mult în zona plastică, dar nu atinge ruperea (355 KN/mm<sup>2</sup>). Efortul maxim în cazul apariției unei fisuri la zona de schimbare de secțiune este de 322 KN/mm<sup>2</sup>.

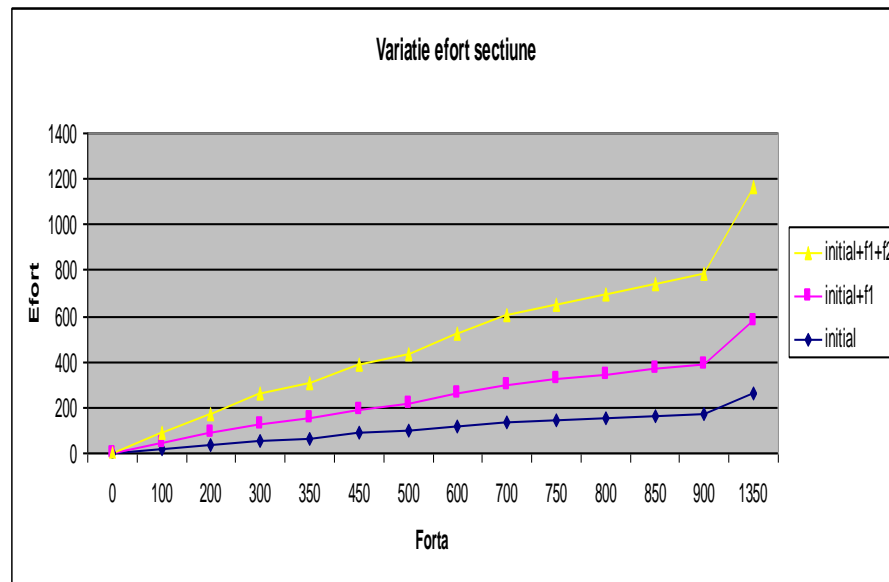
În cazul apariției a două fisuri pe secțiune barei cu ochi efortul crește mult, aproape dublându-se. S-a considerat apariția celor două fisuri în zone de concentratori maximi de tensiune. Concentratori maximi de tensiune apar în special în zona de schimbare de secțiune, în cazul nostru la trecerea de secțiune dreptunghiulară la secțiunea ovală, iar maximul concentratorilor de tensiune este în dreptul găurii bolțului.

Efortul maxim în acest caz este de 589 KN/mm<sup>2</sup>, ceea ce indică trecerea elementului de zona de rupere [4],[5].



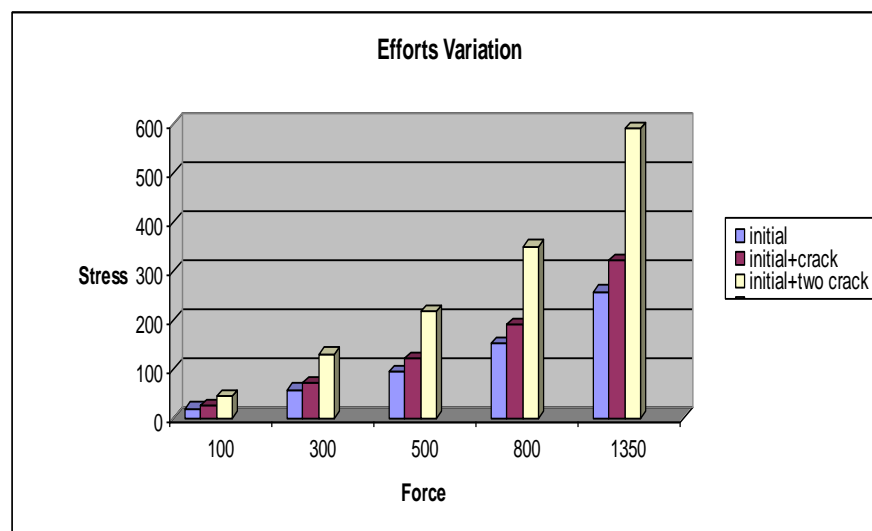
**Figura 28.** Efort maxim în bara cu două fisuri

În cazul secțiunii afectate de coroziune se poate observa că eforturile cresc puțin, dar elementul rămâne totuși în zona plastică, el nu ajunge la rupere.



**Figura 29.** Variație efort bară cu ochi fără coroziune

În figura de mai jos se poate observa variația eforturilor în toate cinci cazurile și sub toate tipurile de încărcări, efortul maxim fiind în cazul secțiunii necorodate dar cu doua fisuri, una la schimbarea de secțiune iar cea de a doua în zona găurii bolțului.



**Figura 30.** Variație efort bara cu ochi în cele trei cazuri

Calculul defectului critic s-a făcut cu FAD-2, deoarece metoda prezintă o linie de evaluare data de ecuația unei curbe și de o excludere. Astfel avem :

- dacă punctul de evaluare se afla în interiorul ariei limitate de curba de evaluare atunci defectul este considerat acceptabil;
- dacă defectul este pe curba sau în afara acesteia defectul este considerat inacceptabil;

$$a_{crit} = \frac{K_{Ic}^2}{\pi \cdot Y^2 \sigma_{max}^2}$$

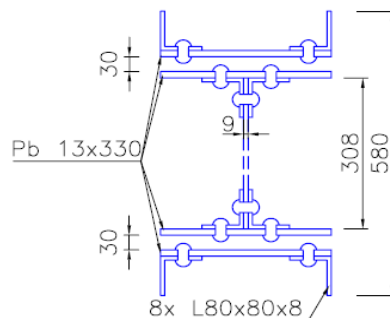
$$a_{crit} = 32 \text{ mm}$$

În determinarea duratei de viață rămase în cazul montantului s-au preluat date din literatura de specialitate sau prin corelații cu încercările pe materialul utilizat în acea perioadă și în zona de unde face parte structura, astfel datele sunt următoarele:

- ✓  $J_{crit} = 15 \text{ N/mm}$  (pentru o temperatură de  $-20^\circ\text{C}$ )
- ✓  $m = 3$  și  $C = 3 \times 10^{-12}$
- ✓ S-a întocmit un istoric de solicitare pentru 2 tramvaie, cu un tact de 15 min, în intervalul orar 5:00 – 24:00  $\Rightarrow$  76 perechi /zi în Tandem pe pod.

24-5=19 h

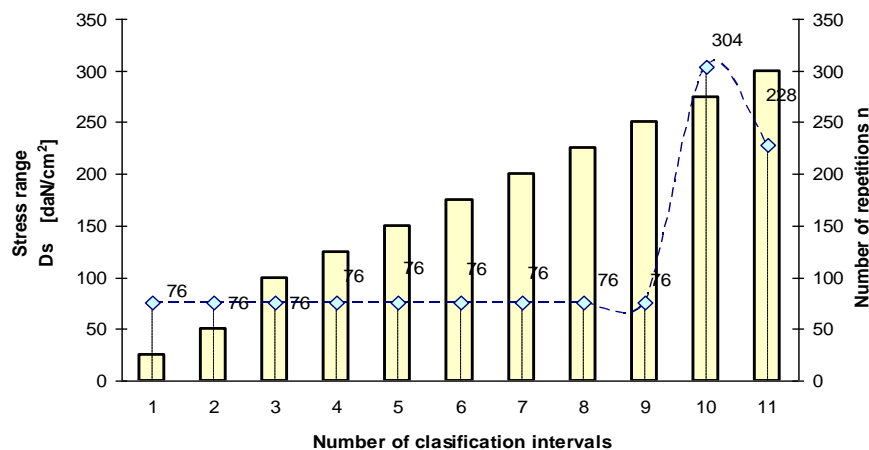
$19 \times 60 / 15 = 76$  perechi



**Figura 31.** Secțiune montant 1-1

După procesarea datelor a rezultat următorul istoric de solicitări.

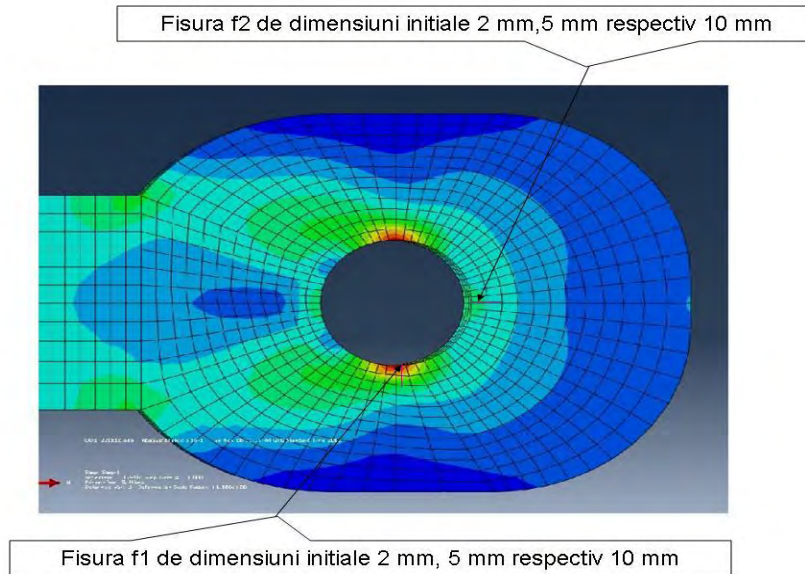
**TIME - STRESS HISTORY - Montant 11**



**Figura 32.** Istoric de solicitare pe număr de intervale

→ Începutul fisuri 2 mm RND = 11,48 ani durata de viață rămasă în siguranța în exploatare pentru fisura declarată inițială;

→ Începutul fisuri 10 mm RND = 3,51 ani durata de viață rămasă în siguranța în exploatare pentru fisura declarată inițială;



**Figura 33.** Bara cu ochi în dreptul bolțului cu cele 2 fisuri definite inițial( f1 și f2)

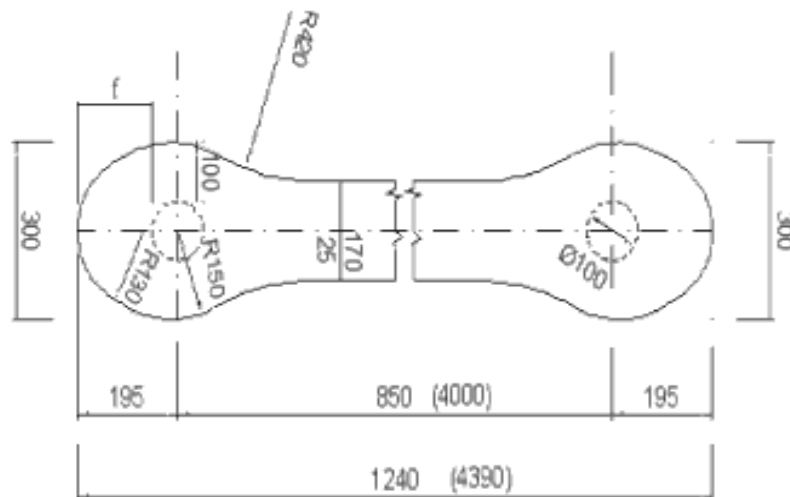
Se definesc mai departe două fisuri pe bara cu ochi pentru a se studia durata de viață rămasă a elementului. Astfel vom avea de studiat două cazuri:

- fisura este perpendiculara de direcția forței aplicate (f1);
- fisura este în direcția forței aplicate(f2)

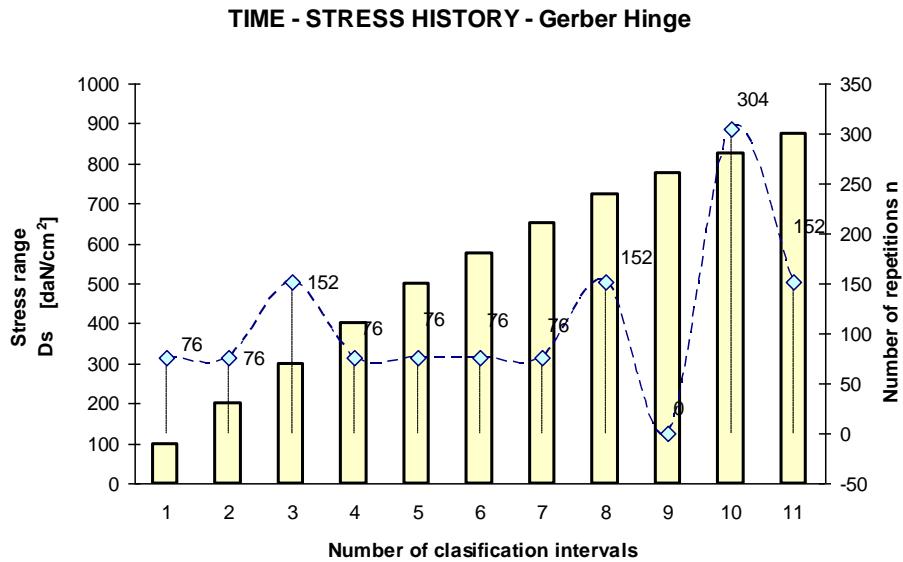
În ambele cazuri avem câte 3 dimensiuni ale fisurii inițiale și anume:

- f1 cu 2 , 5 respectiv 10 fisura inițială;
- f2 cu 2 , 5 respectiv 10 fisura inițială;

Analiza se face cu programul “Life prediction” care are la baza norma BS 7910:1999. Înainte de a face analiza cu “Life prediction”, este necesar determinarea istoricului de solicitare care se face cu ajutorul Metodei Picaturii (Rainflow Method) și prin analiza în detaliu pe elementul respect al efortului(sigma maxim) [6].



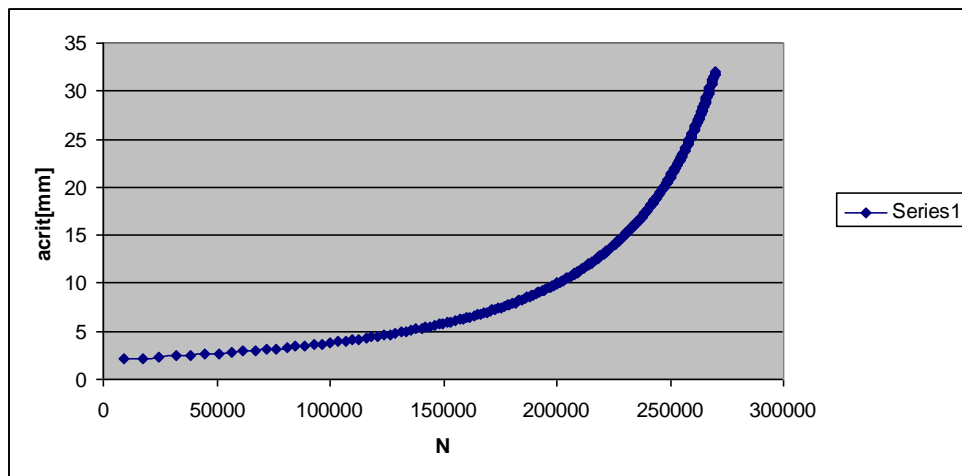
**Figura 34.** Bara cu ochi



**Figura 35.** Istoric de solicitare pe număr de intervale în dreptul fisurii f1

**Caz 1 fisura f1**

- a) fisura inițială 2 mm  
a=2 mm

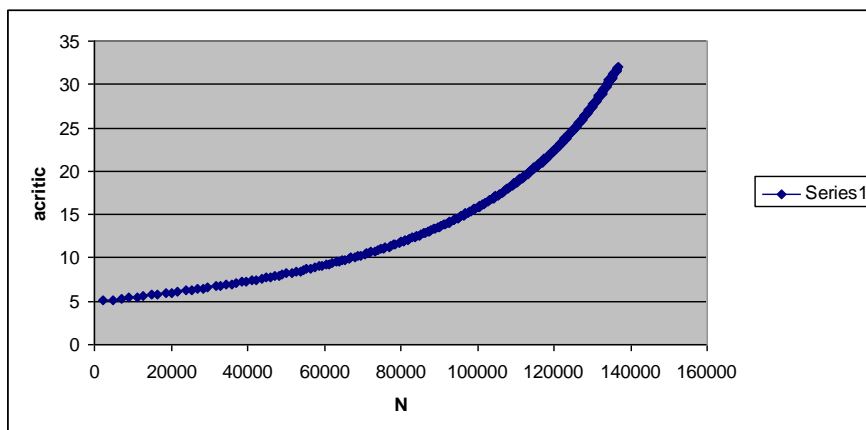


**Figura 36.** Numărul de cicluri și fisura critica pentru fisura inițială de 2 mm

- durata de viață rămasă în siguranță în exploatare pentru fisura declarata inițială

RND      0.607899      ani      221.8832      zile

- b) fisura inițială 5 mm  
a=5 mm



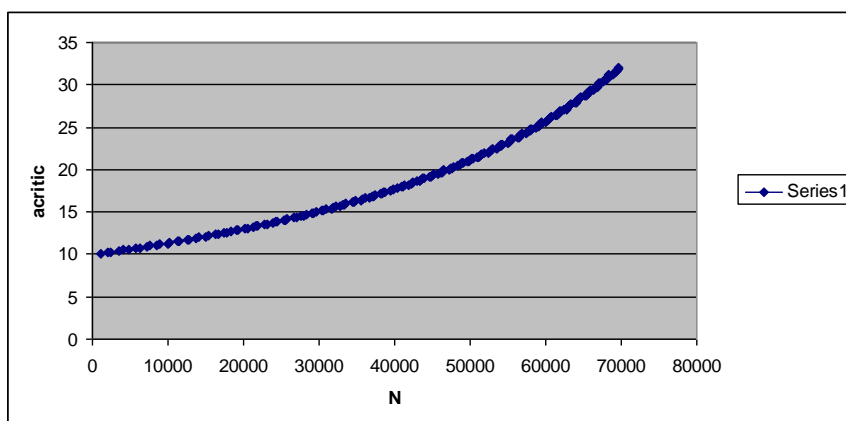
**Figura 37.** Numărul de cicluri și fisura critică pentru fisura inițială de 5 mm

- durata de viață rămasă în siguranță în exploatare pentru fisura declarată inițială

RND 0.307892 ani 112.3808 zile

c) fisura inițială 10 mm

a=10 mm



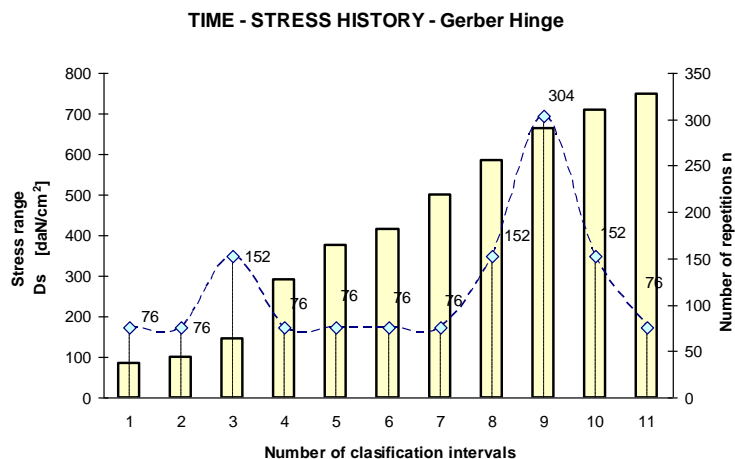
**Figura 38.** Numărul de cicluri și fisura critică pentru fisura inițială de 10 mm

- durata de viață rămasă în siguranță în exploatare pentru fisura declarată inițială

RND 0.156831 ani 57.24342 zile

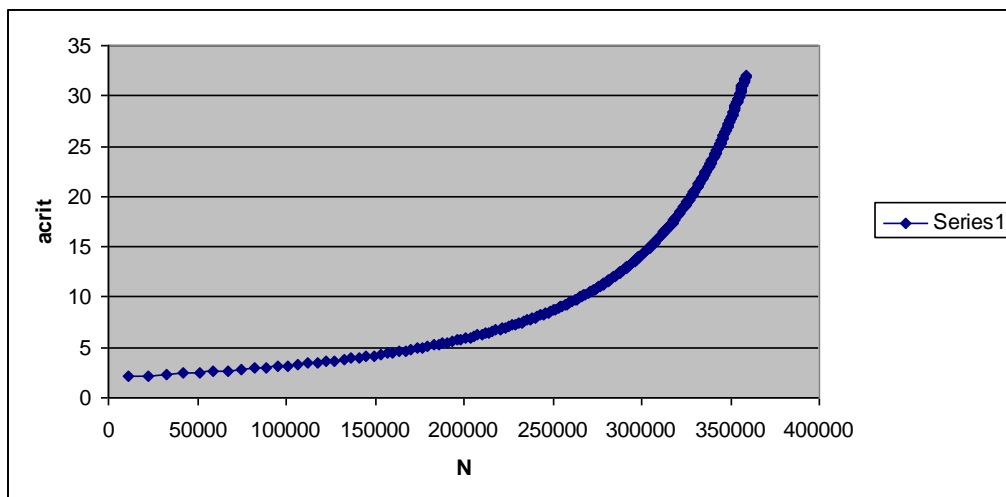
**Caz 1 fisura f2**

Fisura f2 este în direcția aplicării forței.



**Figura 39.** Istoric de solicitare pe număr de intervale în dreptul fisurii f2

a) fisura inițială 2 mm  
a=2 mm

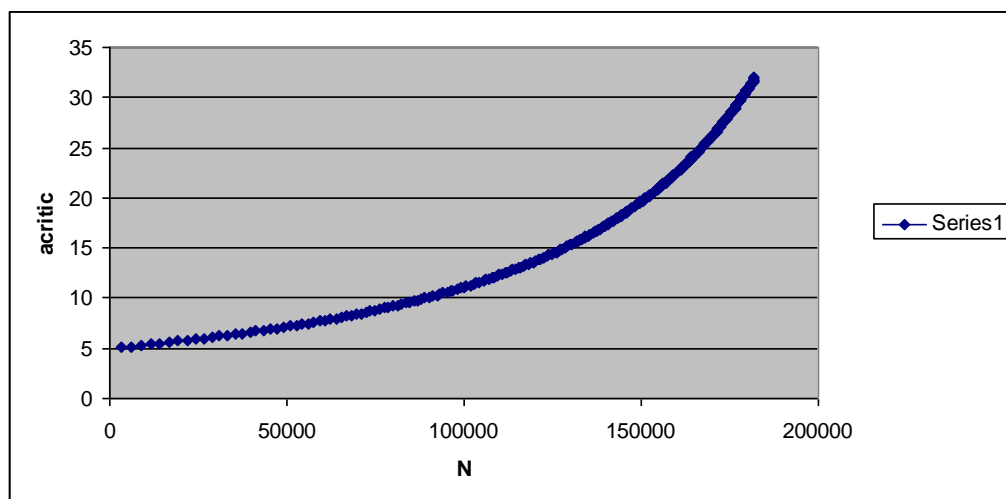


**Figura 40.** Numărul de cicluri și fisura critică pentru fisura inițială de 2 mm

- durata de viață rămasă în siguranță în exploatare pentru fisura declarată inițială

RND      0.833324      ani      304.1633      zile

b) fisura inițială 5 mm  
a=5 mm

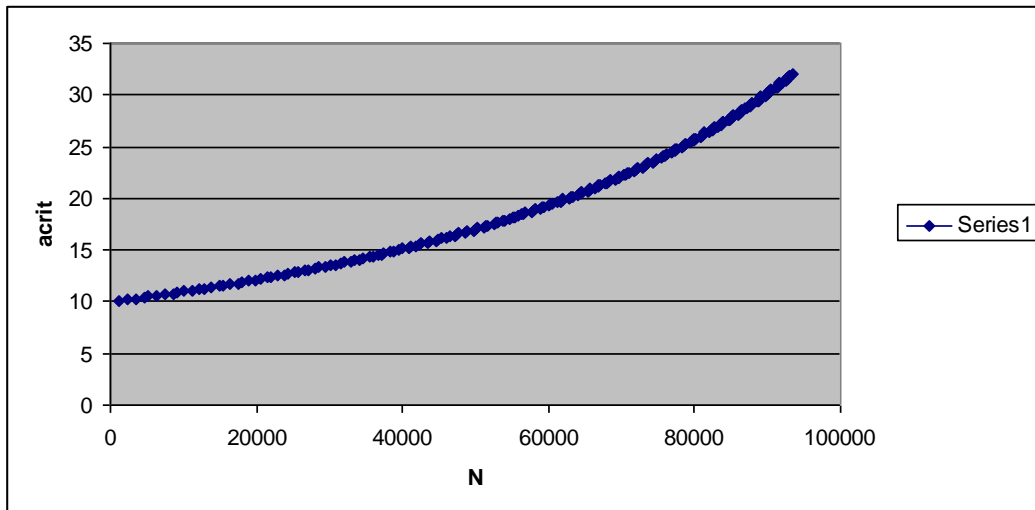


**Figura 41.** Numărul de cicluri și fisura critică pentru fisura inițială de 5 mm

- durata de viață rămasă în siguranță în exploatare pentru fisura declarată inițială

RND      0.410067      ani      149.6743      zile

c) fisura inițială 10 mm  
a=10 mm



**Figura 42.** Numărul de cicluri și fisura critică pentru fisura inițială de 10 mm

- durata de viață rămasă în siguranță în exploatare pentru fisura declarată inițială

RND      0.210484      ani      76.82648      zile

Bara cu ochi din articulația Gerber a fost consolidată doar în cazul dimensiunii de 850 mm, la pendulul mic, din următoarea poza se poate observa sistemul de consolidare.



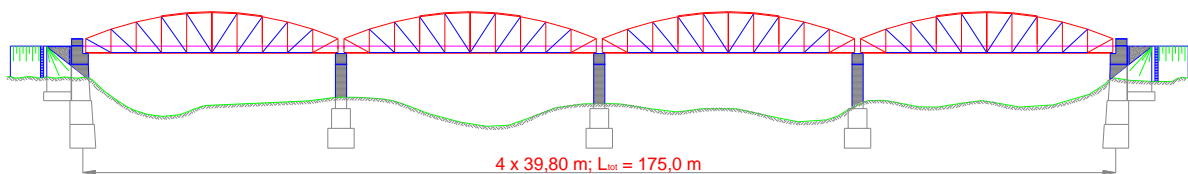
**Figura 43.** Sistemul de consolidare folosit la pendulul mic.

S-a folosit un cadru care preia efortul barei cu ochi, dar în cazul deteriorării acestui sistem toată partea centrală este predispusă la colaps. La pendulul mare unde avem bara cu ochi de dimensiune 1240 mm nu s-a putut aplica același sistem deoarece cadrul trebuia scos prin trotuar, astfel ca pendulul mare doar s-a curățat și revopsit, lucru ce se poate observa din următoarele poze.



**Figura 44.** Consolidare pendulul mare

Un alt exemplu în acest sens al aplicării principiilor mecanicii ruperii este podul rutier din Săvârșin peste râul Mureș, de pe șoseaua locală DJ 707 A (km 1 + 271 m), este o structură remarcabilă cu patru deschideri executat în 1897. Suprastructura metalică are o alcătuire tipică perioadei în care a fost construită, și anume: tablier metalic, grindă principală parabolică cu diagonale descendente și montanți, cu o cale de rulare așezată pe profile de tip Zorres.



**Figura 45.** Podul peste Mureș de la Săvârșin (1897)

Având în vedere importanța structurii și valoarea sa istorică, s-a luat decizia de consolidare a structurii. Lucrarea a primit premiul I european ECCS pentru consolidare. Luând în considerare toate cazurile investigate, s-a concluzionat că oboseala în cazul acestei structuri este satisfăcătoare, ceea ce înseamnă că a permis consolidarea.

Pentru evaluarea duratei de viață rămase, a fost practic imposibil să se efectueze o analiză bazată pe metoda clasică a ipotezei cumulării liniare a vătămarilor PLM. Acest lucru poate fi explicat prin faptul că este foarte dificil să se reconstituie istoricul solicitărilor structurii. Aproximările făcute în stabilirea traficului trecut duc la rezultate irelevante. Calculele duratei de viață la oboseală bazate pe metoda clasică duc uneori la concluzia că nu există o durată de viață rămasă,

deși nu se observă fisuri în elementele structurale. Acesta a fost motivul pentru care a fost aleasă metoda complementară bazată pe principiile mecanicii ruperii.

Presupunând defecte de oboseală (fisuri) mici detectabile care provin din găurile niturilor și utilizând analiza mecanicii ruperii în doi pași, se poate determina durata de viață rămasă și intervalele de inspecție pentru acest pod vechi nituit.

Aplicarea acestei proceduri începe cu informațiile despre oțelul structural. În acest sens, autorii se bazează pe testele experimentale convenționale efectuate pe probe prelevate din structură, precum și pe cercetări asupra materialului din această perioadă (oțel moale) realizate chiar de autori, precum și preluate din literatura de specialitate. Testele de laborator au condus la următoarele rezultate:

- materialul este un oțel moale similar cu actualul St37.2n (STAS 500/2 – 80);
- $\sigma_y = 236 \text{ N/mm}^2$ ;
- $\sigma_{ult} = 370 \text{ N/mm}^2$ .

Pentru tenacitatea materialului în termeni de  $J_{crit}$ , s-a ales o valoare minimă de 20 Nmm la o temperatură de  $-20^\circ\text{C}$ .

Pe baza acestor valori și cu ajutorul diagramei de evaluare a defecțiunii, s-a determinat valoarea critică a fisurii pentru grinda principală - talpa inferioară:  $a_{crit} = 36,1 \text{ mm}$  pentru  $\sigma_{appl} = 118,3 \text{ N/mm}^2$ . Pentru a determina durata de viață reziduală a grinzii principale, precum și intervalul de inspecție, sunt necesare informații despre propagarea fisurilor. Testele experimentale pe epruvete CT au arătat că pentru cele mai vechi oțeluri moi, valorile constantelor de material din relația Paris se află în următoarele intervale:

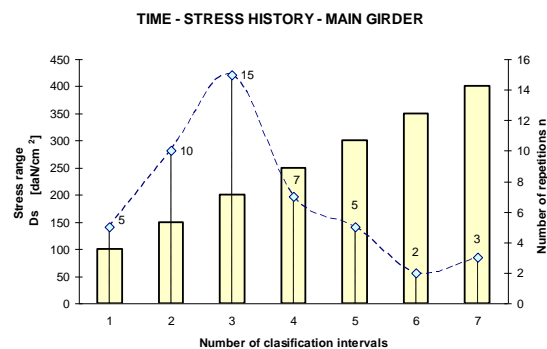
$$m = 2,05 \dots 5,65$$

$C = 2,2 \times 10^{-11} \dots 10^{-18}$ . Valoarea relativ mare a lui  $m$  este corespunzătoare unor valori foarte mici ale lui  $C$ , de exemplu pentru  $m > 4 \rightarrow C \cong 10^{-15} \dots 10^{-18}$ .

Pentru următoarea procedură de predicție a duratei de viață s-a ales:  $m = 3$  și  $C = 3 \times 10^{-12}$ . Alegerea a fost făcută în funcție de experiența bazată pe investigații de laborator pe materiale produse la Reșița.

Istoricul solicitărilor considerat al Podului Săvărsin în cazul grinzii principale este:

Ds [daN/cm <sup>2</sup> ]	MAIN GIRDER			
	A30	Trucks	Bus	Total
100	0	3	2	5
150	1	6	3	10
200	2	8	5	15
250	3	3	1	7
300	4	3	0	7
350	1	1	0	2
400	3	0	0	3
Ds <sub>e</sub> [daN/cm <sup>2</sup> ] =		252,14	Total/day	49



**Figura 46.** Istoricul de solicitare

Pentru a determina durata de viață rămasă, este important să se știe cât timp va dura până când fisura va crește de la dimensiunea minimă detectabilă până la valoarea critică.

Au fost studiate două cazuri:

- defect de grosime transversală cu dimensiunea inițială  $a_0 = 5 \text{ mm}$ , care este nedetectabil deoarece este situat sub capul nitului (acest caz a fost studiat deoarece nu au fost detectate fisuri cu valoare mai mare) și

- defect de grosime transversală cu dimensiunea inițială  $a_0 = 15 \text{ mm}$ , care este detectabil în timpul unei inspecții vizuale, apărând suficient dincolo de capul nitului.

În primul caz, care este cel real, durata de viață rămasă la oboseală este estimată la o valoare de 64,1 ani. Dar dacă printr-o inspecție regulată se detectează o fisură mai mare decât

capul nitului, atunci administratorul trebuie să știe că propagarea fisurii până la valoarea critică va avea loc în 6,9 ani.

În această situație, intervalele de inspecție sigure pot fi calculate cu următoarea relație:

$$\Delta T_{\text{insp}} = N_{\text{RFL}} / N_{\Delta a}, \text{ unde}$$

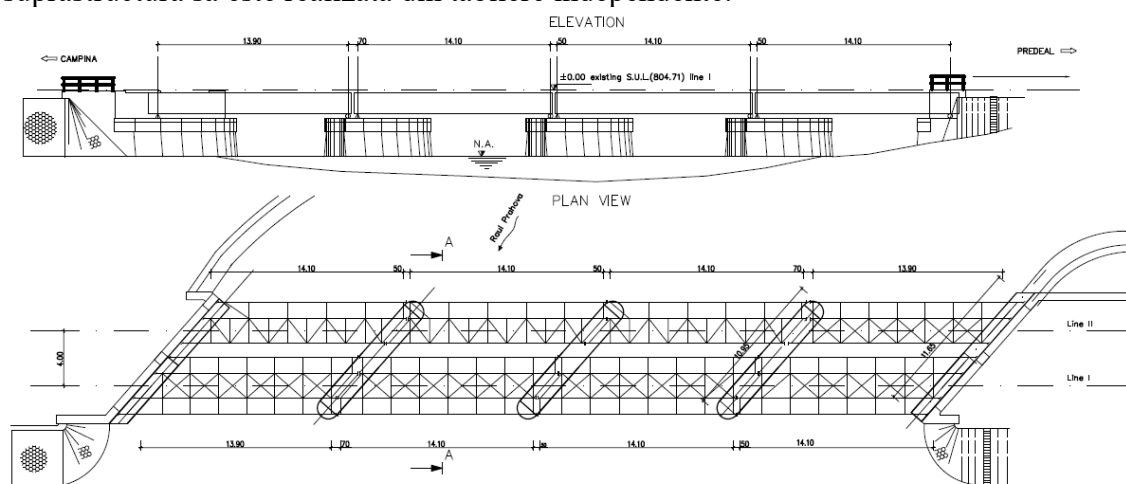
$N_{\text{RFL}}$  = durata de viață la oboseală rămasă calculată pentru elementul structural

$N_{\Delta a}$  = numărul de cicluri calculat pentru o extensie a fisurii în timpul inspecțiilor de 5 mm.

În acest caz, intervalele de inspecție sigure sunt situate între 6 luni și 1 an.

Se menționează faptul că astfel de exemple sunt cuprinse în publicațiile autorului, ele bazându-se practic pe **verificarea și expertizarea a peste 400 de poduri de cale ferată și șosea.**

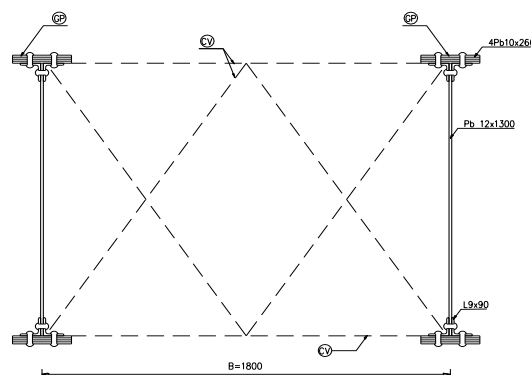
Un ultim exemplu ce este oferit în această direcție a aplicării metodei complementare a mecanicii ruperii este un pod de cale ferată cu grinzi cu inimă plină situat la km 125+323,25 pe linia Câmpina - Predeal, o structură nituită care traversează râul Prahova. Structura are patru deschideri, una de 13,90 m și trei de 14,10 m fiecare, este în oblicitate (spre dreapta 48°37'), iar suprastructura sa este realizată din tabliere independente.



**Figura 47.** Dispoziția generală a structurii

Elemente de calcul:

- Anul construcției – 1940.
- Din cauza lipsei oricărei documentații, secțiunile grinzilor principale au fost relevate în amplasament.



**Figura 48.** Dimensiunile elementelor din oțel – Grinzi principale

- Materialul de bază considerat oțel moale este similar cu OL37.
- Schema statică este grinzi simple susținute.

Traficul pe o linie feroviară principală a fost considerat:

- traficul de referință 20-24x10<sup>6</sup> t/linie/an
- Centrul de Calcul al SNCF CFR S.A. pentru anul 2004: 13,7 t/linie/an =>12-16 t/linie/an.

Traficul exprimat în perechi de trenuri pe zi în luna de vârf care a avut loc pe linia Câmpina – Predeal în anul 2004, a fost:

- 28 perechi de trenuri de călători / zi;
- 17 perechi de trenuri de marfă / zi;
- Total – 48 perechi de trenuri asimilate / zi

- toate verificările la oboseală au fost efectuate pentru grinzile principale ale tablierelor metalice în secțiunea de la mijlocul deschiderii.

Din verificările statice, intervalul de solicitare maximă pentru convoiul UIC 71 este:

$$\max \Delta \sigma_{UIC} = 97.13 \text{ N/mm}^2$$

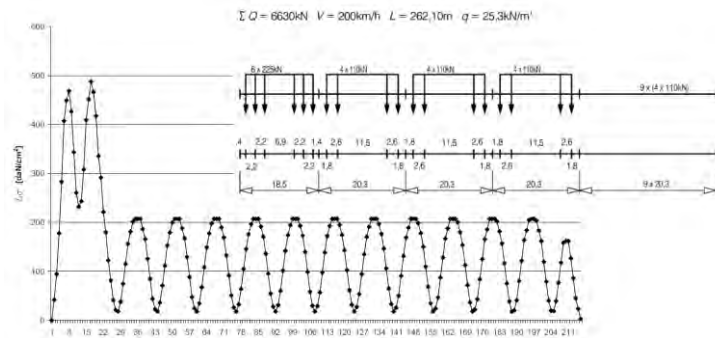
Valorile cumulate ale vătămării au rezultat ca fiind  $D = 0,98$ .

De asemenea, s-a aplicat metoda complementară a mecanicii fracturilor. Pentru caracteristicile materialului s-au considerat următoarele valori: materialul este un oțel moale similar cu actualul St 34 - 37. n (STAS 500/2 – 80); limita de curgere este  $\sigma_y = 230 \text{ N/mm}^2$ ; rezistența la rupere  $\sigma_{ult} = 360 \text{ N/mm}^2$ .

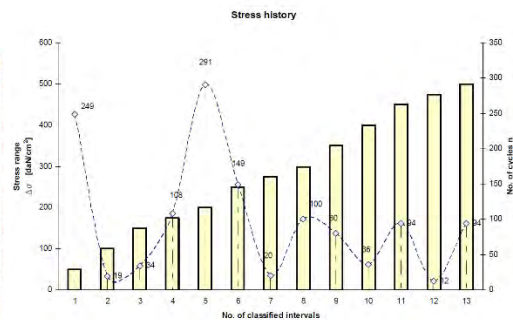
Pentru tenacitatea materialului în termeni de  $J_{crit}$  s-a ales o valoare minimă de 20 Nmm la o temperatură de  $-20^\circ\text{C}$ . Pentru procedura de predicție a duratei de viață în cazul constantelor materialului s-au ales următoarele valori:  $m = 3$  și  $C = 3 \times 10^{-12}$ .

A fost stabilit un istoric al solicitărilor utilizând următorul trafic mixt din EC 1. Acesta este de fapt traficul viitor care va fi caracteristic pentru noul coridor feroviar reabilitat. Toate aceste trenuri au fost plimbate pe structură pentru a stabili istoricul solicitărilor multibloc.

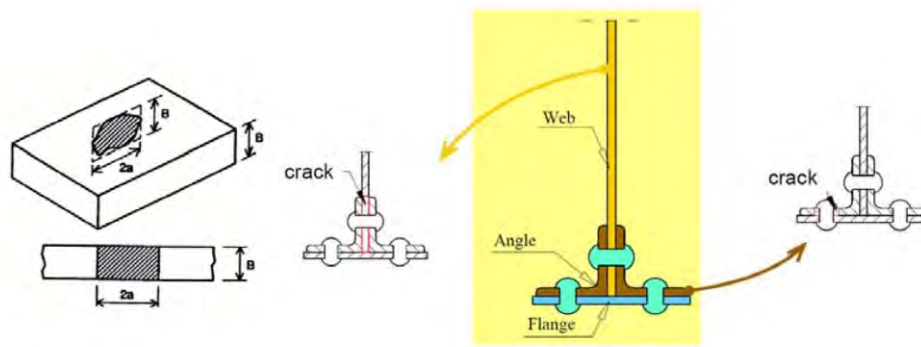
Train type	No. of trains / day	Train weight [t]	Traffic volume [Mil. t/year]
1	12	663	2,90
2	12	530	2,30
3	5	940	1,72
4	5	510	0,93
5	7	2160	5,52
6	12	1431	6,27
7	8	1035	3,02
8	6	1035	2,27
	<b>67</b>		<b>24,95</b>



$\Delta \sigma$ [daN/cm <sup>2</sup> ]	MAIN GIRDER (L/2) mix								Total
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	
50	0	0	0	0	105	36	0	108	249
100	0	0	0	0	7	12	0	0	19
150	12	12	10	0	0	0	0	0	34
175	0	108	0	0	0	0	0	0	108
200	132	0	0	10	105	36	8	0	291
250	12	0	65	60	0	0	0	12	149
275	0	0	10	10	0	0	0	0	20
300	12	12	10	0	0	60	0	6	100
350	0	12	0	0	0	60	8	0	80
400	0	0	0	0	0	36	0	0	36
450	0	0	0	0	0	0	88	6	94
475	12	0	0	0	0	0	0	0	12
500	0	0	0	0	14	72	8	0	94
$\Delta \sigma_r$ [daN/cm <sup>2</sup> ]	381.36 Total/day								1037



**Figura 49.** Determinarea istoricului de solicitări  
Cazurile de fisură evaluate prin calcul au fost:



**Figura 50.** Analizarea a două cazuri de fisură – inimă / talpă

În primul caz, durata de viață la oboseală rămasă este estimată la o valoare de 8,31 ani (corespunzător unui număr de cicluri de 1.566.000). În al doilea caz, administratorul trebuie să știe că propagarea fisurii până la valoarea critică va avea loc în 8,89 ani ( $N=1.676.000$  cicluri).

În acest caz, intervalele de inspecție sigură, calculate cu formula 8, se situează între 1,2 și 2,0 ani.

### 2.1.2. Reabilitarea structurilor de poduri cu durată mare de exploatare - inclusiv poduri - monumente istorice.

Referitor la următoarea direcție de cercetare conexă domeniului mai sus menționat și anume la **reabilitarea structurilor de poduri cu durată mare de exploatare - inclusiv poduri - monumente istorice**, se face precizarea că autorul a participat activ, ca șef de proiect sau membru în colectivul de proiectare, la **peste 80 de proiecte de reabilitare de poduri metalice, din beton armat sau zidărie – structure pe grinzi, arc și bolți.**

Dintre acestea se oferă câteva exemple.

La km 134+877,70, linia ferată dublă Câmpina – Predeal traversează în mod normal râul Prahova, fiind susținută de un pod arc din beton cu o deschidere de  $L = 23,00$  m.

Podul a fost construit în două etape: podul pe arc din amonte în 1880, în aval a fost construit în 1944, odată cu dublarea liniei.



**Figura 51.** Amplasamentul podului



**Figura 52.** Comparație pod reabilitat și pod existent

Proiectul a fost complex și a constat din realizarea releveului, apoi investigarea și relevarea defectelor, prelevarea de probe de material și încercări de laborator, calculul structural, alegerea soluției și asistența tehnică permanentă pe șantier.



**Figura 53.** Prelevarea de probe / carotări

Un alt exemplu îl constituie reabilitarea podurilor de cale ferată pe grinzi cu zăbrele, calea jos, nituite. Este prezentat podul de la km 108+690,34, unde linia de cale ferată traversează oblic cursul râului Prahova pe un pod metalic cu deschiderea de 2 x 44,00 m. De asemenea, proiectul a constat în relevarea atentă a structurii metalice, stabilirea de defecte după sablare, încercări de material pe probe prelevate din structură, calculul structural, elaborarea detaliilor de reabilitare și asistență tehnică permanentă pe perioada lucrărilor de execuție.



**Figura 54.** Reabilitare pod metalic CF nituit (an de construcție 1940)

Un alt exemplu îl constituie podul de piatră din Băile Herculane, structura ce datează din anul 1864, conform Inventarului de bunuri care aparțin domeniului public al Orașului Băile Herculane și Listei monumentelor istorice elaborate de Ministerul Culturii. Prin estetica sa, podul rutier se încadrează perfect în centrul istoric al stațiunii, formând un ansamblu splendid. Podul, în calitatea sa de monument istoric trebuie păstrat identic și în stare de folosință pe o durată cât mai mare de timp, fiind considerat, conform unor surse, pionierul podurilor boltite, curbe din zidărie de piatră.

La vremea respectivă se atragea atenția că din punct de vedere tehnic, această structură se afla într-o stare avansată de degradare, impunându-se consolidarea și reabilitarea podului. Pe pod era instaurată o restricție de tonaj de 1,5 tone.

Structura este compusă din două bolți având lumina de ~16,6 m, respectiv ~11,5 m, alcătuite din zidărie de cărămidă arsă și moloane de piatră ce prezintă degradări și reparații din trecut pentru a masca defecte ascunse. Nașterile bolților sunt fondate pe rocă.

Soluția de consolidare presupunea eliminarea straturilor rutiere și a umpluturii existente, consolidarea bolților la extrados, refacerea umpluturii și introducerea unei dale noi de beton. S-a cerut repararea timpanele în forma și consistența lor inițială pentru asigurarea stabilității laterale, a uniformității și a aspectului estetic al podului, curățarea, repararea și completarea cărămizilor arse la intradosul bolților, inclusiv protecția acestora.

Consolidarea bolților s-a realizat din beton armat C25/30, cu grosimea de 22 cm la extradosul bolților, în conlucrare cu acestea, – cu respectarea unei tehnologii stricte pe mai multe faze care să asigure stabilitatea bolților existente. Umplutura existentă s-a înlocuit cu umplutură nouă din beton simplu C8/10. Decopertările și scoaterea umpluturii existente s-a recomandat a se face pe cât posibil manual, fără utilizarea unor utilaje care să producă vibrații în structură.

O atenție deosebită s-a acordat susținerii podului. S-a urmărit ca reazemele podului să fie stabile pe perioada execuției lucrărilor, printr-o corectă realizare a sprijinirilor și prin menținerea apelor din frontul de lucru la un debit redus, deoarece stabilitatea bolților este în mare măsură periclitată pe durata execuției și a impus realizarea unor lucrări de susținere și sprijinire mai ample, respectiv tehnologia de lucru mai complexă și de durată mai mare.

După reabilitarea bolților la extrados, a urmat refacerea căii prin introducerea unei dale noi din beton armat cu rol de repartizare a încărcărilor. La partea superioară s-a executat o placă monolită din beton armat C35/45 cu rol de cale de rulare, peste care s-a dispus o hidroizolație, o protecție și respectiv structura rutieră. Pe capetele podului s-a mai prevăzut câte o rigolă pe toată lățimea părții carosabile. În această situație se poate prelungi durata de viață a structurii cu 50 ani, cu respectarea unui program de mentenanță strict.

Infrastructura podului a necesitat, de asemenea, reparații, eliminarea vegetației, respectiv cămășuieli care să asigure fundația împotriva fenomenului de subspălare. Nașterile bolților existente s-au cămășuit conform detalierii de execuție, în felul următor: - în amonte racordare lină, în aval racordare directă.

Au fost decelate defecte relevante ce au necesitat o atenție sporită și o intervenție bine gândită.

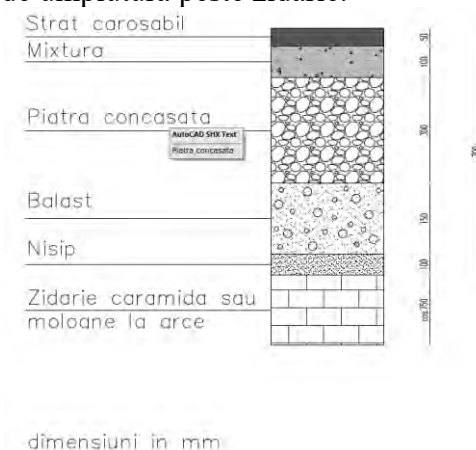


**Figura 55.** Câteva defecte constatate

În vederea justificării necesității soluției de consolidare a bolților s-au realizat și simulările numerice realizate la stabilirea soluției recomandate de consolidare implementată în cadrul proiectului tehnic de execuție. Analiza numerică a fost realizată cu programul de analiză pe element finit SOFiSTiK, un program de calcul și de analiză structurală dedicat proiectării și verificării structurilor de poduri.

Au fost realizate două simulări numerice și anume, structura de rezistență a bolților a fost modelată și analizată în cele două scenarii, primul scenariu în care s-a analizat starea de eforturi în bolți în stadiul actual și un al doilea scenariu în care a fost introdusă consolidarea de la extradadosul bolții din beton armat. Aceste analize au fost necesare pentru a putea observa diferențele în starea de eforturi dintre zidăria neconsolidată (stadiul actual) și zidăria consolidată și pentru a putea estima valoric aportul de rigiditate pe care lucrarea de consolidare îl aduce structurii.

În cadrul analizelor structurale s-a folosit stratificația interceptată pe pod la cheia bolții în vederea stabilirii secțiunii de calcul a zidăriei cât și pentru aplicarea încărcărilor permanente date de grosimea straturilor de umplură peste zidărie.



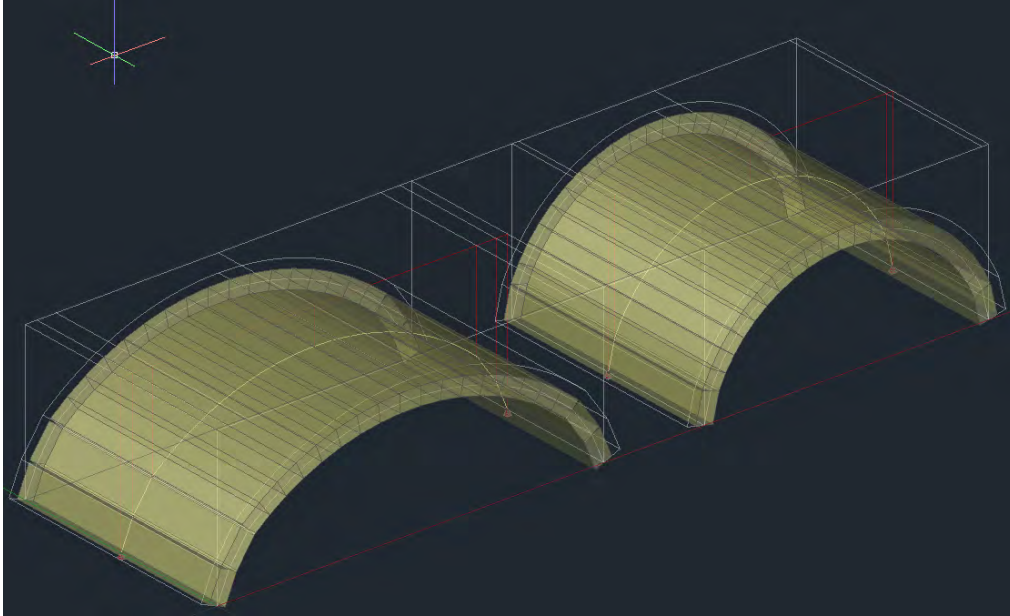
**Figura 56.** Stratificație umplură peste zidărie la cheia bolții

La distribuția încărcărilor a fost folosită geometria podului din planurile constructive din proiect. În cadrul analizei structurale au fost modelate și analizate ambele deschideri ale podului.

Au fost modelate elementele de rezistență ale podului și anume bolțile, caracterizate în primul rând prin faptul că sub acțiunea încărcărilor gravitaționale din greutatea proprie a zidăriei și umplutura peste acestea, în reazeme, apar pe lângă reacțiunile verticale și reacțiuni orizontale-împingeri ale bolților. Reacțiunile orizontale produc în secțiunile bolții momente încovoietoare negative, care reduc momentele pozitive din acțiunea încărcărilor exterioare, obținându-se în final momente încovoietoare în secțiunile bolții mult mai mici, comparative cu cele de la grinda dreaptă de aceeași deschidere.

Schema statică modelată a bolților este de tip arc dublu articulată la reazeme, mărimea momentelor încovoietoare în secțiunea bolții și modul de comportare a structurii depinde de schema statică adoptată, care este idealizată pentru a fi cât mai aproape de situația reală.

Schema statică de arc dublu articulată asigură rotirea la reazeme (momentele încovoietoare tind spre valoarea zero la reazemele structurale) și în consecință se reduce sensibilitatea structurii la variații de temperatură (care au fost neglijate în analizele efectuate), iar cedarea neuniformă a reazemelor nu influențează practic momentele încovoietoare în lungul bolții, astfel valorile calculate ale eforturilor în structură să fie cât mai aproape de situația reală.



**Figura 57.** Modelarea spațială a bolților și a umpluturilor peste bolți

Reabilitarea podului de piatră din Herculane a fost un succes, astăzi structura arătând ca în prima ei zi de funcționare.



**Figura 58.** Podul de piatră reabilitat

**Valorificarea rezultatelor din studiile prezentate s-a realizat prin publicarea, în calitate de autor /coautor a unui număr mare de articole în reviste de specialitate și în volumele unor conferințe internaționale și naționale, cărți de specialitate, volume în cărți dedicate subiectelor precum și a numeroase prelegeri la conferințe internaționale pe aceste teme, prelegeri invitate la universități cum ar fi TU München, TU Belgrad, ECCS, COST, NATO și PIARC.**

Sunt amintite câteva lucrări care au fost publicate după terminarea tezei de doctorat pe cele două direcții de cercetare mai sus prezentate:

- **Edward Petzek**, Radu Bancila "Railway / Book 1: General principles regarding the rehabilitation of existing railway bridges " "Railway / Book 1: General principles regarding the rehabilitation of existing railway bridges " "InTech - Open Access Publisher" ISBN 979-953-307-634-7 (<http://www.intechopen.com/articles/show/title/-general-principles-regarding-the-rehabilitation-of-existing-railway-bridges->), 2011
- **Petzek, E.**, Toma, L., Băncilă, R. Technical solutions for rehabilitation of old arch bridges Book Chapter: Structures and Architecture: New concepts, applications and challenges, 2013, Springer 2013 558-7777 pp. 1556–1564
- **Edward Petzek** Elaborarea de instrucțiuni pentru aplicarea principiilor mecanicii ruperii la stabilirea siguranței în exploatare și a duratei de viață rămase a podurilor metalice existente Orizonturi universitare, Timisoara ISBN(10) 973-638-301-6 ISBN(13) 978-973-638-301-4 2006
- Radu Bancila, **Edward Petzek** Direcții actuale în calculul și proiectare podurilor: Cap. 15 Oboseala podurilor cu structură compusă oțel beton Mirton, Timisoara ISBN 973-578-901-9 1999
- **Petzek, E.**, Feier A., Băncilă R Historical steel bridges the Tisa basin; present technical condition, functionality and sustainable rehabilitation 9th International Conference „Bridges in Danube Basin 20162016
- Schwalie A., **Petzek, E.**, Feier A., Băncilă R. Integration of the rehabilitated old steel bridge in Lipova on the Mureș - river in the danube basin in the historical area of the town 9th International Conference „Bridges in Danube Basin 2016 2016
- Butisca A.; Bancila R., **Petzek E.**, Rominu S. Importance of rehabilitation of historical steel bridge Traian of Arad Proceedings of 12th International Multidisciplinary Scientific Geoconference 17-23 iunie 2012 2012
- Butisca(cas. Feier) Anamaria, **Petzek E.**, Bancila R., Hernea S Economical importance of eye-bar in the rehabilitation of cantilever steel bridge Traian Proceedings of 13th International Multidisciplinary Scientific Geoconference 16-23 iunie 2013 2013
- **Petzek E.**, Butisca A., Toma L Eye Bar -Pins Connections Advanced Materials Research, Structural Integrity of Welded Structures2013
- Malita M., Feier A., Hernea S., **Petzek E.** A present duty – New Life for Historical Steel Bridges 15th Anniversary International Multidisciplinary Scientific Geoconference & Expo SGEM 2015 2015
- **Petzek, E.** ; Toma, L. ; Metes, E Deconstruction of existing railway and highway bridges Advanced Materials Research, 10th International Conference on Structural Integrity of Welded Structures (ISCS13) 2013

- **Petzek, E.** ; Toma, L. ; Bancila, R Technical solutions for rehabilitation of old arch bridges 2nd International Conference on Structures and Architecture 2013
- **Petzek, E.** ; Bancila, R EVALUATION OF SERVICE SECURITY OF STEEL STRUCTURES NATO Advanced Research Workshop on Security and Reliability of Damaged Structures and Defective Materials 2009
- Bancila, R ; **Petzek, E.** ; Boldus, D Extended life for old highway bridges from the western part of Romania International Conference on Metal Structures 2006
- **Petzek, E.** ; Bancila, R Methodology for the assessment of remaining fatigue life for existing welded railway bridges International Conference on Metal Structures 2006
- **Edward Petzek** Siguranța în exploatare și reabilitarea podurilor metalice Mirton, Timisoara ISBN 973-661-289-9 2004
- Radu D., Feier A., **Petzek E.**, Băncilă R Refurbishment of existing steel structures- an actual problem Periodica Polytechnica Civil Engineering 2016
- **Petzek E.**, Băncilă R. Maintenance of riveted steel bridges exemplary shown with two highway bridges across the river Marosch in Romania STAHLBAU 2013
- **Petzek, E., Kosteas, D., Băncilă, R** Fracture Mechanics as a complementary method for determination of service life of old riveted steel bridges in Romania Article Bruchmechanik als Komplementärmethode zur Bestimmung der Restnutzungsdauer alter genieteteter Stahlbrücken in Rumänien] (2005) Stahlbau, 74 (9), , DOI: 10.1002/stab.200590155 Ebsco, ProQuest 2005
- **Edward PETZEK,** Radu BĂNCILĂ, Dimitris KOSTEAS THE DETERMINATION OF CRACK GROWTH RATE FOR OLD RIVETED STEEL BRIDGES Computational Civil Engineering 2004 Ebsco, ProQuest 2004
- Radu Bancila, **Edward Petzek,** Dragos Teodorescu The history and development of welded structures in particular bridges in Romania South-East European Welding Congress, p.63-75 scholar.google2006
- Dorel Boldus, **Edward Petzek,** Radu Bancila Fatigue assessment of welded highway bridges South-East European Welding Congress, p.158-168 scholar.google2006
- Radu Bancila, **Edward Petzek,** Dorel Boldus General Concept Regarding the Rehabilitation of Existing Steel Bridges Steel Bridges: Advancenced Solutions & Technologies, 7th International Conference on Steel Bridges, Guimarães, Portugal scholar.google2008
- Radu Bancila, **Edward Petzek** The History of the Romanian Danube Bridges International Congress Construction History, Cottbus, Germany, Proceedings of the Third International Congress on Construction History scholar.google2009
- Radu Bancila, **Edward Petzek,** Silvia Romanu, Oana Ionita Assessment of failures and malfunctions Joint Workshop of the COST actions TU0601, Preceedings of the Joint Workshop of COST Actions TU0601 and E55, Ljubljana scholar.google2009
- **Edward Petzek,** Radu Bancila, Victor Schmitt Criteria for the assessment of existing railway bridges COST C25.Sustenability of Construction, Timisoara, Sustenability of Construction, Ed. Orizonturi Universitare scholar.google2009

- **Edward Petzek**, Radu Bancila, Victor Schmitt Deconstruction of bridges  
COST C25.Sustainability of Construction, Timisoara, Sustainability of  
Construction, Ed. Orizonturi Universitare scholar.google2009
- Radu Bancila, **Edward Petzek** Verification principles of the existing railwa  
bridges situated on the IV European Corridor in Romania 6th International PhD &  
DLA Symposium, Pollack Scopus2010
- Radu Bancila, **Edward Petzek**, Dorel Bolduş, Vasile Bondariuc New life for an old  
historical steel bridge over the Mureş river European Convention for Constructional  
Steelwork AWARD - First European prize Scopus2010
- Băncilă R., Feier A., **Petzek E.**, *Verificarea la oboseală a elementelor construcțiilor  
metalice în conformitate cu standardul european SR EN 1993-1-9:2006 (Partea a I-a)*,  
SUDURA, ISBN : 1453 – 0384, 2020
- Băncilă R., **Petzek E.**, Feier A., Radu D Fatigue assessment of welded steel  
highway bridges in accordance with the European Standards International  
Scientific Conference CIBv-Civil Engineering and Building Services, 5 - 6, November  
2020 Scholar, ProQuest 2020
- **Edward Petzek**, Luiza Toma, Elena Meteş, Radu Băncilă Renewal of old existing  
small road bridges with modular system–CASE STUDY Mânărau BRIDGE  
Economical Bridge Solutions based on innovative composite dowels and  
integrated abutments: Ecobridge, Springer Fachmedien Wiesbaden, 133-141  
Scholar, ProQuest 2013
- **Petzek, E.**, Toma, L., Meteş, E. Deconstruction of existing railway and highway  
bridges Advanced Materials Research, 814, pp. 214-221, DOI:  
10.4028/www.scientific.net/AMR.814.214 Scholar, ProQuest 2013
- Băncilă R., Feier A., **Petzek E.**, *Verificarea la oboseală a elementelor construcțiilor  
metalice în conformitate cu standardul european SR EN 1993-1-9:2006 (Partea a II-  
a)*, SUDURA, ISBN : 1453 – 0384, 2020
- R. Băncilă, **E. Petzek**, A. Feier, D. Radu, *Particularități în proiectarea și execuția  
podurilor metalice și compuse sudate în conformitate cu standardele europene(Partea  
I). Necesitatea colaborării între proiectant și inginerul specialist sudor*, Revista  
Drumuri și Poduri, mai 2024
- R. Băncilă, **E. Petzek**, A. Feier, D. Radu, *Particularități în proiectarea și execuția  
podurilor metalice și compuse sudate în conformitate cu standardele europene(Partea  
II). Necesitatea colaborării între proiectant și inginerul specialist sudor*, Revista  
Drumuri și Poduri, septembrie 2024
- Gert Albrecht, Dimitris Kosteas, Edward Petzek, Radu Bancila Pilotstudie: „Die  
Metodik zur Bestimmung der Restsicherheit am Beispiel bestehender Stahlbrücken in  
Rumänien” DAAD 052 T1 - 20012001-2002
- Edward Petzek, Radu Bancila, Dimitris Kosteas Bestimmung der  
Restnutzungsdauer bestehender Stahlbrücken BH 1312 Tit. 681 90 Auftrag  
6050031 2005
- **Edward Petzek** Elaborarea de instrucțiuni (ghid de procedură) pentru aplicarea  
principiilor mecanicii ruperii la stabilirea siguranței în exploatare și a duratei de viață  
rămase a podurilor metalice existente CNCSIS "CNCSIS 27688/14.03.05

Tip AT, Cod 72 " 2005-2006

- Radu Bancila, Silvia Hernea, **Edward Petzek** s.a. Necesitatea reabilitării podurilor de șosea exemplificată prin podul Traian din municipiul Arad CNCSIS "CNCSIS 27688/14.03.05 Tip A, Cod 1579 " 2005-2006
- Radu D., Feier A., **Petzek E.**, Băncilă R. (2016), *Refurbishment of existing steel structures- an actual problem*, *Periodica Polytechnica Civil Engineering* [clasificarea revistei conform CNCS/CNCSIS: revistă cotate ISI, FI (2015) = 0.151, SIR (2016) = 0.351, Online ISSN 1587-3773]

Aceste direcție de cercetare constituie o preocupare constantă și prin angrenarea mea de ca și membru în comisiile de îndrumare a mai multor doctorante spre exemplu, drd. Anamaria Feier, drd. Alfred Schwalie, drd. Reza Rahbari Fard, drd. Mihaela Malița, drd. George Ispășoiu, drd. Andreia JURAVLE ș.a.

### 2.1.3. Cercetări în domeniul analizei LCC pentru structurile de poduri, durabilitate, robustețe structurală și sustenabilitate, standarde ca norme europene.

Cercetările pe această direcție s-au realizat atât în cadrul unor proiecte de cercetare cât și în practica inginerescă sau în colaborare cu Organismul Național de Standardizare precum și ANAZ sau ASR.

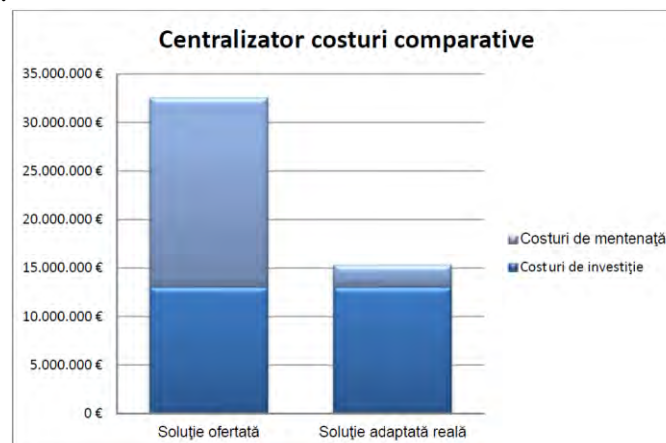
Podurile sunt de o importanță vitală pentru rețeaua de infrastructură europeană. Datorită importanței lor în economia politică, cererea pentru structuri durabile, adică extrem de avansate, rentabile, ecologice și de lungă durată este remarcabilă. Prin urmare, în cadrul proiectului SBRI - Poduri compuse din oțel sustenabile din punct de vedere al dezvoltării durabile în mediul construit - s-au analizat poduri rutiere compuse din oțel, printr-o abordare holistică care combină analizele de evaluare a ciclului de viață (LCA), costurile ciclului de viață (LCC) și performanțele ciclului de viață (LCP) promovând astfel oțelul pe piața construcțiilor de poduri.

În cadrul acestui program am participat alături de colegi din departament pentru traducerea și implementarea a două manuale în România. Copertile includ două poduri proiectate de mine în România.



Figura 59. Manuale de proiectare

De asemenea, în cadrul unor proiecte de investiție majoră în infrastructura de transport din țara noastră am realizat analize de tip LCC pentru a optimiza structurile de poduri. În acest sens se prezintă evaluarea comparativă a soluțiilor ce au fost existente în proiectul beneficiarului, fiind aprobate și ceea ce s-a realizat ulterior. Costurile privind mentenanța ulterioară au fost relevant diminuate. Avantajele aduse d.p.d.v. tehnic: elemente constructive mai mici ce pot fi transportate, manipulate, depozitate și dispuse în poziție definitivă mai ușor și în condiții de siguranță mai mari; eliminarea infiltrațiilor de apă generatoare de viitoare defecte structurale grave; asigurarea unui comportament mai bun la cutremure și vibrații, fără a fi necesară înlocuirea aparatelor de reazem compromise și eliminarea unor costuri suplimentare pentru daune; eliminarea concentratorilor de eforturi din zonele de rezemare; reducerea ecarturilor de tensiuni generate de sarcinile mobile ce sunt mai bine distribuite în structură, fapt ce conduce la eliminarea problemelor legate de fenomenul de oboseală a materialelor și deci la o durată de viață mai lungă, reducerea relevantă a costurilor de mentenanță viitoare. Situația centralizată a costurilor de investiție și mentenanță pentru podurile analizate este prezentată în diagrama de mai jos.

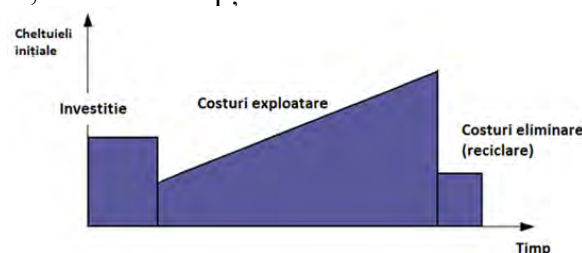


**Figura 60.** Analiză de tip LCC pe tronsonul de autostradă Sebeș – Turda lot 2 - poduri. Avantaje importante se obțin în situația în care se aplică conceptul de "whole life costs" sau "life-cycle cost (LCC)", respectiv calculul costurilor pe durata ciclului de viață", care include: planificarea, proiectarea, calcularea costurilor pe durata ciclului de viață, construcția și achiziția materialelor, diferite operațiuni, întreținerea, reînnoirea și reabilitarea structurii, uzura, amortizarea, costul înlocuirii sau eliminării structurii.

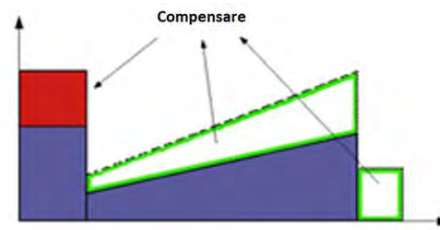
Cu alte cuvinte, LCC este o tehnică de evaluare a tuturor costurilor care vor fi suportate pe întreg ciclul de viață al unui produs sau serviciu, în aceste costuri putând include:

- Prețul de achiziție și costurile asociate (livrare, instalare, asigurare etc.)
- Costuri de exploatare, întreținere, consum de energie,
- Costuri de sfârșit de ciclu de viață (eliminarea/reciclarea) sau valoarea reziduală (respectiv veniturile din revânzarea produsului)

În practică se consideră că, există două opțiuni în acest sens:



**Figura 61.** Varianta 1 ce incumbă costuri de achiziție mici respectiv costuri mari de mentenanță



**Figura 62.** Varianta 2 ce compensează anumite costuri mai mari cu reducerea relevantă a costurilor viitoare de mentenanță

La prima vedere, varianta 1 pare avantajoasă, costurile inițiale sunt mici. Cu toate acestea, dacă se alege această variantă, beneficiarul se confruntă cu costuri mari de exploatare și eliminare. Opțiunea 2, pe de altă parte, pare costisitoare din cauza costurilor mari inițiale. Cu toate acestea, datorită costurilor scăzute de exploatare, există o compensație, favorabilă.

La construcții metalice, respectiv poduri se pot cita câteva măsuri, care se pot lua în fazele de alegere a soluției, respectiv de proiectare:

- Alegerea unor soluții de poduri integrale;
- Utilizarea soluției infrastructurii economice – tailor fit;
- Soluții accesibile și controlabile la detaliile sensibile la oboseală;
- Alegerea coeficientului 1.35 pentru o durată de viață sigură (Safe Life concept);
- Posibilități de extindere constructivă, respectiv de mărire a traficului;
- Costuri pentru protecția mediului;
- Costuri sociale;
- Monitorizarea comportării în timp a structurii;
- Protecție împotriva coroziunii (prin alegerea unui oțel patinabil sau prin zincare termică);
- Utilizarea secvenței CAD-CAM-BIM. Trecerea de la CAD la BIM presupune un efort, important dar beneficiile compensează cheltuielile suplimentare.

La ora actuală există o dinamică remarcabilă pentru a defini și găsi cerințele și metodele de evaluare privitoare la redundanța structurală și reziliența podurilor rutiere și de cale ferată.

O definiție a conceptului de Reziliență: "Reziliența (R) este capacitatea unei infrastructurii, expusă la pericole, de a rezista, de a absorbi, de a se adapta și de a recupera efectele unui pericol în timp util și eficient, inclusiv păstrarea și restaurarea structurilor și funcțiilor sale de bază esențiale" (O.N.U., Geneva 2009). Reziliența  $R=1$  înseamnă că toată rețeaua este funcțională.

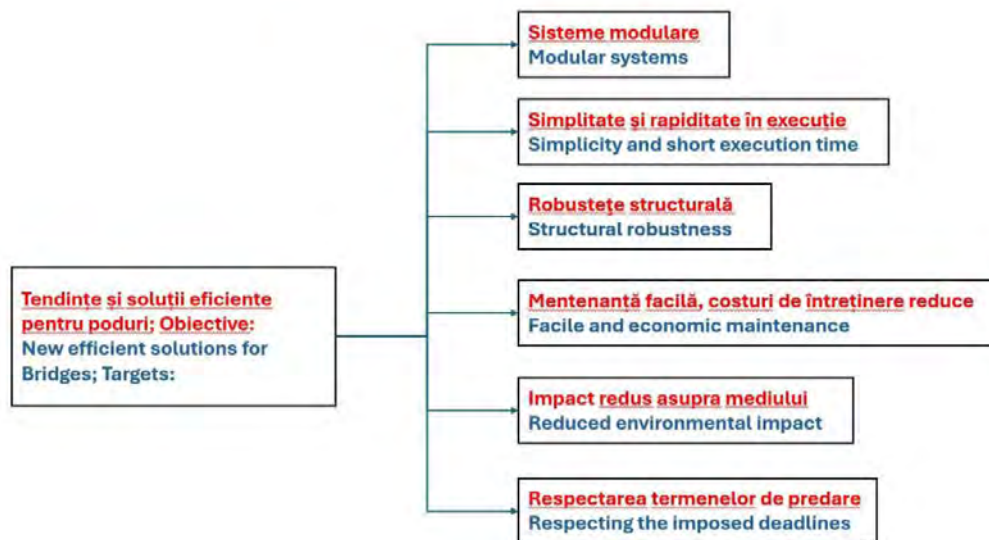
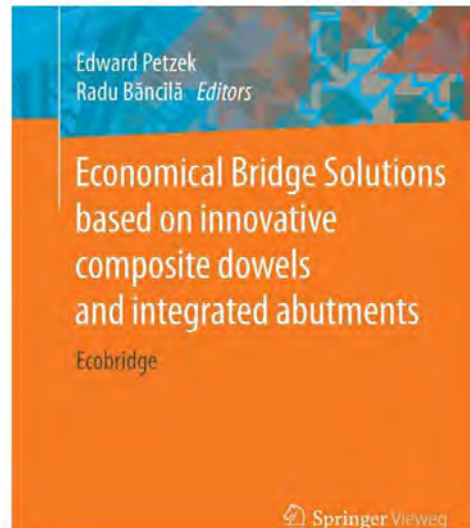
O altă definiție se găsește în buletinul FIB 86 „Concepte de siguranță și performanță, evaluarea fiabilității structurilor din beton, ghid de bune practici”. În acest document se indică următoarele în capitolul 1.9 Reziliența: "Reziliența structurilor în termeni de timp, este legată de capacitatea structurală de a reduce probabilitatea defecțiunii, de a minimiza consecințele defecțiunilor și de a optimiza timpul de recuperare a funcționalității sistemului structural".

La aceste concepte și definiții concură și termenul de "Durabilitate", ce reprezintă capacitatea unui material sau a unei structuri de a rezista acțiunilor externe existente într-o anumită perioadă.

La conceperea și alcătuirea constructivă a podurilor – în principiu, trebuie respectate următoarele criterii:

- Economicitate

Costurile de investiție sunt un factor decisiv astăzi. Structurile zvelte și eficiente, dar totodată robuste, reziliente și durabile pot susține aceste criterii. În plus costurile pentru întreținere și reparații trebuie, de asemenea, luate în considerare.



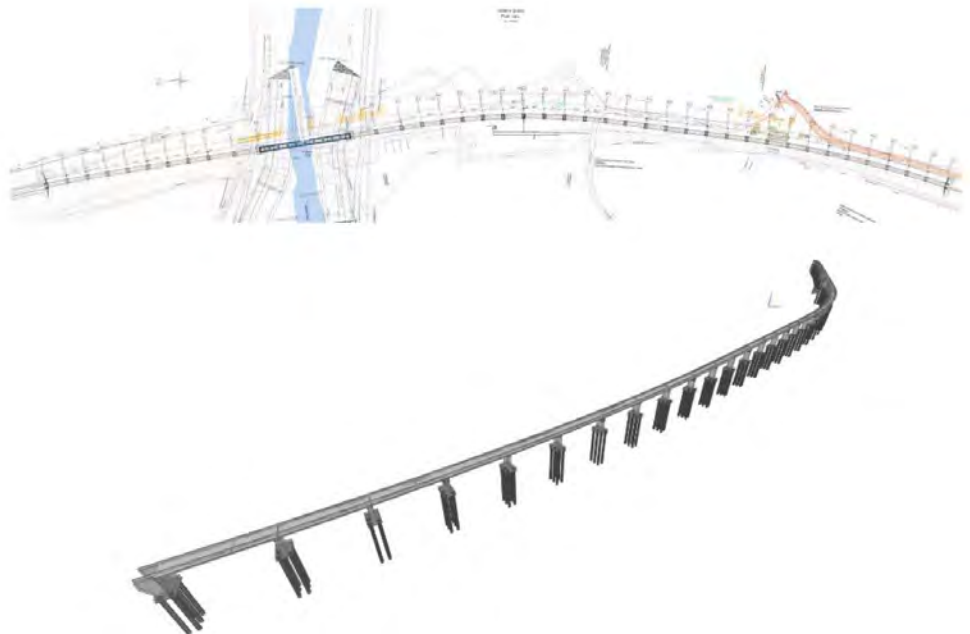
**Figura 63.** Carte publicată și organigramă ce susțin valorile unei structuri de pod durabil și eficient

Referitor la standarde am participat activ la elaborarea acestora în domeniul podurilor. Începând cu Eurocodul 1 și 3 referitor la poduri până la revizii, preum este SR CEN/TR 17231 Acțiuni din trafic la poduri Interacțiune cale-pod.

Referitor la ultima citare, trebuie să menționez faptul că inițial am proiectat primul viaduct din România cu cale rigidă, nebalastată, unde interacțiunea cale de rulare – pod este definitorie. Exemplul de bună practică este viaductul de cale ferată de la Grădiștea. Menținând în permanență ideea dezvoltării durabile, trebuie subliniat faptul că decizia Antreprenorului PORR CONSTRUCT ROMÂNIA de a înlocui soluția căii balastate de pe întreg viaductul CF Grădiștea cu una nebalastată bazată pe o soluție modulară, rigidă folosind prefabricate de cale PORR este una avantajoasă și eficientă. Practic, mentenanța căii în prism de piatră spartă a fost eliminată prin introducerea pentru prima dată în România a unei căi rigide în sistem modern, cu o durată de viață mare de 50 de ani. Această modificare a necesitat verificări și analize suplimentare, dar finalmente, prin modul de alcătuire constructivă robustă a structurilor ce alcătuiesc viaductul, s-a admis utilizarea căii rigide.

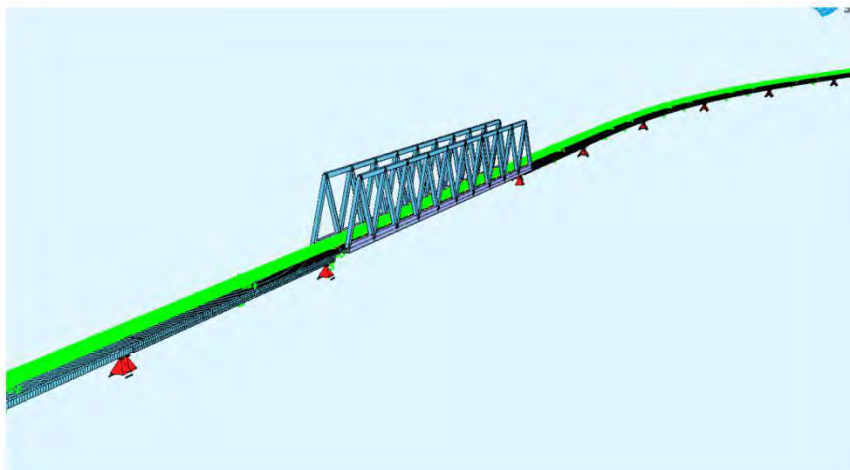
În cazul viaductului de cale ferată peste râul Argeș având lungimea totală de 1362,1 m se disting următoarele sub-structuri:

- Pod peste Argeș 136,0 m
- Deschideri marginale – în zona Argeșului 4 x 37,675 m
- Viaducte de acces – direcția București 8 x ~30,0 m
- Viaducte de acces – direcția Giurgiu 27 x ~30,0 m



**Figura 64.** Plan situație viaduct CF Argeș și modelare 3D

La modul general, în acest caz al căii "nebalastate", interacțiunea dintre cale și structură este una relevantă, astfel încât rigiditatea structurală trebuie să respecte anumite valori considerate limită pentru deformații sub sarcini de trafic precum și sub efectele dependente de timp de lungă durată contracție și curgere lentă. Totodată rotirile și deplasările pe capete joacă un rol determinat.



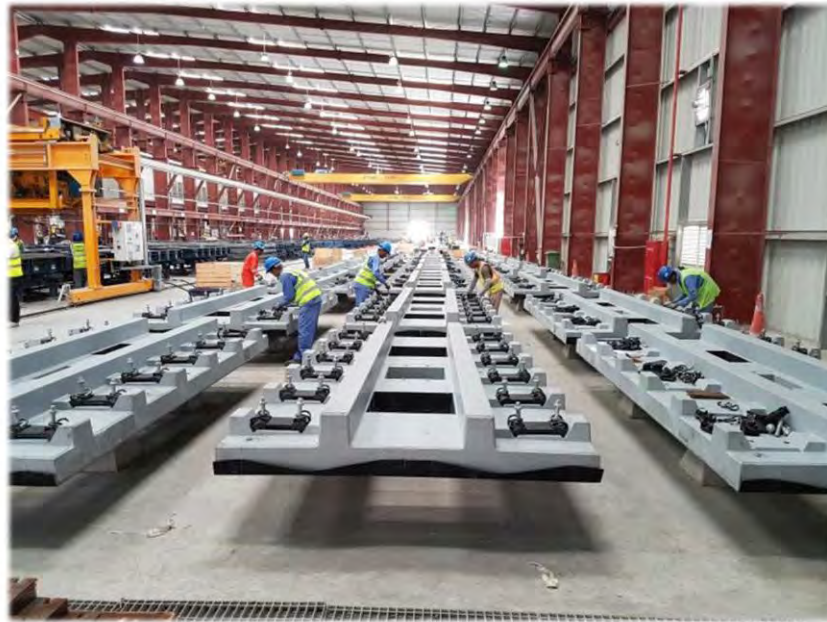
**Figura 65.** Model FEM pentru interacțiunea cale – structură

Această modificare, introdusă în proiectul inițial, a adus cu sine o mărire a durabilității structurale în ansamblu. Pe de altă parte au fost necesare verificări suplimentare privitoare la structură. Viaductul a fost încercat in situ static și dinamic cu convoaie de probă, atestând buna comportare. Proiectarea și execuția acestora au marcat câteva premiere tehnice atât la nivel național cât și european.

La momentul proiectării au fost utilizate norme din Germania.



## Production of PORR Slab Track Fit out - fastening installation



**Figura 68.** Prefabricatele de cale rigidă tip PORR



**Figura 69.** Cale rigidă pe viaductul CF Grădiștea

Viaductul a fost încercat cu convoaie de probă, locomotive și vagoane grele. Pentru testarea dinamică trenul s-a deplasat pe pod și viaducte la diferite viteze constante în ambele sensuri. S-a început cu viteza de 5 km/h la prima trecere, mărindu-se viteza la fiecare trecere până la viteza maximă posibilă de 60 km/h. Echipamentele utilizate au fost:

Instrumentele utilizate pentru încercarea dinamică sunt următoarele:



Fig. 3 – Senzorul de accelerație de tip MR3003C

Din valorile înregistrate de senzorii accelerometrici, vom obține următoarele date:

1. Valorile de accelerație maximă la oscilația verticală a tablierului
2. Valorile de viteză maximă la oscilația verticală a tablierului
3. Valorile de deplasare maximă la oscilația verticală a tablierului
4. Fast Fourier Transform – FFT – frecvența dominantă - analiza de frecvență
5. 1/3 Octave – analiza de frecvență

din analiza de  
frecvență,  
frecvența verticală  
dominantă  
măsurată de 2,62  
Hz

Testul dinamic a fost realizat în data de 16.05.2024, între orele 11:50 – 12:40. Convoiu de tren, a trecut cu viteze diferite, din ambele sensuri pe Firul 1.

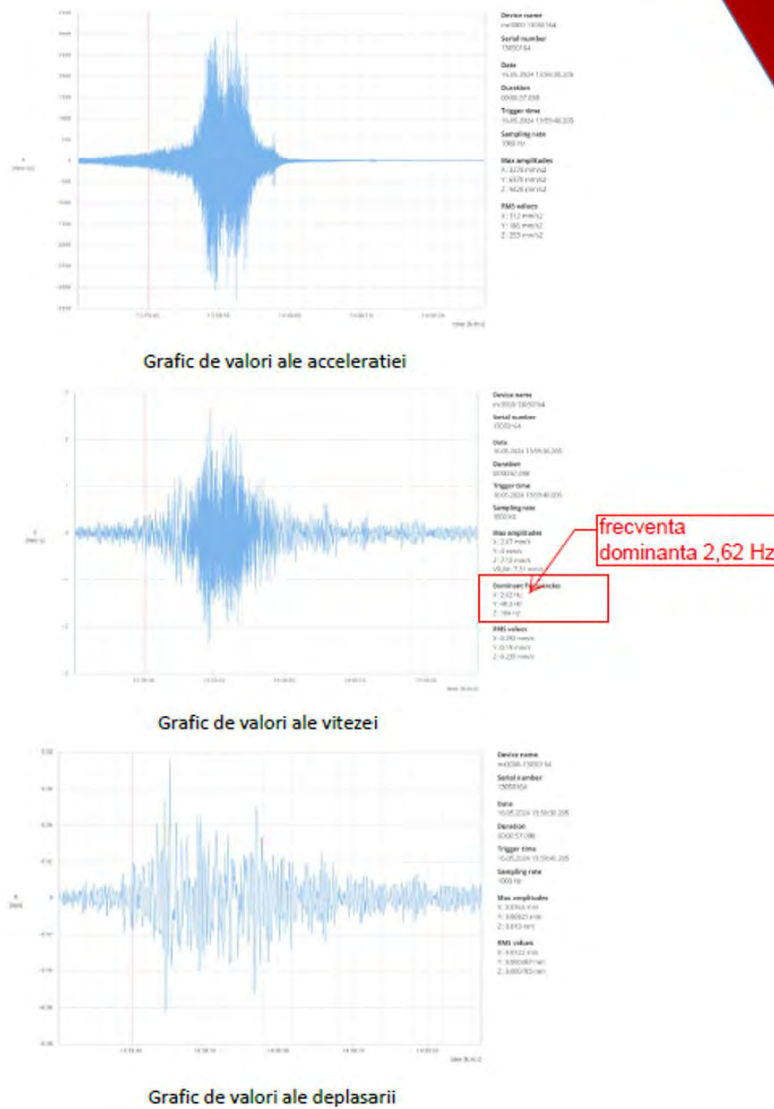
Senzorul a fost instalat în poziție verticală și a înregistrat valorile de vibrații pe axa X, Y și Z. În cazul de față, axa X este axa relevantă pentru vibrațiile înregistrate, fiind axa verticală a podului.

**Figura 70.** Echipamente utilizate în cadrul încercării in situ cu convoi de probă



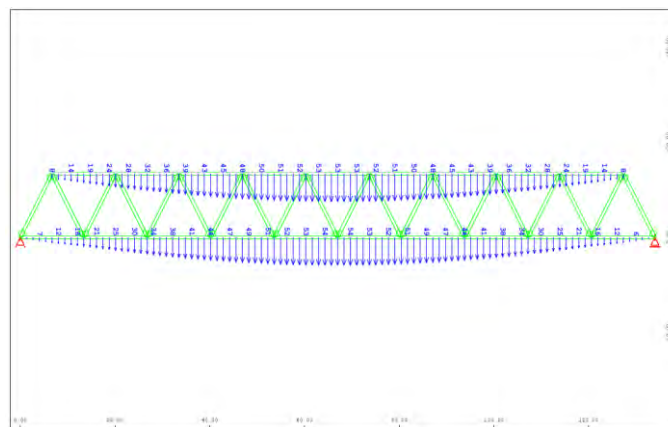
**Figura 71.** Încercare cu convoi de probă

## Testul 11 pentru o viteză de rulare a convoiului de 60 km/h, sensul Bucuresti-Giurgiu



**Figura 72.** Rezultate în urma testelor dinamice

Se menționează faptul că modelul static teoretic s-a realizat asumând îmbinări articulate între elemente, dar în realitate există transfer de momente datorat detaliilor de continuitate între elemente. Rezultatele deformației verticale din modelul static teoretic prezintă valoarea de 54mm.



**Figura 73.** Deformația verticală

Estimarea deformației verticale conform Eurocode cunoscând frecvența verticală dominantă din măsurătorile in-situ de 2,62 Hz:

Rezultat:

$$\delta = \left(\frac{17,75}{n_0}\right)^2 = \left(\frac{17,75}{2,62}\right)^2 = 46\text{mm}$$

Privind interpretarea rezultatelor modelul static estimează 54mm, iar pentru podul real se estimează 46mm, cu 7 mm (13%) mai puțin decât valoarea pur teoretică.

Rezultatele sunt logice din punct de vedere ingineresc având în vedere:

- Îmbinările nu sunt perfect articulate, comportamentul este unul semi-rigid,
- Structura reală are rigiditate adițională din comportament semi-rigid,
- Efectul dinamic înregistrat poate conduce la valori maxime de deformații mai mici decât cele statice deoarece structura nu este supusă în același timp la toată sarcina, aceasta fiind mobilă în timpul testului.

Principalele rezultate ale acestei direcții au fost valorificate în lucrări, participări la standardizare și prezentări invitate:

- Seidl G., Stambuk M., Lorenc W., Kolakowski T., **Petzek E.** Economic composite constructions for bridges - Construction methods implementing composite dowel strips STAHLBAU 2013
- R. Bancila, **E. Petzek**, A Feier, R. Dorin Complemente de calcul la oboseala și de calculul sudurilor la construcțiile metalice sudate în conformitate cu standardele europene Eurocodes Sudura 2025
- Prelegeri invitate în Brussel, București, Dublin, Berlin.
- **E. Petzek** et al. Poduri moderne de cale ferată în alcătuire masivă și compusă oțel-beton, Congresul Național de Drumuri și Poduri.
- **E. Petzek** Adaptări la SR CEN/TR 17231.
- **Edward Petzek**, Radu Bancila, Victor Schmitt Deconstruction of bridges COST C25. Sustainability of Construction, Timisoara, Sustainability of Construction, Ed. Orizonturi Universitare scholar.google 2009 978-973-638-428-8
- **E. Petzek** Proiect SBRI+ Manuale de proiectare 1 și 2, ISBN 978973-638-632-9, 2018.
- Radu Bancila, Vasile Bondariuc, Dorel Boldus, **Edward Petzek** Elaborarea proiectelor de standard pentru poduri metalice de cale ferată și de șosea având la bază metoda stărilor limită "Grant CNCSU, contract nr. 33/1998, tema nr. A5 cod 5 Partea I 1998 CNCSU
- Radu Bancila, Dorel Boldus, **Edward Petzek** Elaborarea proiectului pentru documentul de aplicare națională (NAD) a EC4-2 Poduri cu structură mixtă CNCSIS Nr. 34966/30.07.2001, tema A10, cod 1324 2001 CNCSIS
- Grant RFCS- Valorisation of Knowledge for Sustainable Steel-Composite Bridges in Built Environment RFCS-2015 / 710068 2015-2017

## 2.2. Cercetări în domeniu structurilor metalice sudate

Începând cu anul 2004 după terminarea tezei de doctorat preocupările mele științifice au abordat și subiecte legate de procedee de sudare și confecție metalică sudată.

Următoarele două direcții de cercetare vor fi prezentate în continuare.

### 2.2.1 - Structuri metalice sudate, procedee și detalii de sudare, alegerea calității materialului pentru confecția metalică sudată la poduri, conformare structurală d.p.d.v. al coroziunii și oboselii materialului, controlul tensiunilor și deformațiilor

Această direcție a fost abordată începând cu 2012 prin cercetări care s-au valorificat în lucrări pe această temă la conferințe și cursuri susținute în cadrul ISIM Timișoara, respectiv ASR.

Îndreptarea cu flacără utilizează principiul căldurii pentru a provoca dilatarea și contracția controlată a metalului, permițând ajustarea formei acestuia. Această tehnică este frecvent utilizată în reparațiile structurale, în construcții și în industria navală pentru corectarea deformațiilor rezultate din procesele de fabricație sau din utilizarea materialelor în condiții dure.

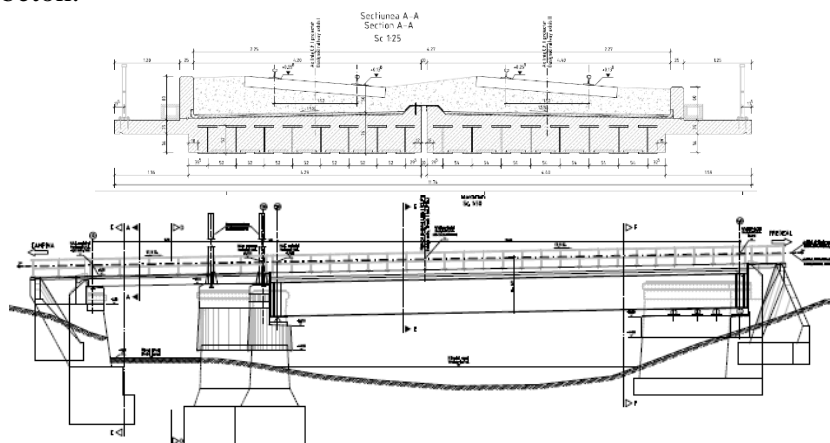
La structurile metalice de poduri astfel de proceduri sunt necesare.

Un prim exemplu în acest îl constituie un pod compus de cale ferată ce a înlocuit pe calea ferată Câmpina – Predeal un pod existent. Anul de construcție 1942, pod peste Prahova. Oblicitatea  $60^\circ$  și linia în curbă  $R=380.00$  m, având declivitatea de 17%. Podul existent avea două deschideri  $9,80 + 26,90$  m.



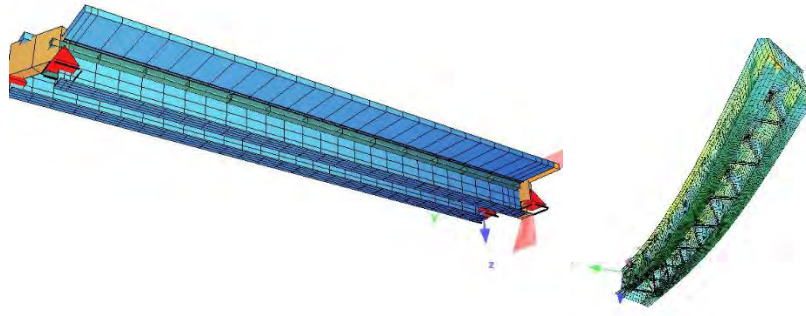
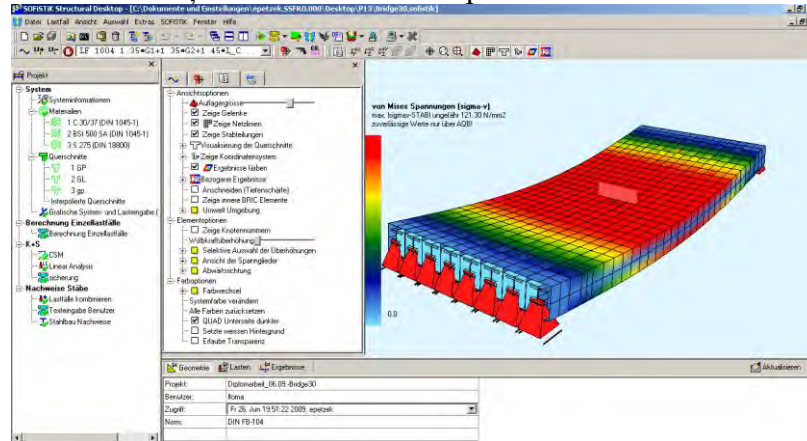
**Figura 74.** Situația existentă

În anul 2009 s-a trecut la deconstrucția podului, consolidând infrastructurile culei și pile și înlocuind suprastructurile acestuia. Au fost definite următoarele tabliere: pe deschiderea mică un tablier pe grinzi metalice înglobate în beton, iar pe deschiderea mare un pod în alcătuire compusă oțel-beton.



**Figura 75.** Situația proiectată

Au fost executate calculele și detalierea necesară pentru ambele tabliere.



**Figura 76.** Analize FEM

Înlocuirea podurilor a necesitat soluții tehnologice de păstrare a unei linii în trafic. Astfel au fost definite și calculate sprijiniri de tip berlinez.



**Figura 77.** Sprijiniri berlineze

În continuare se prezintă podul după reabilitare.



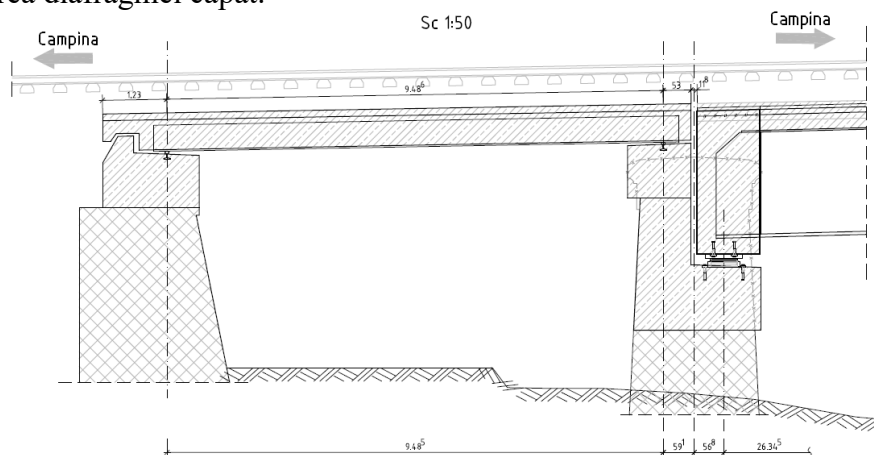
**Figura 78.** Pod reabilitat 2010

Având în vedere alcătuirea constructivă impusă de CFR la momentul respectiv, prin diafragme de capăt, au rezultat deformații și scoateri din plan a inimii grinzilor principale la structura ce acoperea deschiderea mare.



**Figura 78.** Deformații din sudură

Cu toate că s-a încercat impunerea unei soluții cu antretoaze de capăt din beton armat, beneficiarul nu a considerat a fi oportună o astfel de variantă ce ar fi eliminat astfel de deformații date de sudarea diafragmei capăt.



**Figura 79.** Soluție alternativă neacceptată

Astfel a fost necesar să se realizeze o documentație de aducere în poziție a inimii grinzilor principale – dat cu cald.

Acest lucru a fost posibil și a marcat începutul unei noi direcții de documentare și cercetare.

Trebuie menționat faptul că prin alcătuirea constructivă din faza de proiect astfel de deficiențe pot fi eliminate.



**Figura 80.** Aducerea în poziție a inimilor grinzilor principale  
Efortul a fost unul relevant în condițiile în care situația putea fi evitată.



**Figura 81.** Efort vs. lejeritate

Urmare a acestui fapt s-au făcut documentări în domeniu. Acestea sunt prezente în cadrul unei cărți de specialitate ca studii de caz și marchează o bună colaborare cu Facultatea de Mecanică – Sudură.

Studiul prezintă deformația care a apărut la intersecția a două cordoane de sudură care realizează continuitatea inimii. Aceasta sudură a fost definită cu rost în X și pătrundere totală. Sudura este poziționată între două rigidizări interioare ale casetei metalice de tip diafragmă-perete vertical. În urma sudării inima s-a deplasat spre interiorul casetei.

Pentru îndreptarea inimii s-a utilizat îndreptare cu flacăra prin utilizarea unor zone de încălzire a inimii sub o formă controlată. Procesul a început prin stabilirea punctelor în care se va încălzi materialul cu arzătorul. În acest sens, în zona de deformare maximă situată pe inimă a fost trasat un cerc cu diametrul de 800 mm. Acest cerc a fost mai apoi divizat în 6 (șase) segmente egale. În fiecare punct delimitat astfel a fost desenat un cerc cu diametrul de 150 mm, rezultând zonele de încălzire a materialului.



**Figura 82.** Zonile în care a fost încălzită inima

Temperatura la care a fost încălzit materialul (S355J2+N) în vederea îndreptării este de 600...700°C – conform recomandărilor de la Linde [32]. Pentru îndreptare a fost utilizat un arzător simplu cu flacără oxiacetilenică.

Principalele motive pentru care s-a optat pentru un arzător sunt:

- **Temperatură Ridicată:** Flacăra oxiacetilenică poate atinge temperaturi foarte ridicate, în jur de 3,200 °C, ceea ce este suficient pentru a încălzi rapid și eficient metalul la punctul necesar pentru a-l face maleabil și a permite îndreptarea.
- **Control Precis al Căldurii:** Arzătoarele oxiacetilenice permit un control precis al temperaturii și al fluxului de gaz, ceea ce este esențial pentru a evita supraîncălzirea sau deteriorarea materialului. Acest control este esențial pentru a obține rezultate uniforme și pentru a preveni deteriorarea structurii materialului.
- **Flexibilitate:** Flacăra poate fi ajustată ușor în funcție de necesitățile specifice ale lucrării, fie că este vorba despre un detaliu fin sau de o suprafață mai mare. Acest lucru face ca arzătorul oxiacetilenic să fie versatil și potrivit pentru o gamă largă de aplicații.
- **Eficiență:** Procedura cu flacără oxiacetilenică este rapidă și eficientă, permițând îndreptarea metalului într-un timp scurt. Aceasta este importantă mai ales în contexte industriale sau de reparații, unde timpul este un factor critic.
- **Accesibilitate:** Arzătoarele oxiacetilenice sunt relativ accesibile și ușor de utilizat, ceea ce le face o alegere populară atât pentru profesioniști cât și pentru amatori. Ele sunt, de asemenea, ușor de întreținut și au o durată de viață lungă.
- **Portabilitate:** Echipamentul necesar pentru o flacără oxiacetilenică este portabil, ceea ce permite utilizarea sa în locații diverse, inclusiv pe teren sau în ateliere mobile.
- **Versatilitate:** Pe lângă îndreptare, arzătoarele oxiacetilenice pot fi utilizate și pentru alte operațiuni cum ar fi sudura, tăierea, și prelucrarea diverselor tipuri de metale, ceea ce le face un instrument multi-funcțional.

Procesul s-a realizat urmărind conturul cercului sub forma acelor de ceasornic, încălzind materialul până la 600-700 °C până formează culoarea adecvată materialului S355J2+N, care ar corespunde unei culori de **roșu-cireașă** închis până la **roșu-cireașă deschis**.

Procesul s-a monitorizat cu atenție cât și temperatura în timpul procesului pentru a preveni supraîncălzirea materialului, ceea ce putea duce la alterarea proprietăților mecanice. Tehnica de îndreptare cu flacără necesită o uniformitate a încălzirii și o răcire lentă, de preferință în aer, pentru a evita tensiunile reziduale care pot cauza deformări ulterioare.

Procedura s-a realizat pornind de la un studiu de caz utilizat în Franța, unde autorul a fost prezent și edificat privitor la acest aspect, procedură prezentată în imaginea următoare.



**Figura 83.** Imagine cu procedeul utilizat în Franța la remedierea unei inimi cu deformație mare

În concluzie, îndreptarea cu flacăra poate fi utilizată pentru a atinge mai multe obiective suplimentare pe lângă rectificarea imperfecțiunilor geometrice, cum ar fi îmbunătățirea asamblării, curbarea sau construirea mai ușoară, repararea produselor deteriorate, acoperirea tensiunilor interne etc. Există mai multe puncte slabe în procesul de îndreptare cu flacăra care au o influență negativă semnificativă asupra economiei, siguranței și calității structurii metalice fabricate.

Printre acestea se numără:

- Deși temeiul teoretic al procesului de îndreptare cu flacăra pare destul de științific, acesta este de fapt o cunoaștere empirică a meșteșugarilor care nu este nici pe deplin explicată, nici cuantificată pentru a produce geometria necesară a unei piese de construcție din oțel.
- Îndreptarea la flacăra este un proces repetabil doar într-un număr mic de „cazuri standard”. În numeroase alte cazuri, nu este clar cât de mult, unde, cum să se încălzească și cât timp să se încălzească ceva. În aceste situații, este adesea necesar să se efectueze mai multe investigații ale setului real de parametri înainte de a obține forma dorită. Este de la sine înțeles că această metodă de „încercare și eroare” reduce grav economia structurilor din oțel.
- Oțelurile moderne cu rezistență ridicată (HSS) sunt încălzite la temperaturi mai ridicate și sunt supuse unor timpi de menținere variați; prin urmare, depășirea acestor temperaturi și timpi poate avea un impact negativ asupra rezistenței și rezistenței materialului.
- Invers, scăderea limitei de curgere și a limitei de proporționalitate la temperaturi ridicate necesită depășirea unei anumite temperaturi pentru a iniția un efect de îndreptare prin procesul de încălzire.

Mai mulți factori determină mărimea și dimensiunea zonei afectate de căldură a materialului și consecințele acesteia în timpul redresării la flacăra:

- performanțele sursei de căldură (tipul, dimensiunea și tipul de gaz industrial utilizat etc.)
- întinderea suprafeței încălzite și tipul de încălzire (suprafață mare, coadă, punct etc.)
- temperatura cea mai ridicată atinsă (inclusiv întinderea sa temporală și spațială)

- mediul de răcire, care include răcirea cu aer sau cu apă, grosimea materialului, forma structurală și dimensiunea.

Echipa de cercetare dorește să extindă cercetarea la alte tipuri de oțel cu rezistență ridicată în viitor pentru a consolida și mai mult concluziile de mai sus.

Strenx® 960 este conceput pentru a păstra o microstructură puternică și rezistentă prin controlul atent al procesului de fabricație. Cu toate acestea, diverse condiții de lucru, cum ar fi îndreptarea la flacără, sudarea, formarea și tratamentul termic, îi pot modifica microstructura, putând afecta performanța. Trebuie urmate proceduri adecvate pentru a menține proprietățile dorite, cum ar fi controlul aportului de căldură în timpul sudării sau utilizarea unor tehnici adecvate de îndoire în timpul formării.

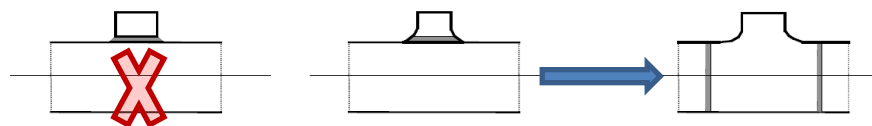
În cazul controlului temperaturii Strenx® 960, este esențial să se mențină temperatura maximă sub anumite limite pentru a evita efectele adverse asupra microstructurii. De obicei, temperaturile nu trebuie să depășească 600°C până la 700°C, deoarece temperaturile mai ridicate pot modifica semnificativ proprietățile oțelului.

Este de menționat faptul că o proiectare foarte atentă, atât din punct de vedere al calculului structural cât și din punct de vedere al detaliilor de execuție este necesară. Calculul se conduce cu programe moderne și metode de proiectare avansate, acordându-se o mare atenție fazelor constructive.

Alcătuirea constructivă și alegerea unor detalii cu risc scăzut la oboseală precum și abordarea unor modalități de îmbunătățire a proiectării prin reducerea concentratorilor de tensiuni sunt factori cheie, ce garantează o bună comportare în timp precum și o durată de viață extinse.



**Figura 84.** Detalii privitoare la grinzile principale ale podurilor



**Figura 85.** Îmbunătățirea detaliilor constructive pentru structurile de poduri

În continuare se prezintă un exemplu pentru alegerea mărcii de oțel în conformitate cu SR EN 1993-1-10. Podul de șosea considerat, are o lungime de 217,00m, cu 6 deschideri (28,00 +32,00 +48,00 +40,00+28,00+28 m). S-a ales soluția unui pod integral cu o legătură rigidă între infrastructură și suprastructură. Deformațiile longitudinale sunt preluate de o serie de penduli în zona culeii. Nu se prevăd reazeme, iar rosturile de dilatare sunt necesare numai la capetele podului, pe culei.

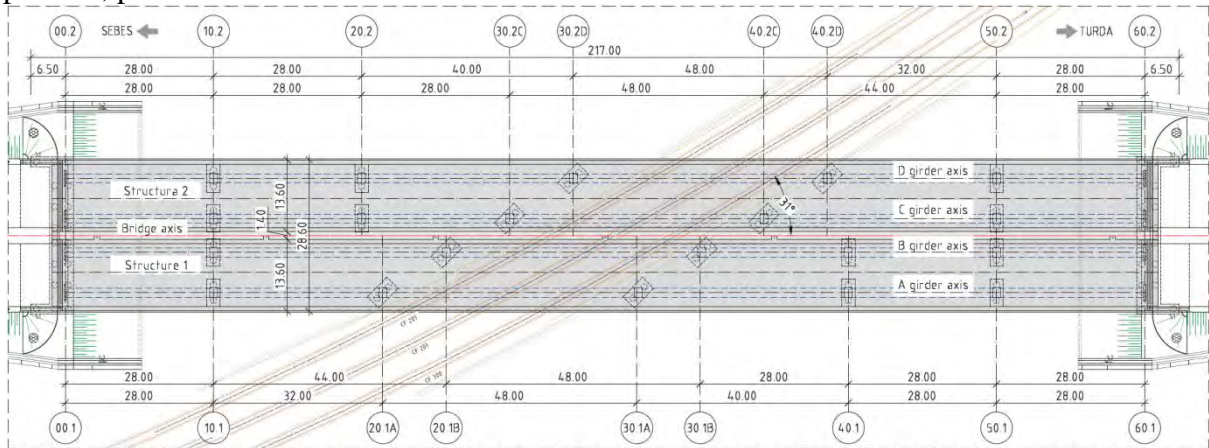


Figura 86. Dispoziție generală

În Figura 87 se prezintă tensiunile maxime în talpa inferioară a grinzii.

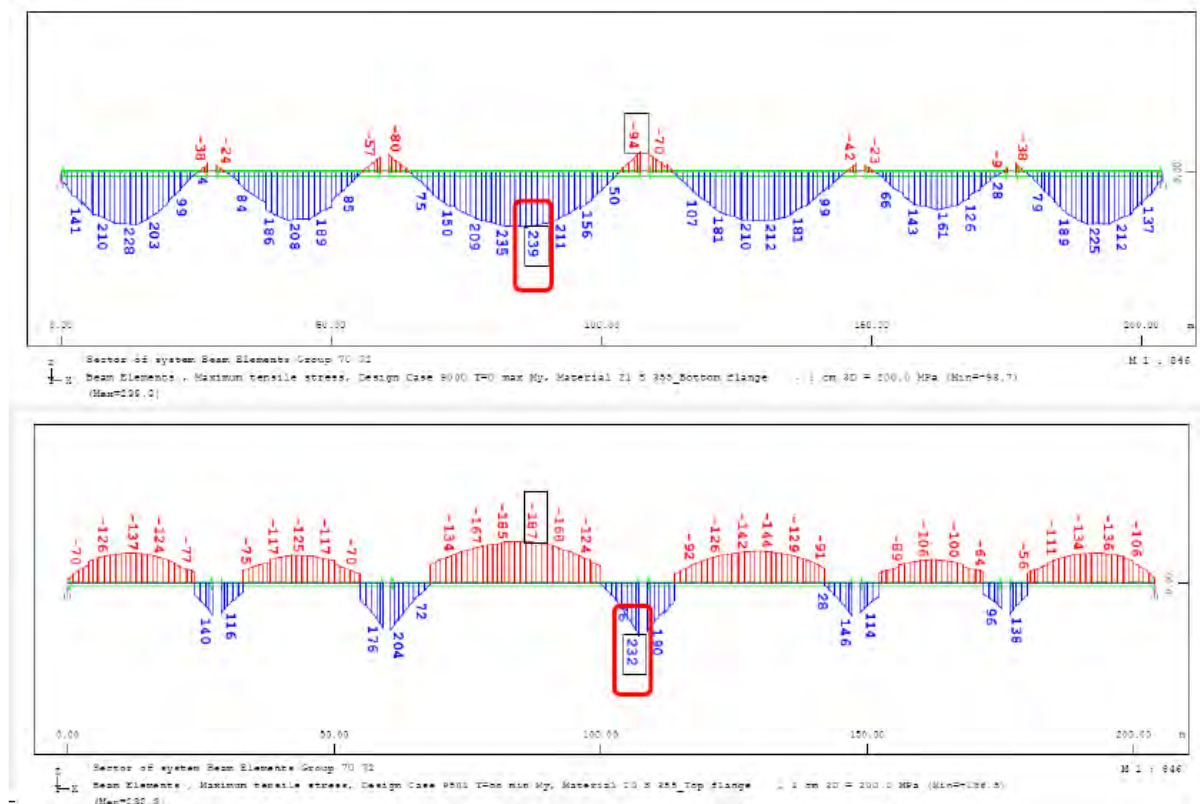
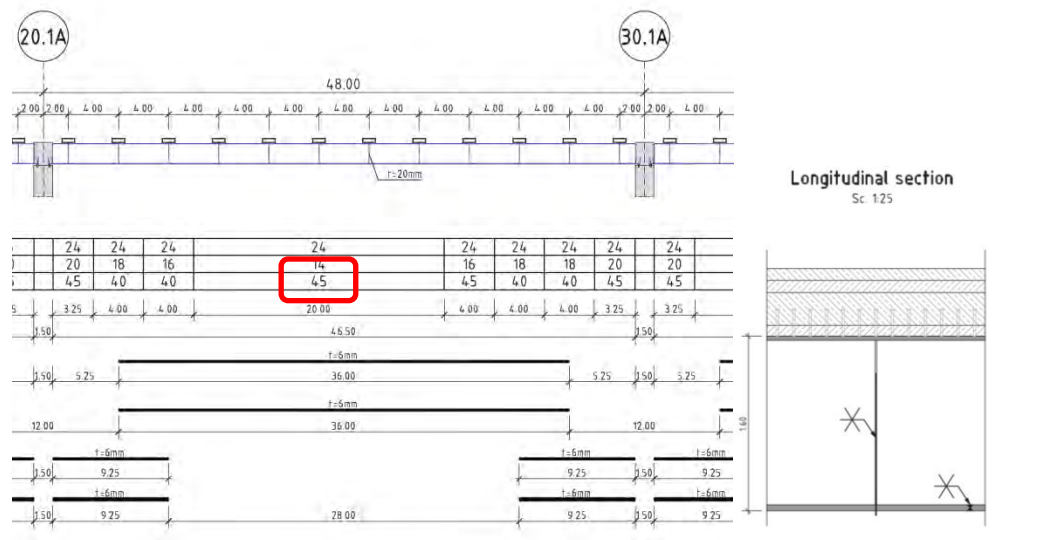


Figura 87. Tensiuni maxime în talpa inferioară a grinzii principale

Variația grosimii tablelor și tipurile de îmbinări sudate sunt prezentate în Figura 88.



**Figura 88.** Grosimea tablelor în secțiunea de moment maxim

În continuare se determină nivelul de tensiune, și se intră în tabelul pentru determinarea grosimii maxime a tablei ce se poate utiliza în cazul prezentat.

$$f_y(t) = f_y - 0,25 \times \frac{t}{t_0}; \quad t_0 = 1,0$$

$$f_y(t) = 355 - 0,25 \times \frac{45}{1} = 343,75 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{\sigma_{Ed}}{f_y(t)} = \frac{23,9}{34,375} = 0,695$$

$$\Rightarrow \sigma_{Ed} \approx 0,695 \times f_y(t)$$

⇒ Materialul de bază

**S355J2**

cu  $t_{max} = 45 \text{ mm}$

Prin interpolare

Rezultă:

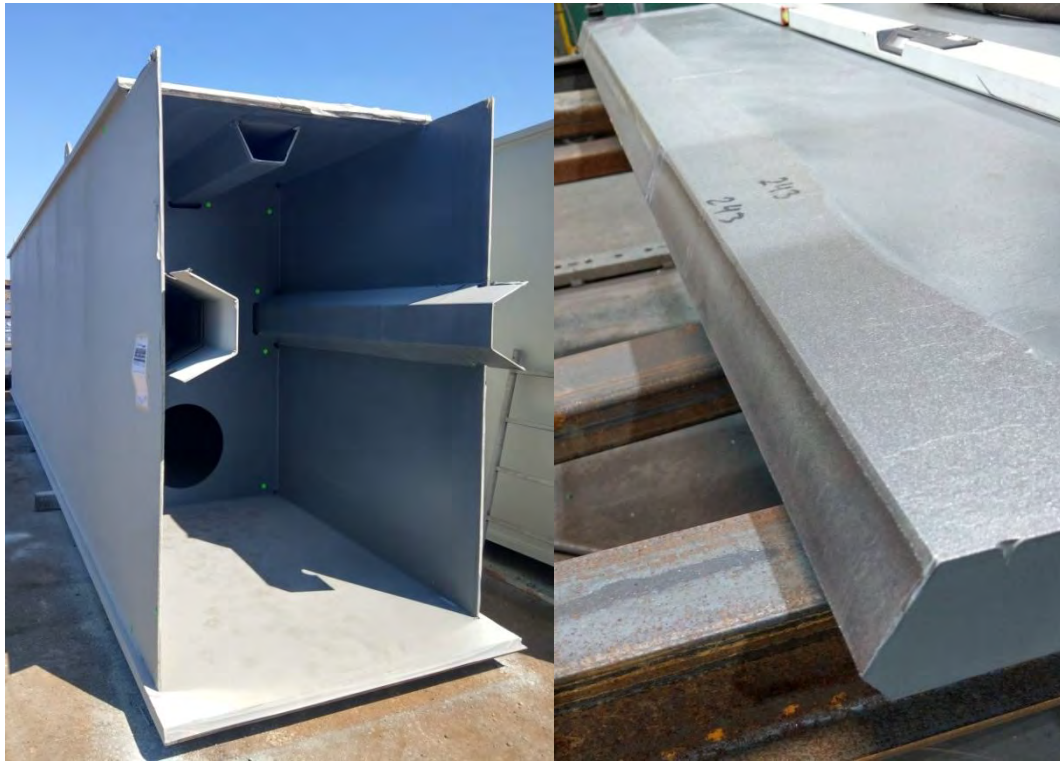
$$\Rightarrow t_{adm} = 47,5 \text{ mm}$$

Condiția este îndeplinită !

Mărcă	Calitate	Energia Charpy K <sub>J</sub> la T [°C]	Temperatura de referință T <sub>ref</sub> [°C]																					
			σ <sub>0,2</sub> = 0,75 f <sub>y</sub> (t)					σ <sub>0,2</sub> = 0,50 f <sub>y</sub> (t)					σ <sub>0,2</sub> = 0,25 f <sub>y</sub> (t)											
			-10	-10	-20	-30	-40	-10	-10	-20	-30	-40	-10	-10	-20	-30	-40							
S235	JR	20	27	60	50	40	35	30	25	20	90	75	65	55	45	40	35	135	115	100	85	75	65	60
	J0	0	27	90	75	60	50	40	35	30	125	105	90	75	65	55	45	175	155	135	115	100	85	75
	J2	-20	27	125	105	90	75	60	50	40	170	145	125	105	90	75	65	200	200	175	155	135	115	100
S275	JR	20	27	65	45	35	30	25	20	15	80	70	55	50	40	35	30	125	110	95	80	70	60	55
	J0	0	27	75	65	55	45	35	30	25	115	95	80	70	65	50	40	165	145	125	110	95	80	70
	J2	-20	27	110	95	75	65	55	45	35	165	130	115	95	80	70	55	200	190	165	145	125	110	95
S355	M,N	-20	40	135	110	95	75	65	55	45	180	155	130	115	95	80	70	200	200	190	165	145	125	110
	M,N,L	-50	27	185	160	135	110	95	75	65	200	200	180	155	130	115	95	230	200	200	200	190	165	145
	J2	-20	27	95	75	65	55	45	40	35	165	135	110	95	80	65	55	200	175	150	130	110	95	80
S420	M,N	-20	40	95	80	65	55	45	35	30	140	120	100	85	70	60	50	200	185	160	140	120	100	85
	M,N,L	-50	27	135	115	95	80	65	55	45	160	165	140	120	100	85	70	200	200	200	185	160	140	120
	Q	-20	30	70	60	50	40	30	25	20	110	95	75	65	55	45	35	175	155	130	115	95	80	70
S460	M,N	-20	40	90	70	60	50	40	30	25	130	110	95	75	65	55	45	200	175	155	130	115	95	80
	Q,L	-40	30	105	90	70	60	50	40	30	155	130	110	95	75	65	55	200	200	175	155	130	115	95
	M,N,L	-50	27	125	105	90	70	60	50	40	180	155	130	110	95	75	65	200	200	200	175	155	130	115
S660	Q	0	40	40	30	25	20	15	10	10	65	55	45	35	30	20	20	120	100	85	75	60	50	45
	Q,L	-20	30	50	40	30	25	20	15	10	80	65	55	45	35	30	20	140	120	100	85	75	60	50
	Q,L	-40	30	60	50	40	30	25	20	15	95	80	65	55	45	35	30	165	140	120	100	85	75	60
S690	Q,L	-10	30	75	60	50	40	30	25	20	115	95	80	65	55	45	35	190	165	140	120	100	85	75
	Q,L1	-40	40	90	75	60	50	40	30	25	135	115	95	80	65	55	45	200	190	165	140	120	100	85
	Q,L1	-80	30	110	90	75	60	50	40	30	160	135	115	95	80	65	55	200	200	190	165	140	120	100

**Figura 89.** Alegerea grosimii conform Eurocodului

Detalii constructive și pregătirea rosturilor pentru sudarea pe șantier sunt arătate în Figura 90.



**Figura 89.** Elemente ale structurii pe șantier; pregătirea pentru sudare

### 2.2.2 - Analize de deformație / determinare de contrasăgeți pe faze tehnologice de construcție a podurilor

Starea Limită de Serviciu (SLS) este starea de proiectare astfel încât structura să rămână funcțională pentru utilizarea prevăzută, sub rezerva diferitelor încărcări. În general, starea limită de serviciu include verificarea:

- funcționării structurii sau a elementelor structurale în condiții normale de utilizare - sarcină permanentă și convoaie (de exemplu, în cazul structurilor de poduri, deformarea în limite acceptabile),
- aspectului lucrărilor de construcție (aspectul înseamnă deformare și fisuri extinse, în loc de estetică),
- confortului normal al utilizatorilor (de exemplu, vibrațiile elementelor structurale care pot duce la efecte fiziologice nedorite).

Cerințe de serviciu sunt stabilite pentru fiecare structură. În general, se verifică următorul criteriu de proiectare:

$$E_d \leq C_d$$

unde

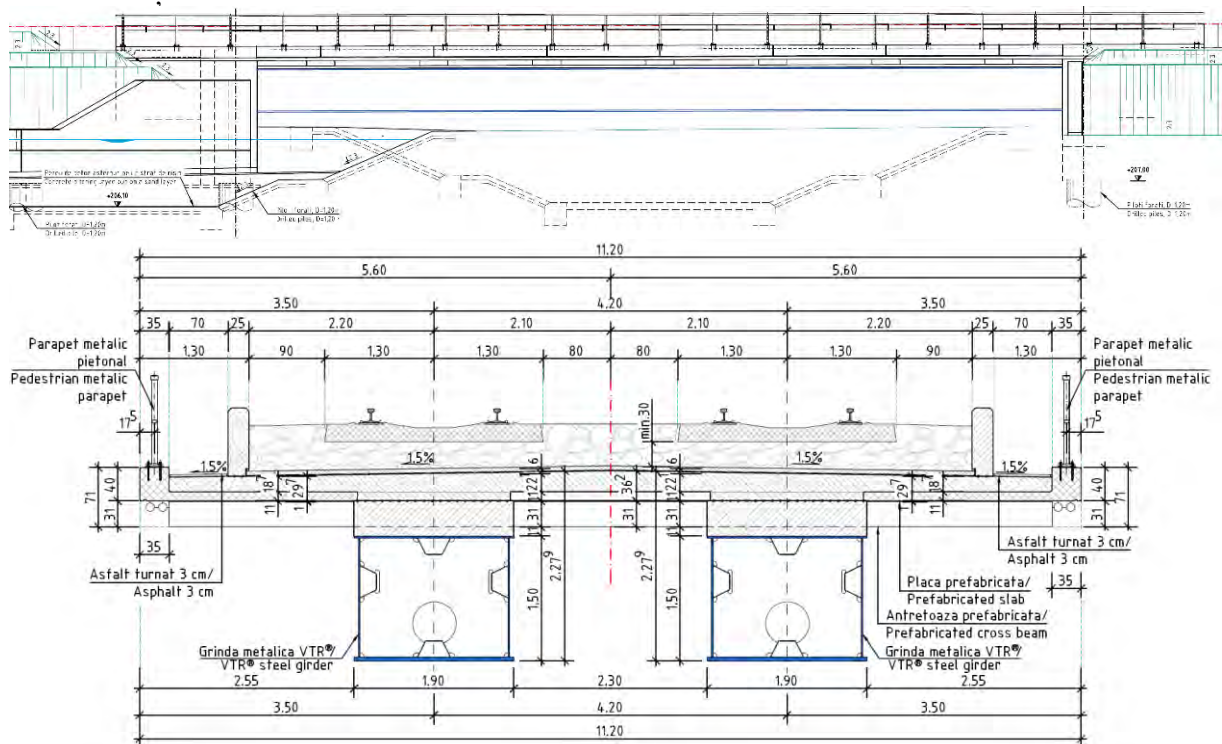
$E_d$  – este valoarea de proiectare a efectelor acțiunilor specificate în criteriul de serviciu determinat pe baza combinației relevante.

$C_d$  – valoarea limită pentru criteriul de serviciu relevant.

Limitele recomandate pentru deformația verticală sunt date în standardele pentru diferite structuri și sunt în general între  $L/150$  –  $L/1000$  (sau chiar mai mult), unde  $L$  este deschiderea grinzii. Deformațiile excesive pot produce distorsiuni în îmbinări și pot duce la solicitări secundare mari. Lipsa de rigiditate duce la vibrații și suprasolicitare sub sarcină dinamică și disconfort pentru utilizatorii umani.

Studiul de caz propus este un pod feroviar cu cale dublă, cu o deschidere de 30,00 m, situat pe o linie feroviară principală din România. A fost aleasă soluția unei structurii compozite (oțel-

beton) tip cadru; podul este o structură integrală, fără reazem și rosturi de dilatare, rezultând costuri de întreținere reduse.



**Figura 91.** Dispoziție generală

Secțiunea transversală a podului cuprinde două grinzi metalice sudate, tip casetă, S355 J2+N, cu înălțime constantă. Peste aceste grinzi metalice sunt amplasate la intervale egale antretoaze prefabricate din beton armat. Îmbinarea dintre rețeaua de grinzi și elementele prefabricate va fi betonată. În final, se va executa placa din beton armat turnată pe loc, rezultând o structură robustă.

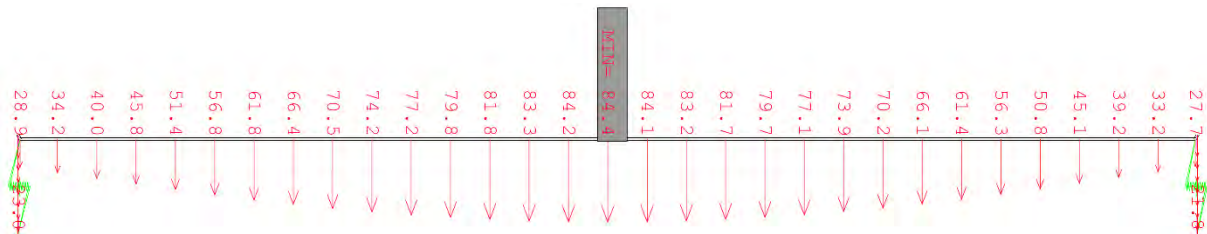
Soluția pe cadru compozit duce la necesitatea unei analize atente a diferitelor etape de construcție. Influența fluajului și a contracției este importantă.

Analiza structurii a fost efectuată cu un program informatic specializat în fiecare etapă de construcție. Este de menționat că piloții sunt incluși în model, ținând cont de interacțiunea teren-structură.

Au fost analizate următoarele etape de construcție:

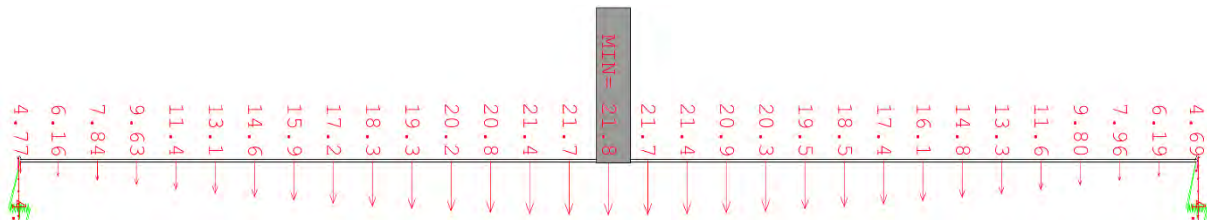
- Grinzi metalice casetate, așezate pe culei.
- Disponerea antretoazelor prefabricate din beton.
- Betonarea nodului cadrului.
- Primul strat de beton in situ.
- Disponerea plăcilor prefabricate din beton.
- Al doilea strat de beton in situ (tablierul podului).
- Echipamentele podului – hidroizolație, cale ferată balastată, șine și traverse de cale ferată, opritor de balast.
- Convoiu feroviar LM71.

În următoarea figură este reprezentată deformația dată de toate cazurile de încărcare permanentă cumulată, inclusiv curgerea lentă și contracția. Valoarea maximă este de 84,4 mm.



**Figura 92.** Deformația în stadiul 1 – permanente și fluaj

În final, se aplică convoiul feroviar LM 71 și deformațiile rezultate sunt arătate în figura următoare.



**Figura 93.** Deformația sub convoi

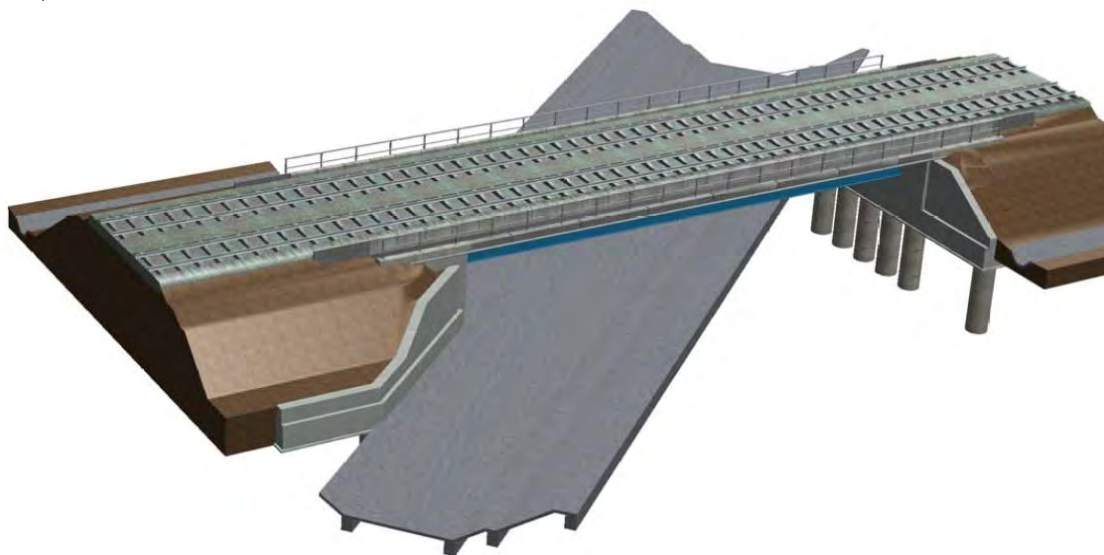
Ca urmare a deformațiilor calculate mai sus, structurii i se aplică o contrasăgeată egală cu:

$$f_{cs} = f_g + 0,5f_{LM71} + f_{opt}$$

unde

Pentru „ $f_{opt}$ ” (corecție optică) a fost stabilită valoarea de 2 cm.

Definirea unei contrasăgeți este una dintre operațiunile importante în fabricarea structurilor metalice, în special a podurilor. Contrasăgeata asigură un comportament bun în exploatare al structurii. Dacă pentru structurile metalice obișnuite deformația poate fi determinată într-un mod simplu, pentru structurile compozite etapele de construcție și influența fluajului și contracției sunt determinante.



**Figura 94.** Podul CF analizat

Contrasăgeata trebuie introdusă în proiectarea inițială a structurii, oferind în etapa finală așa-numitul aspect bun al structurii. În acest sens, corecția optică propusă este importantă.

Pasajul rutier este un alt bun exemplu, ce traversează, într-o oblicitate foarte pronunțată de doar 19°, la Simeria, Coridorul European IV de cale ferată. Această structură are o lungime totală de ca. 200 m, cu 6 (șase) deschideri de mărimi diferite pentru a putea rezolva intersecția cu calea ferată. Structura a fost dată în exploatare în anul 2018, a făcut parte din proiectul de reabilitare a sectorului de cale ferată Simeria – Vințu de Jos și ceea ce trebuie menționat este faptul că pasajul a fost cu cca. 2 ani finalizat -mai devreme - în raport cu coridorul de cale ferată. Alte particularități sunt legate de faptul că este o structură de pod semi-integrală, având dispuse

aparate de reazem și rosturi de dilatație numai pe capete, iar pilele au o prindere semi-rigidă de suprastructură, dată fiind oblicitatea extrem de pronunțată. De asemenea, trebuie menționat faptul că determinarea contrasăgeților pentru fiecare fază de execuție a presupus un calcul dificil și complex.



**Figura 95.** Pasaj rutier Simeria

Pe direcția acestei teme de cercetare au rezultat următoarele articole publicate în jurnale sau la diferite conferințe cât și cărți:

- Carte Editura Politehnica - Anamaria Feier, Richard Molnar, **Edward Petzek**. Remedierea deformațiilor la îmbinările sudate. Aplicații practice, ISSN :978-606-35-0582-9
- **Edward Petzek** Prelegere Conferința ASR 2018, Timișoara
- **Edward Petzek** Prelegere Conferința ASR 2022, Cluj
- **Edward Petzek** Prelegere Conferința ASR 2022, Bistrița
- **Edward Petzek** Prelegere Conferința ASR 2022, Sibiu
- **Edward Petzek** Prelegere ECCS, 2012, Praga
- Radu Bancila, **Edward Petzek**, Silvia Romanu, Oana Ionita Assessment of failures and malfunctions Joint Workshop of the COST actions TU0601, Preceedings of the Joint Workshop of COST Actions TU0601 and E55, Ljubljana scholar.google2009
- R. Bancila, **E. Petzek**, A Feier, R. Dorin Complemente de calcul la oboseala si de calculul sudurilor la constructiile metalice sudate in conformitate cu standardele europene Eurocodes Sudura 2025
- Anamaria Feier, **Edward Petzek**, Radu Bancila Alcătuirea și construcția structurilor sudate Sudura 978-973-8359-63-5 2021
- Grant LLP-LDV-TOI-2012-RO 024 2012-2014 2012-2013
- Bancila R., Feier A., **Petzek E.** Suggestions and proposals for the application of the European Standard SR EN 1090 in the design and execution of steel structures especially bridges (in Romania) International Conference „Innovative Technologies for Joining Advanced materials- TIMA 16” 3-5 2015 June Timisoara Scholar, ProQuest 2015
- **Edward Petzek**, Anamaria Feier, Radu Băncilă, Luiza Toduți ALEGEREA MATERIALULUI LA CONSTRUCȚII METALICE SUDATE - în conf. cu Standardul European - SR EN 1993-1-10 revista AICPS, 2019 2019
- Băncilă R., **Petzek E.**, Feier A., Radu D., The Place and Role of the Welding Specialist in the Design and Execution of Welded Steel Constructions Zbornik radova Građevinskog fakulteta 35:13-20 2019

- Anamaria Feier, Radu Bancila, **Edward Petzek** Structuri metalice sudate- Clase de executie conform SR EN 1090 Sudura 2016
- **Petzek E.**, Bancila R., Feier A. Observations regarding the introduction of the european standard sr en 1090 in the current practise of the steel highway and railway bridges Bulletin of the Transilvania University of Braşov - 2015 Series I: Engineering Sciences, CibV 2015 Romania, Braşov, 30th - 31st of October 2015, ISSN 2065-2119 2015

### 2.3. - Soluții inovative și eficiente de poduri integrale de cale ferată și de șosea validate prin încercări in situ cu convoaie de probă și monitorizări, structuri modulare.

Această direcție de cercetare reprezintă, probabil, punctul forte al autorului. Începând cu anul 2006 și până în prezent am proiectat și condus peste 400 de proiecte de poduri. Multe dintre acestea reprezintă premiere inginerești.

Activitatea de proiectare mi-am început-o în anul 1997 odată cu absolvirea facultății. Această activitate am desfășurat-o la început atât în cadrul Universității „Politehnica” din Timișoara, în cadrul disciplinei de poduri, cât și prin colaborare cu diverse birouri ca de exemplu: APECC s.r.l., STATIC 5 s.r.l., GECONSTRUCT s.r.l., Birou Structuri P.O.L. s.r.l. Din anul 2006 am decis împreună cu partenerul german – firma SSF Ingenieure AG din München, deschiderea unui birou de proiectare în România și anume SSF-RO s.r.l. Timișoara, pe care-l conduc încă de la începuturi. Domeniul în care această firmă și-a desfășurat activitatea până astăzi este în proporție de 90% proiectarea de structuri de poduri.

În calitate de inginer, mă dedic punerii în practica tehnică a cerințelor complexe, respectând toți factorii ce influențează procesul de proiectare și execuție, exploatarea cât și funcționarea ulterioară a construcției și urmăresc să ofer cel mai înalt grad de calitate, economicitate și durabilitate.

Cu ajutorul cunoștințelor de a căror îmbunătățire m-am ocupat și mă ocup în mod temeinic, cât și a experienței acumulate în cadrul unor proiecte de mare anvergură și a punerii în practică a artei inginerești creative mă concentrez în a oferi proiecte cu soluții moderne, actuale și inovatoare, elegante și economice.

Ca inginer proiectant, mă oblig să respect știința și arta de a concepe, proiecta și executa poduri și alte structuri în spiritul economicității și al eleganței.

Soluții compuse oțel – beton: Podurile sunt structuri de o importanță vitală pentru infrastructura de transport. Podurile în soluție compusă devin din ce în ce mai utilizate în multe țări, respectiv o reală alternativă la cele masive din beton armat. Soluțiile de poduri proiectate combină mai multe aspecte importante: costuri reduse, simplitate și rapiditate în execuție, durabilitate și robustețe structurală, costuri de întreținere reduse și aspect estetic plăcut.

Utilizarea prefabricatelor compuse oțel beton conduce la dezvoltarea unor viteze mari de execuție, iar gradul înalt de prefabricare reduce posibilitatea de apariție a situațiilor neprevăzute pe șantier, respectiv oferă simplitate în execuție. Totodată performanțele oțelului și utilizarea optimă a acestui material în secțiunea transversală determină indici de cost ce rivalizează soluțiile deja clasice bazate pe beton.

Greutatea redusă a grinzilor prefabricate în alcătuire compusă oțel – beton, atât în ceea ce privește transportul dar și manipularea acestora reprezintă de asemenea avantaje importante ce contribuie la succesul soluțiilor de poduri compuse în alcătuire modernă. Aspecte și criterii importante urmărite în practica de proiectare:

- Înălțime de construcție redusă, zveltețe structurală;

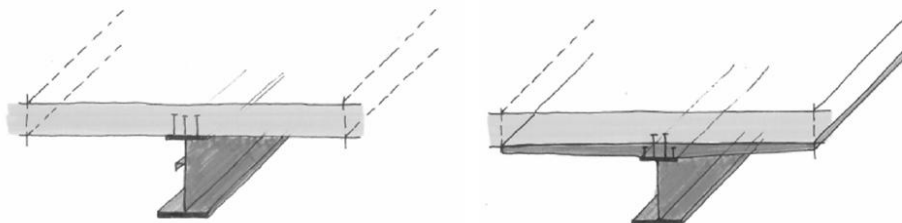
- Aspect estetic deosebit de plăcut;
- Consum de oțel minimal, scăderea costurilor;
- Execuție uzinată, calitate superioară, eliminarea problemelor privind detaliile constructive cu risc crescut de oboseală;
- Grad ridicat de prefabricare, eliminarea problemelor pe șantier;
- Eliminarea cofrajelor, execuție în amplasament – poziție definitivă;
- Greutate proprie mai mică și, în consecință, fundații mai mici, respectiv utilizarea unei tehnologie de montaj facile bazate pe macarale cu capacități de ridicare reduse;
- Simplitate și rapiditate în execuție;
- Șantiere de dimensiuni mici, deci minimizarea problemelor de mediu;
- Suprafețe mici expuse fenomenului de coroziune; lipsa detaliilor cu risc crescut la coroziune;
- Robustețe structurală ridicată a secțiunii compuse prefabricate oțel – beton;
- Durabilitate mare;
- Întreruperi scurte ale circulației în situația înlocuirii unor structuri existente, respectiv posibilitatea construirii de supratraversări sub trafic;
  - Menținanță facilă și ieftină.

Un factor important în procesul de dezvoltare a Europei este sistemul de transporturi. Finalizarea coridoarelor paneuropene se bazează și pe sistemul de autostrăzi și căi ferate al României. Prin urmare, se fac investiții în infrastructura de transport a României. Trei dintre aceste coridoare traversează teritoriul României: IV, VII și IX. Coridorul paneuropean IV, care traversează România de la Nădlac la Constanța, legând astfel Europa de Vest de Marea Neagră, pare a fi cel care a stârnit cel mai mare interes în Europa.

Multe dintre noile investiții în sistemul de transporturi sunt atribuite prin licitații sub formă de „proiectare și construcție” și, în acest fel, asocierile între firmele de execuție și birourile de inginerie structurală au posibilitatea de a construi sectoare rutiere întregi într-un mod avantajos din punct de vedere economic. Această metodă de atribuire permite utilizarea și în România a soluțiilor nou dezvoltate, inovatoare și economice.

Prin urmare, în sistemul de autostrăzi din România au fost implementate o serie de soluții eficiente de poduri integrale realizate din beton precomprimat, precum și soluții compozite oțel-beton, prin intermediul primului lot al sectorului de autostradă Orăștie – Sibiu. Acest proiect poate fi caracterizat prin aspecte importante precum: costuri reduse, montaj simplu și rapid – modularitatea sistemului, durabilitatea și robustețea structurii, scăderea costurilor de întreținere și aspect estetic armonios.

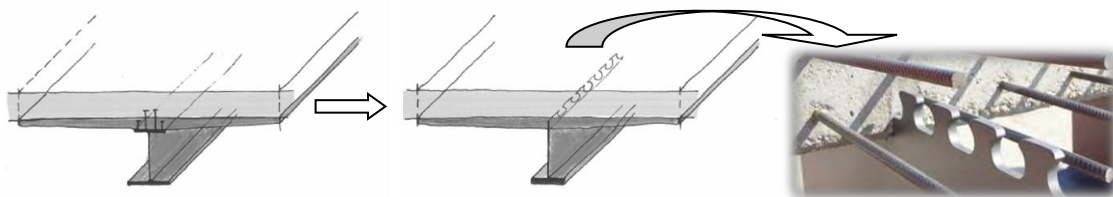
O primă soluție în această direcție a constituit introducerea pe piață din anul 1998 a podurilor prefabricate în soluție compusă VFT® – Verbundfertigteil – Träger. Acestea au demonstrat o foarte bună calitate și eficiență a elementelor constructive (a grinzilor principale) ce se realizează în întregime în uzină. Uzinarea și executarea elementelor în spații închise, în condiții net superioare celor de pe șantier, garantează pentru grinzile principale ale podului un standard de calitate ridicat. Se subliniază absența atât a cofrajelor cât și a sprijinirilor în timpul montajului.



**Figura 96.** Sistemul VFT

Între anii 2010 – 2013, în cadrul unui proiect de cercetare aplicată de tip RFCS, intitulat EcoBridge, s-a făcut un pas înainte în conceperea unei legături eficiente între structura metalică și beton a constat în eliminarea conectorilor elastici de tip gujon și implicit a tălpii superioare, conlucrarea oțel beton realizându-se prin conectori din beton armat, inima grinzii fiind tăiată după un contur special.

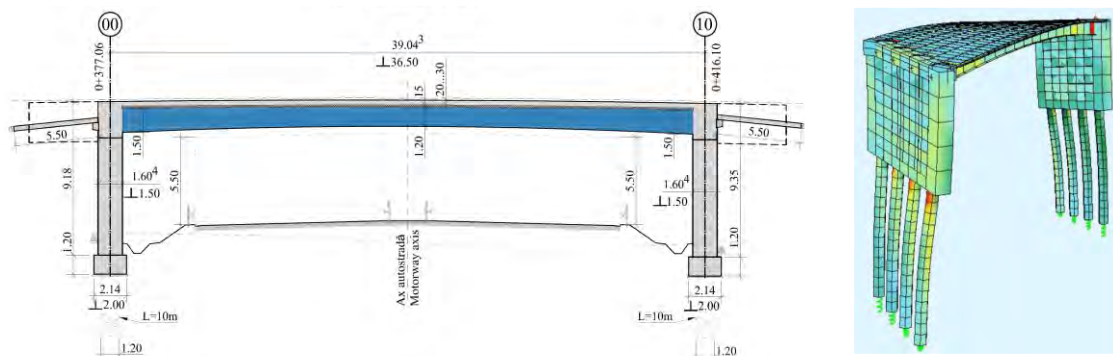
De la prima introducere a grinzilor compozite prefabricate VFT® (Verbundfertigteile – Träger) în anul 1998, printr-o activitate de cercetare susținută și sistematică s-au făcut mai mulți pași înainte în ceea ce privește dezvoltarea unor soluții eficiente și inovatoare pentru poduri compozite prin crearea unei conexiuni eficiente între structura de oțel și cea de beton. Ideile de cercetare au fost un succes și au dovedit o calitate și o eficiență foarte bună a părților constructive (grinzile principale) care sunt realizate în întregime în uzină. Eficiența constă în eliminarea conectorilor clasici de tip Nelson și implicit a tălpii superioare a secțiunii de oțel și crearea unui nou tip de conectori compuși prin tăierea inimii de oțel după un contur predefinit.



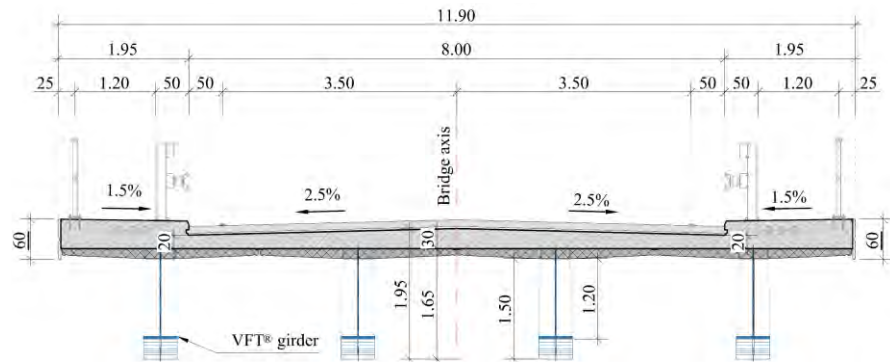
**Figura 97.** Noul sistem VFT

În cazul noului sistem VFT, conexiunea dintre oțel și beton se realizează prin conectori compuși, iar talpa superioară din oțel nu mai este necesară. Dacă se ia în considerare eliminarea tălpilor superioare ale grinzilor de oțel și a conectorilor de tip gujon, și anume consumul de material și manopera sudurii, se poate observa eficiența soluției proiectate. Soluția reprezintă o alternativă inspirată la podurile clasice din beton - în special la cele cu grinzi pretensionate pe secțiune transversală. Folosind gradul ridicat de prefabricare, grinzile VFT reduc posibilitatea unor situații neprevăzute pe șantier și oferă simplitate în execuție și, implicit, obținerea unor costuri mai mici. Greutatea redusă a grinzilor compozite prefabricate oferă avantaje atât în ceea ce privește transportul, cât și eforturile de manipulare și contribuie la succesul podurilor compozite moderne.

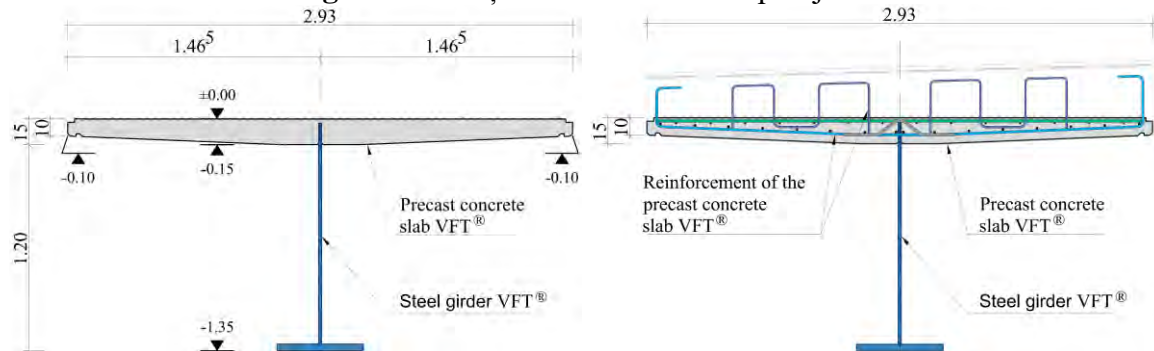
Ambele pasaje incluse în grantul RFCS au o singură deschidere și sunt structuri integrale oblice (aproximativ 70°) și utilizează patru grinzi compozite oțel-beton de aproximativ 39 m lungime. Structurile sunt de tip cadru și utilizează conectori compuși așa cum s-a cerut în cadrul grantului de cercetare.



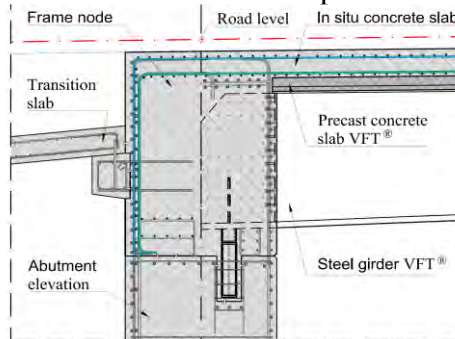
**Figura 98.** Structurile pasajelor



**Figura 99.** Secțiunea transversală a pasajelor



**Figura 100.** Grinda VFT ca prefabricat compus

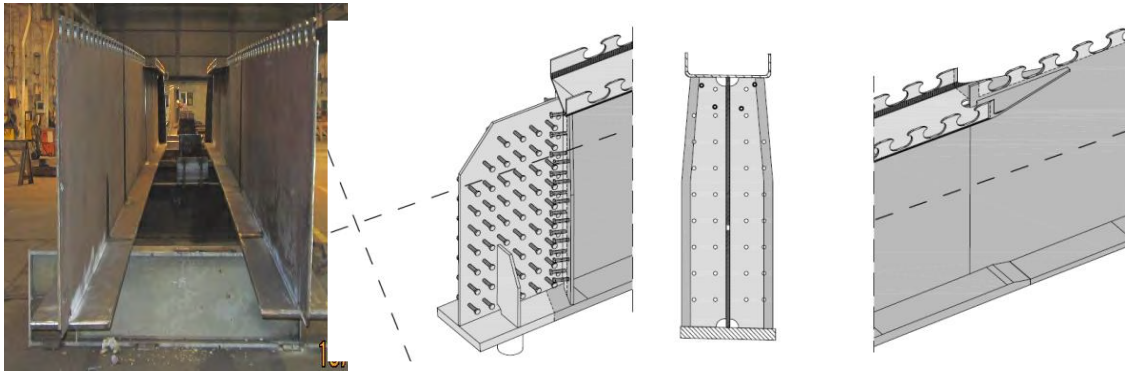


**Figura 101.** Colțul de cadru

Grinzile sudate din oțel sunt realizate din S355 J2+N și au înălțime variabilă - 1200 mm în câmp și 1500 mm la reazeme. Au fost introduse două tipuri de secțiuni: partea din mijloc a grinzii de oțel este compusă doar dintr-o talpă inferioară și o inimă cu decupaje de conectori în partea superioară, iar în zonele de capăt, la fiecare 6 metri, a fost introdusă suplimentar o talpă superioară subțire în formă de U cu o grosime de 12 mm. Plăcile de oțel ale tălpii superioare au fost îndoit la rece și au rolul de a mări numărul de conectori pentru a transfera efectul de lunecare.



**Figura 102.** Secțiunile grinzilor din oțel la capăt și la mijloc



**Figura 103.** Secțiunile grinzilor din oțel – detalii racord

Pentru aceste pasaje s-a obținut un aspect foarte zvelt și estetic, iar soluția a permis economii considerabile de materiale. Practic, pentru ambele poduri s-a obținut un consum foarte bun de oțel, de 130 kg/m<sup>2</sup>.

S-a efectuat și o încercare de probă cu convoaie grele pentru una dintre structurile gemene – pasajul de la km 8+775. Programul de testare a fost conceput conform standardului românesc STAS 12504-86\_DR 9. Scopul încercării în situ cu convoaie de probă a fost obținerea de informații despre comportamentul structurii supusă situațiilor de încărcare actuale, pentru a evalua viabilitatea proiectului inițial de proiectare.

Conform standardului românesc, în cadrul unui program de testare trebuie luată în considerare analiza următoarelor aspecte:

- rezistența și stabilitatea structurii;
- comportamentul elastic al suprastructurii;
- starea de deformări și deplasări în puncte și secțiuni caracteristice;
- comportamentul funcțional;
- suprapunerea rezultatelor in situ cu cele obținute în etapa de proiectare de calcul.

Conform reglementărilor naționale, este obligatorie testarea tuturor podurilor noi care prezintă noutăți din punct de vedere al materialului utilizat, al metodei de calcul și al tehnologiilor de execuție. Testele se vor efectua sub acțiuni statice și dinamice.

Întregul proces de testare conține câteva condiții bine stabilite, după cum urmează:

- Mai multe cicluri consecutive de scheme de încărcare;
- În cazul încărcării statice, convoaiele de camioane au intrat și au ieșit de pe pod cu o viteză maximă de 5 km/h. Acestea s-au oprit în poziția specificată în schema de încărcare;
- În cazul încărcărilor dinamice, convoaiele de autovehicule circulă pe pod cu o viteză constantă;
- În timpul testului, circulația pe pod este închisă;
- Pentru a crește impactul asupra structurii testate, se recomandă crearea de denivelări artificiale ale drumului, prin amplasarea pe drum a unor dulapi de lemn cu grosimea de 4 cm, lățimea de 30 cm și lungimea de 300 cm. Marginile din partea superioară a scândurilor de lemn au fost aplatizate la 45°. Pozițiile acestora pe pod au fost stabilite prin proiectul de testare;
- Acțiunile de testare au inclus următoarele informații despre vehicule: greutatea pe axă, poziția axelor și a roților din față în raport cu elementele structurii de rezistență a podului;
- Pentru testarea dinamică a podului, trebuie controlată viteza de mișcare a convoiului, iar dimensiunile, poziția și greutatea acestuia trebuie cunoscute;
- De asemenea, s-a efectuat o observare vizuală a podului.

Conform standardului românesc, convoiul de vehicule pentru proba de sarcină trebuie să fie similar convoiului teoretic A30, disponibil pe piață. Astfel, s-au utilizat camioane MAN TGA 41.480 8X4, tip BB - cu patru axe. Pentru a fi realiști, camioanele au fost încărcate până la greutatea maximă de 40 t, mai aproape de situația actuală a traficului admisă pe acest drum național. Au fost furnizate un număr de două scheme de încărcare statică și patru scheme de

încărcare dinamică, utilizându-se un total de maximum patru camioane MAN TGA per scenariu.

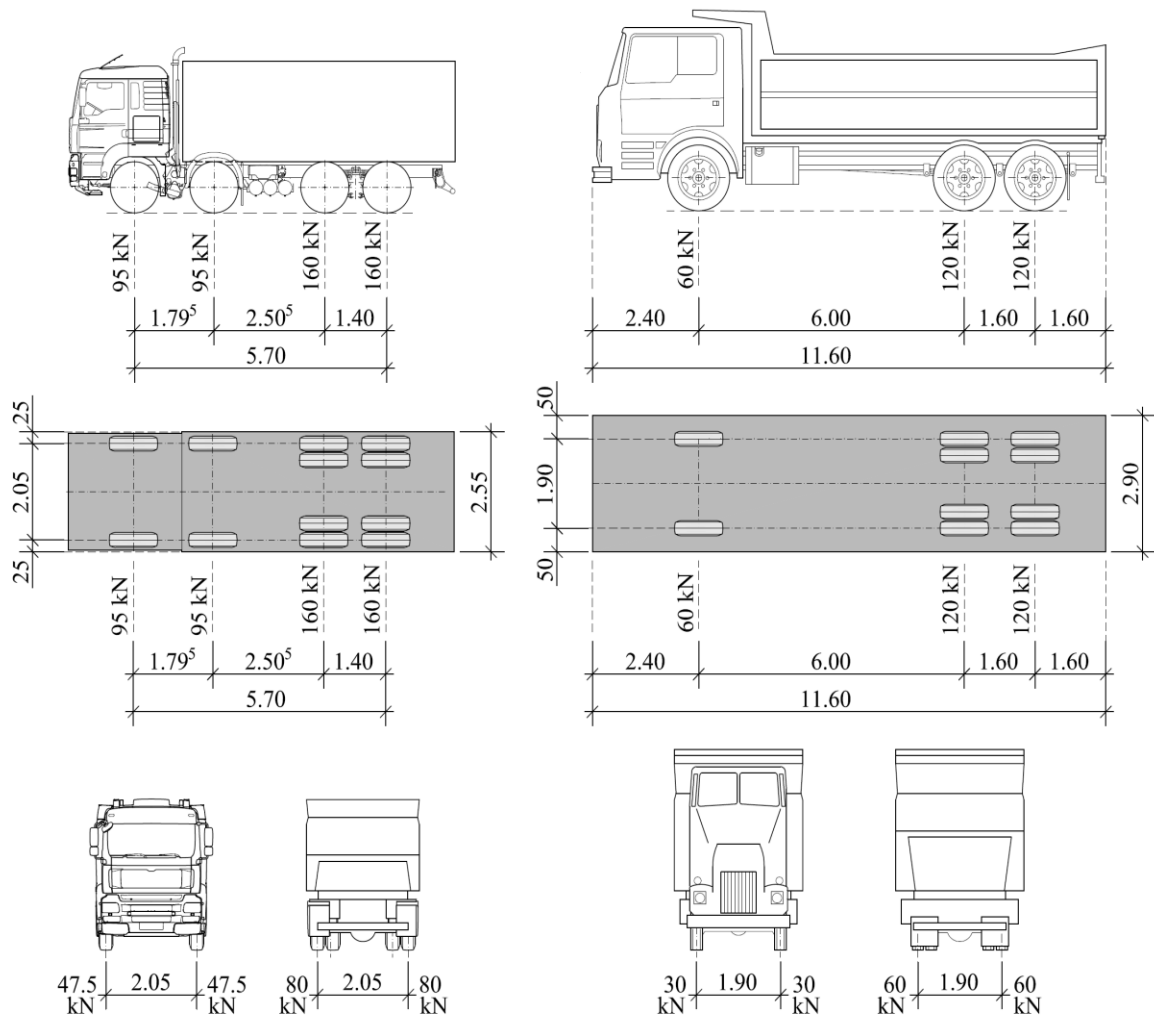


Figura 104. Convoaiele de probă

Pentru a obține rezultate relevante – tensiunea și deplasările maxime în structură – au fost stabilite șase scheme de încărcare diferite. Raportul dintre valorile măsurate și valorile obținute în analiza FEM a structurii este definit în relația:

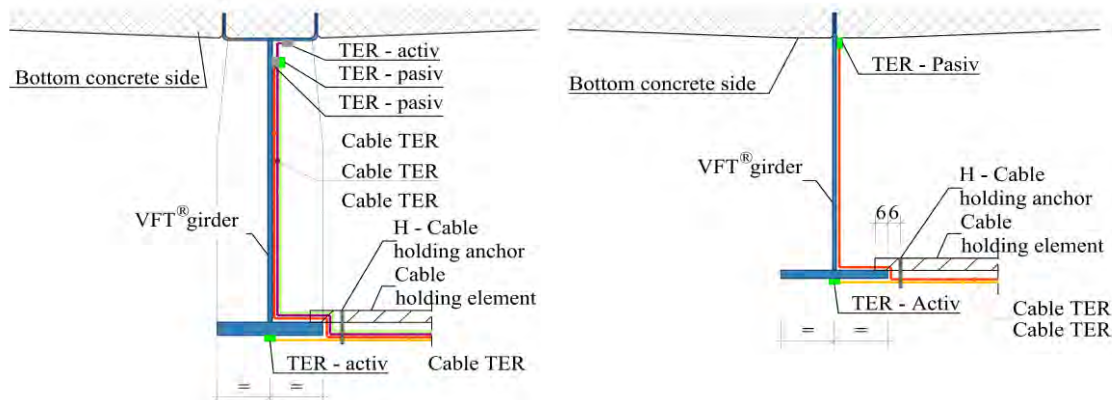
$$E_{stat} = \frac{S_{measured}}{S_{design}}$$

Pentru testul dinamic, a fost determinat coeficientul dinamic

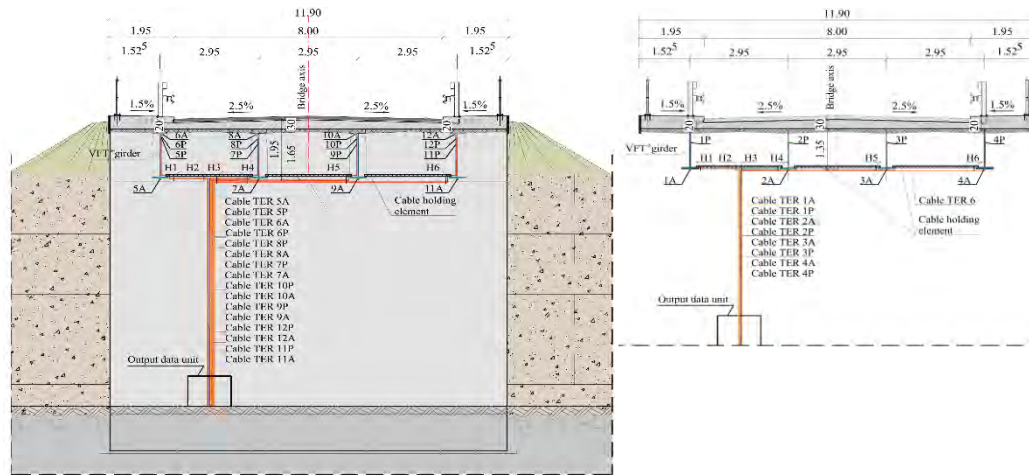
$$\Psi_{mas} = \frac{\varepsilon_{din}}{\varepsilon_{stat}}$$

Înainte de începerea procedurilor efective, au fost realizate următoarele lucrări pregătitoare:

- Întreaga echipă de participanți este prezentă la fața locului: autorități, ingineri, tehnicieni;
- În prealabil au fost pregătite testele de sarcină, tensometrele, cablurile și toate echipamentele necesare pentru testare;
- Toate dispozitivele de măsurare sunt verificate cu câteva zile înainte;
- Înainte de instalarea tensometrelor, suprafețele grinzilor de oțel au fost pregătite conform procedurii obișnuite;
- Cu o zi înainte de testarea de sarcină au fost instalate tensometrele de pe structură, indicate în desen, în conformitate cu proiectul de testare.
- Greutatea reală a vehiculelor pe axă a fost verificată și apoi completată în formularele pregătite din proiect;
- Pozițiile axelor și roților vor fi marcate corespunzător pe pod, conform desenelor de proiectare;
- Echipamentele prevăzute pentru măsurătorile deformațiilor sunt instalate și dispozitivele topografice necesare sunt pregătite;
- Condițiile meteorologice din ziua testului de sarcină trebuie luate în considerare de către ingineri (temperatură, vânt și precipitații).



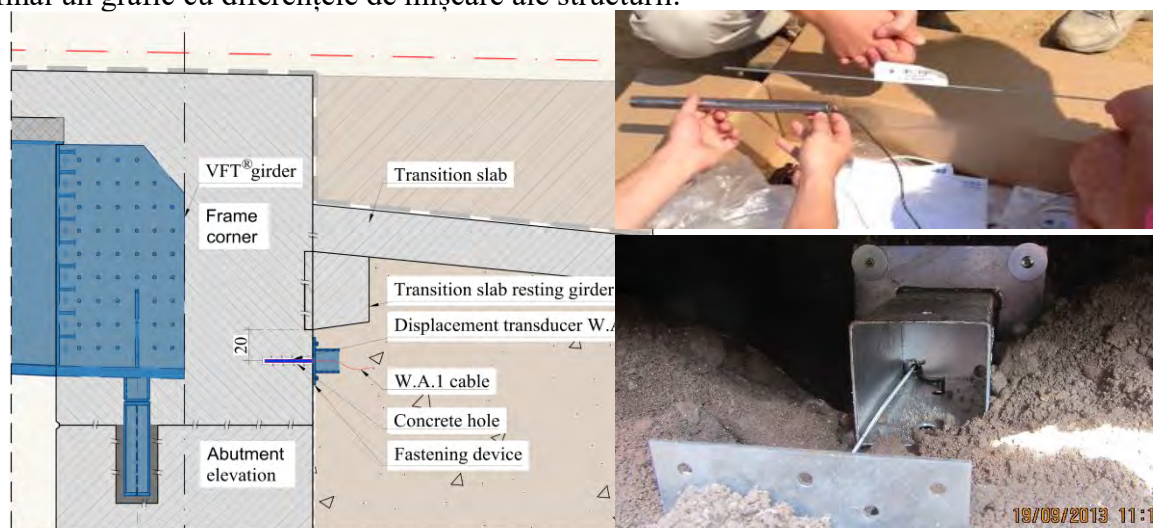
**Figura 105.** Instalarea timbrei tensiometrice



**Figura 106.** Instalarea TER pe secțiunea transversală

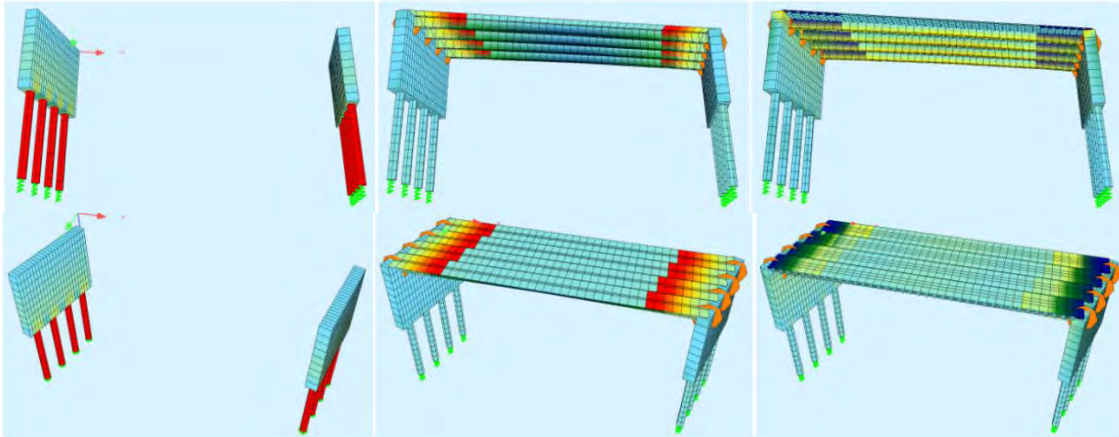
Aparatele de măsurare au fost destinate a fi citite în următoarele etape: înainte de încărcare, în timpul schemei de încărcare și după fiecare descărcare. În timpul procedurii de citire a tuturor dispozitivelor de măsurare (tensiuni sau deplasări) starea de efort a structurii podului a fost menținută constantă. Înainte de testare s-au efectuat citirile preliminare prevăzute de standard: de două ori cu aproximativ o oră înainte, respectiv 15 minute înainte de începerea testării. După efectuarea fiecărei scheme de încărcare, precum și după fiecare descărcare, dispozitivele de măsurare sunt citite de mai multe ori. Prima citire se efectuează imediat după finalizarea acțiunilor de testare pe pod, respectiv după descărcare, apoi se efectuează citiri la intervale egale de timp (de cel puțin 5 minute) până la stabilizarea valorilor măsurate, adică până când creșterea valorilor măsurate între două citiri consecutive este sub 15%.

Deoarece schema statică a podului este una de tip cadru și rosturile de dilatare au fost eliminate, a apărut ca fiind necesară și importantă verificarea deplasărilor longitudinale ale întregului ansamblu structural. Aceste măsurători au fost obținute prin plasarea unui dispozitiv de deplasare – tip W.A.1 pe spatele colțurilor cadrului, înainte de a se dispune placa de tranziție, umplutura de pământ și structura drumului. Folosind o extensie, cablul W.A.1 a fost scos la suprafața exterioară a trotuarului podului, unde cu ajutorul unui dispozitiv de citire, rezultatele au putut fi înregistrate și citite oricând s-a dorit. Măsurătorile trebuie efectuate cel puțin o dată pe sezon pentru a obține deplasarea între temperaturile extreme, în special diferențele iarnă-vară, precum și diferențele zi-noapte. Monitorizarea a fost efectuată doi ani, pentru a se obține în final un grafic cu diferențele de mișcare ale structurii.

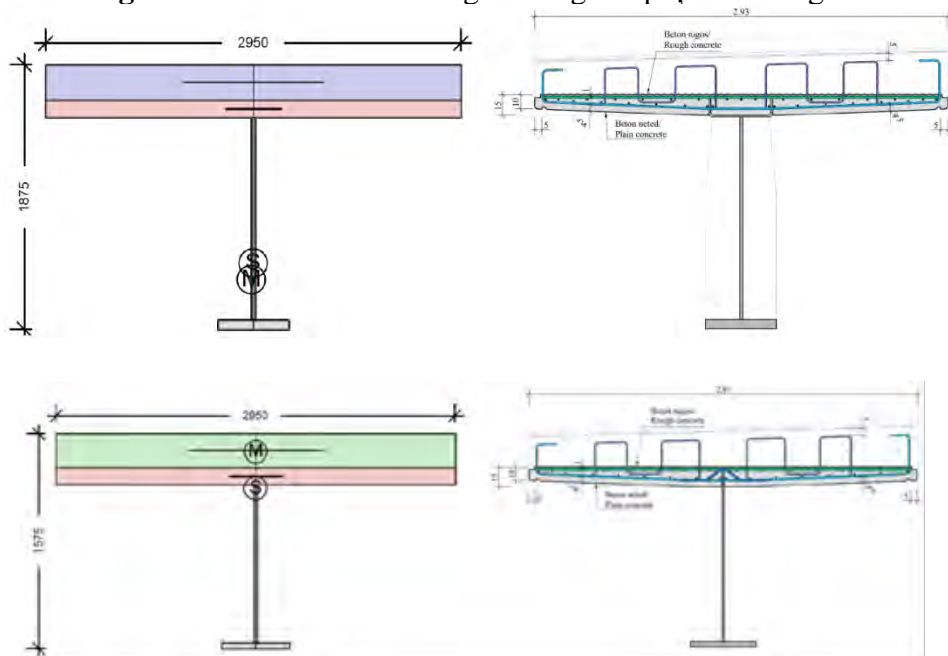


**Figura 107.** Sistemul de monitorizare a deplasărilor structurale pe capetele podului

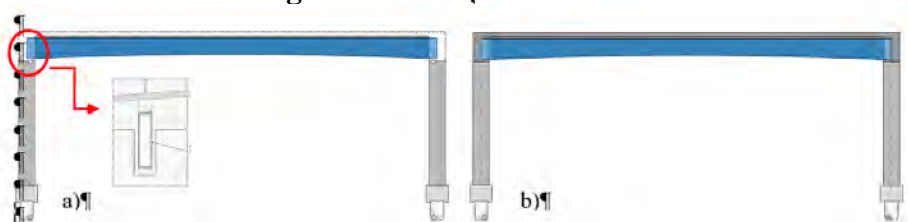
Pentru calculul static s-a utilizat o platformă de proiectare bazată pe analiza FEM a structurii, obținându-se o simulare de acuratețe a comportamentului acesteia sub forțele reale, vibrațiile, căldura, posibilele deplasări verticale și alte efecte fizice. Folosind acest tip de metodă computerizată, proiectul inițial a fost validat și optimizat, înainte de a preda proiectul constructorului. Componentele podului, grinzile VFT, placa de beton, piloții, sunt definite ca elemente liniare, cu excepția infrastructurilor care sunt reprezentate ca elemente bloc, toate fiind în concordanță cu dimensiunile din proiect și având condiții limită reale. Piloții au fost definiți ca secțiuni transversale circulare,  $d = 1,20$  m, afectate de resorturi, constantele patului portant fiind în corelație cu investigațiile geotehnice furnizate. Materialele utilizate pentru întreaga structură sunt conforme cu prescripțiile Eurocodului. Modelarea s-a făcut pe faze de execuție prin modulul CSM.



**Figura 108.** Construction stage manager – pașii tehnologici



**Figura 109.** Secțiunile definite



**Figura 110.** Stadiile de lucru – grindă simplu rezemată, apoi cadru

Pe structura astfel definită au fost luate în considerare două sisteme de încărcări: sistemul tandem Eurocode, precum și încărcări similare cu cele rezultate din convoaiele de testare – au fost introduse vehiculele MAN TGA.

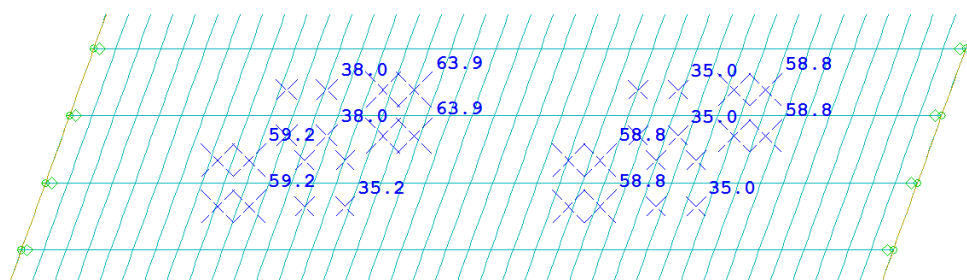
În ceea ce privește schemele de testare a încărcării statice, au fost considerate două cazuri – LC1, LC2, fiecare utilizând câte patru camioane. În prima situație, convoaiele au fost poziționate la mijlocul deschiderii, fiind centrate pe secțiunea transversală, în al doilea caz, camioanele au fost deplasate în exteriorul secțiunii transversale.

Pentru testul dinamic s-a considerat un camion MAN TGA 8X4 tip BB (echivalent cu A30), care se deplasa paralel cu axa autostrăzii cu o viteză de 30 km/h și apoi cu o viteză de 50 km/h. În acest caz, au fost concepute patru scheme de încărcare – LC1...4.

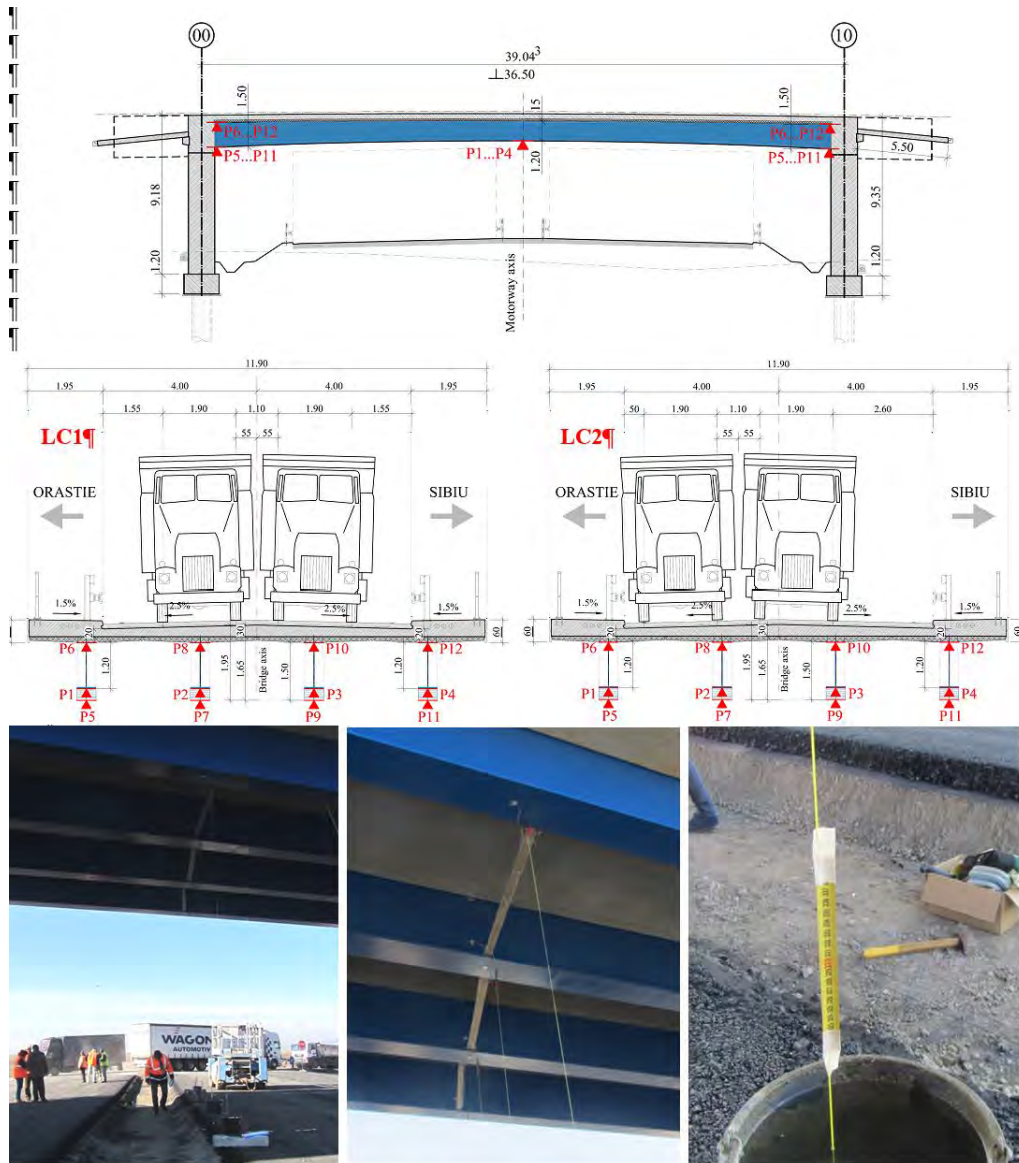
Variația temperaturii, tasările la rezemare, toate greutatețile proprii, inclusiv sarcina pietonală, au fost modelate pe structură, atât pentru starea limită ultimă, cât și pentru starea limită de serviciu.

The load test vehicles (MAN TGA)	Axle number	Weight/axle [to]	Load/wheel [kN]
1	1	7.030	35.150
	2	7.030	35.150
	3	11.830	59.150
	4	11.830	59.150
	Total weight	37.720	
2	1	7.590	37.95
	2	7.590	37.95
	3	12.780	63.90
	4	12.780	63.90
	Total weight	40.740	
3	1	6.990	34.95
	2	6.990	34.95
	3	11.760	58.80
	4	11.760	58.80
	Total weight	37.500	
4	1	7.000	35.00
	2	7.000	35.00
	3	11.770	58.85
	4	11.770	58.85
	Total weight	37.540	

**Tabelul 1.** Încărcările pe osii ale vehiculelor de probă



**Figura 111.** Simularea în programul FEM a încărcărilor de probă



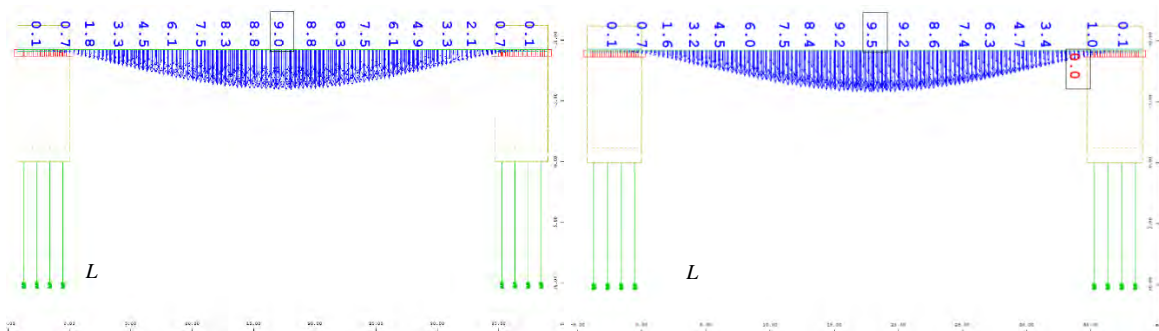
**Figura 112.** Punctele de măsurare

Rezultatele obținute în timpul încercării podului au fost interpretate și comparate cu valorile de calcul ale modelului conform metodologiei descrise de standarde.

Raportul dintre raportul dintre deformațiile elastice măsurate ( $f_{el}$ ) și cele calculate ( $f_{teor}$ ) a corespuns criteriului similitudinii, valorile maxime  $E_f$  fiind la mijlocul deschiderii, încărcările caracteristice de proiectare fiind comparate cu încărcările de testare.

Load-case	Section-item	Recorded-values			Vertical-displacement		
		unloaded-structure	loaded-structure	discharge-structure	$f_{el}$	$f_{teor}$	$\Delta f$
1	P1	3305	3312	3306	7.00	7.90	1.13
	P2	2718	2726	2719	8.00	9.00	1.13
	P3	2115	2123	2117	8.00	9.00	1.13
	P4	3493	3500	3494	7.00	7.80	1.11
2	P1	3306	3314	3306	8.00	9.00	1.13
	P2	2719	2727	2719	8.00	9.50	1.19
	P3	2117	2124	2118	7.00	8.50	1.21
	P4	3495	3500	3495	5.00	6.00	1.20

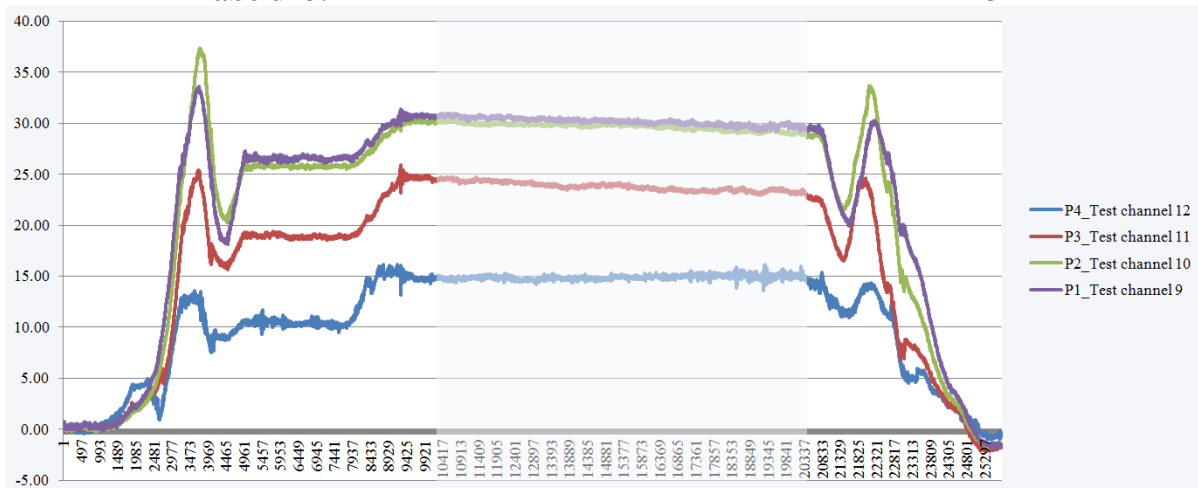
**Tabelul 2.** Deplasări verticale maxime pentru schema de încărcare 1 – LC1 și schema de încărcare 2 – LC2



**Figura 113.** Diagrame de deplasare verticală – schema de încărcare de testare 1 – LC1 și schema de încărcare 2 – LC2

Section-item	$S_{measured}$ $N/mm^2$	$S_{design}$ $N/mm^2$	$E_{fstat}$
P1_Test-channel-9	23.52	23.80	0.99
P2_Test-channel-10	27.30	27.13	1.01
P3_Test-channel-11	28.54	27.22	1.05
P4_Test-channel-12	22.72	23.16	0.98
P6_Test-channel-1	27.72	28.84	0.96
P8_Test-channel-2	35.09	38.28	0.92
P10_Test-channel-3	36.09	38.73	0.93
P12_Test-channel-4	27.68	26.98	1.03
P5_Test-channel-5	-19.92	-19.72	1.01
P7_Test-channel-6	-28.55	-32.70	0.87
P9_Test-channel-7	-33.06	-32.93	1.00
P11_Test-channel-8	-20.06	-20.80	0.96

**Tabelul 3.** Rezultate din schema de încărcare de testare 1 – LC1



**Figura 114.** „measured” valori din schema de încărcare 2 – LC2

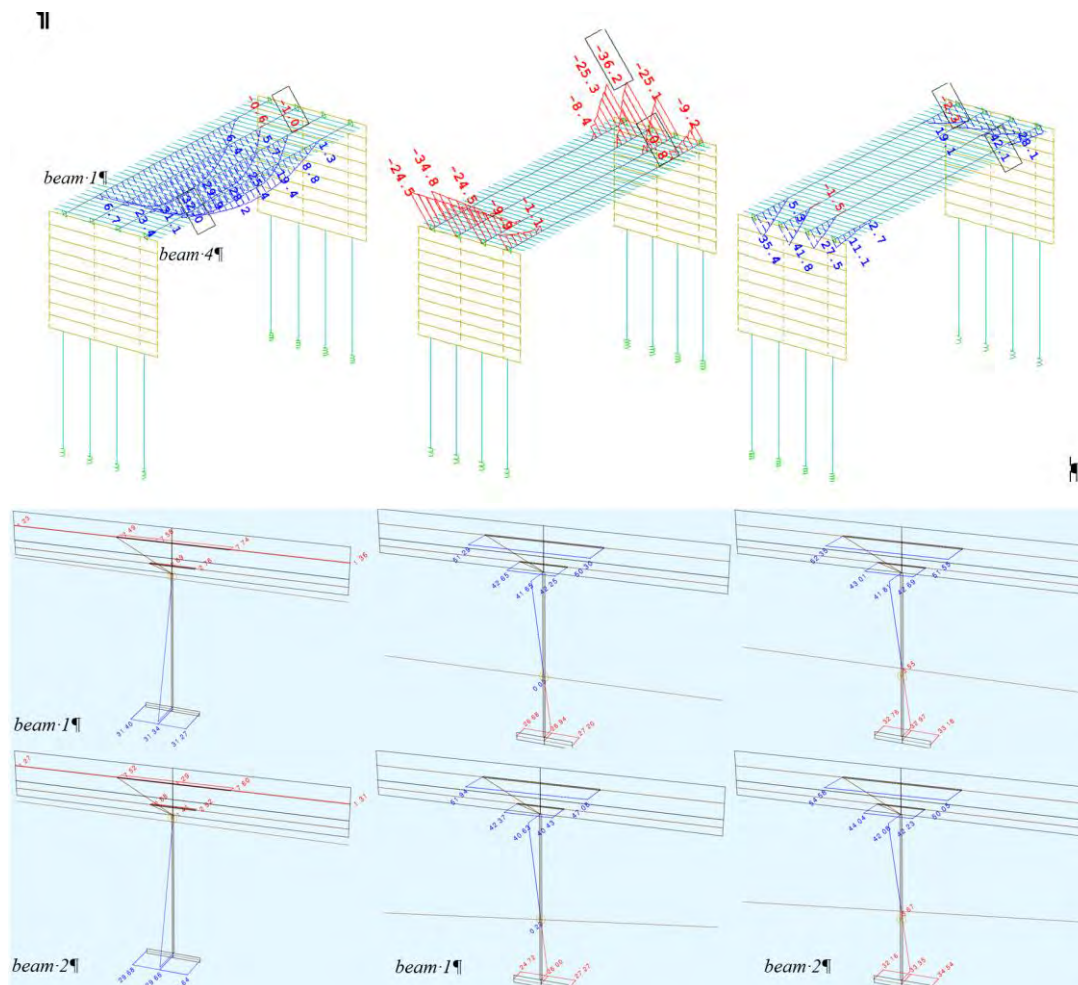


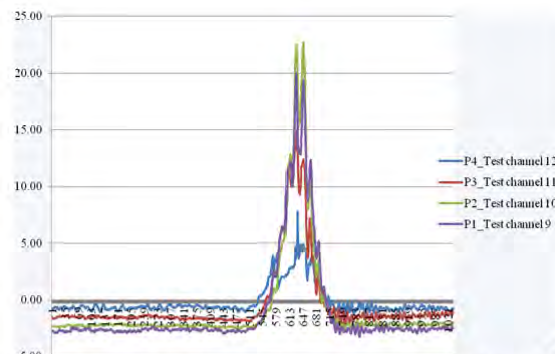
Figura 115. „S<sub>design</sub>” valori din schema de încărcare 2 – LC2

Load-case	Section-item	S <sub>din</sub> N/mm <sup>2</sup>	S <sub>stat</sub> N/mm <sup>2</sup>	Ψ <sub>mas</sub>
LC2	P1_Test-channel-9	19.50	15.04	1.30
	P2_Test-channel-10	23.86	17.33	1.38
	P3_Test-channel-11	14.56	10.77	1.35
	P4_Test-channel-12	4.70	3.44	1.37
LC5	P1_Test-channel-9	20.20	15.04	1.34
	P2_Test-channel-10	23.68	17.33	1.37
	P3_Test-channel-11	14.60	10.90	1.34
	P4_Test-channel-12	4.60	3.44	1.34

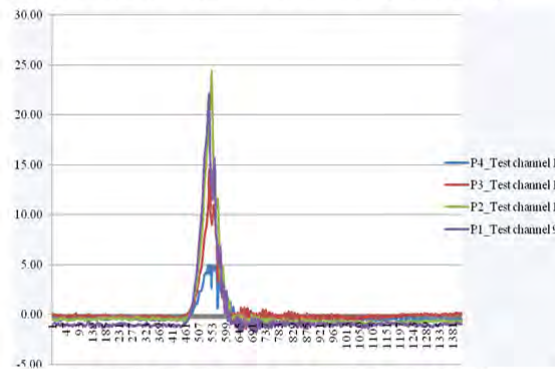
Tabelul 4. Rezultatele testelor de sarcină dinamică schemele 2 și 5 – LC2, LC5

Load-case	Section-item	S <sub>din</sub> N/mm <sup>2</sup>	S <sub>stat</sub> N/mm <sup>2</sup>	Ψ <sub>mas</sub>
LC3	P1_Test-channel-9	21.56	15.76	1.37
	P2_Test-channel-10	24.67	17.94	1.38
	P3_Test-channel-11	14.47	11.00	1.32
	P4_Test-channel-12	4.53	3.50	1.29
LC4	P1_Test-channel-9	21.65	15.76	1.37
	P2_Test-channel-10	24.79	17.94	1.38
	P3_Test-channel-11	14.78	11.00	1.34
	P4_Test-channel-12	4.60	3.50	1.31

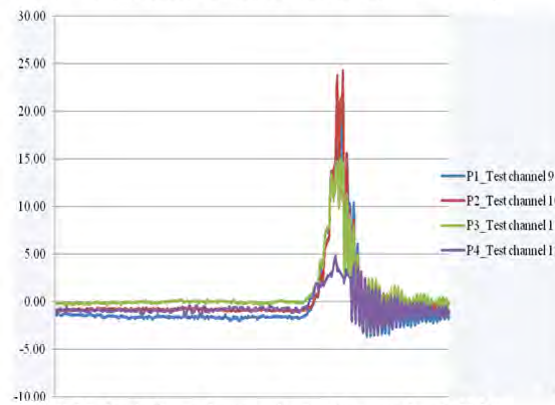
Tabelul 5. Rezultatele testelor de sarcină dinamică schemele 3 și 4 – LC3, LC4



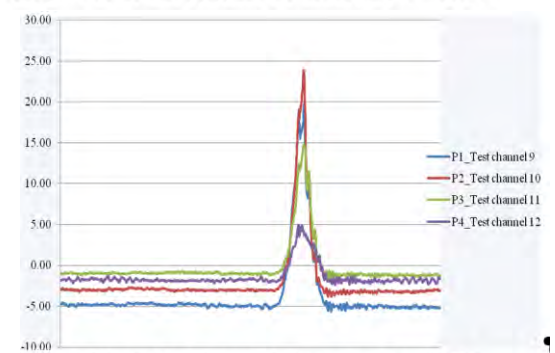
„S<sub>din</sub>” Valori din schema de încărcare 2 – LC2



„S<sub>din</sub>” Valori din schema de încărcare 3 – LC3

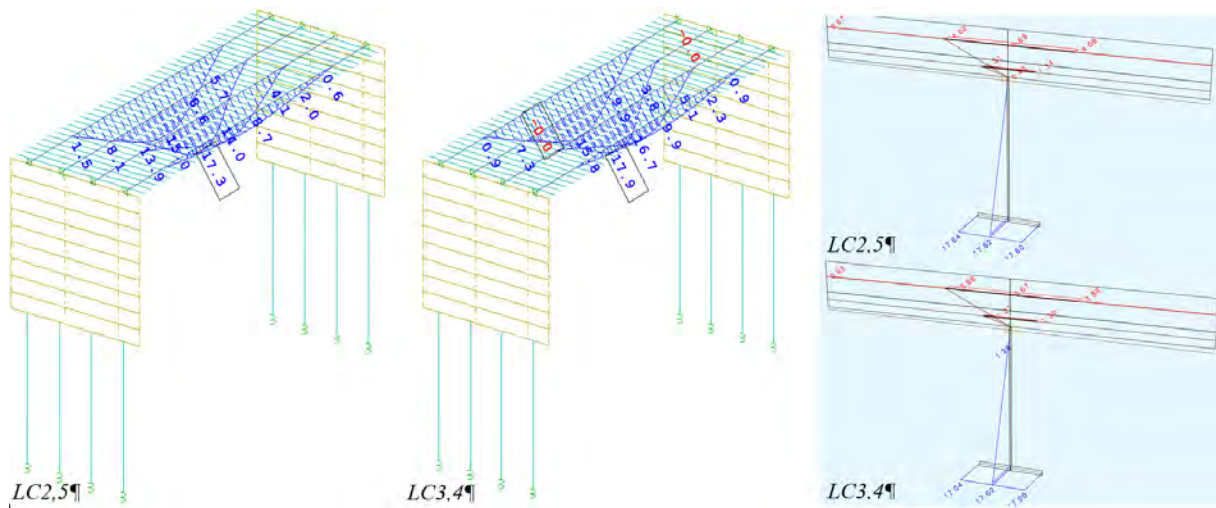


„S<sub>din</sub>” Valori din schema de încărcare 4 – LC4



„S<sub>din</sub>” Valori din schema de încărcare 5 – LC5

**Figura 116.** Rezultatele testelor de sarcină dinamică



**Figura 117.** Valori „Sstat” din schema de încărcare dinamică 3, 4 – LC3,4 ( $v = 50$  km/h) și schema 2 – LC2,5 ( $v = 30$  km/h)

Ca și concluzii ale testelor de sarcină, structura a avut un comportament corespunzător, având în vedere următoarele aspecte:

- podul sau elementele sale nu prezintă deformări importante, care să le depășească pe cele elastice sau să își piardă stabilitatea;
- la o inspecție atentă nu s-au observat fisuri;
- nu au apărut defecte care ar putea afecta funcționalitatea podului;
- deplasările s-au încadrat în limitele recomandate de documentația tehnică;
- tensiunile unitare în zonele cu solicitări maxime sunt apropiate de cele rezultate din calcul.

De asemenea, monitorizarea podului pe perioada de 2 ani a condus la concluzia că structura se comportă foarte bine și este absolut în parametrii proiectați.

Acest sistem a sporit eficiența structurii, folosind un grad ridicat de prefabricare și avantajele unei grinzi în alcătuire compusă oțel – beton, intermediare, încă din faza de construcție a podului eliminând cofrajele pe șantier. De asemenea, permite realizarea de unor structuri zvelte și estetice într-un timp scurt, îmbunătățind posibilitățile de inspecție structurală și facilitând întreținerea.

Soluțiile tradiționale au o talpă superioară din oțel de dimensiuni reduse necesară pentru sudarea conectorilor de conlucrare, în timp ce la versiunile moderne, inovatoare, se renunță la talpa superioară din oțel, iar partea superioară a secțiunii inimii este tăiată la o geometrie specifică, acționând ca ”o bandă de diblu compozit”, împreună cu armătura și betonul.

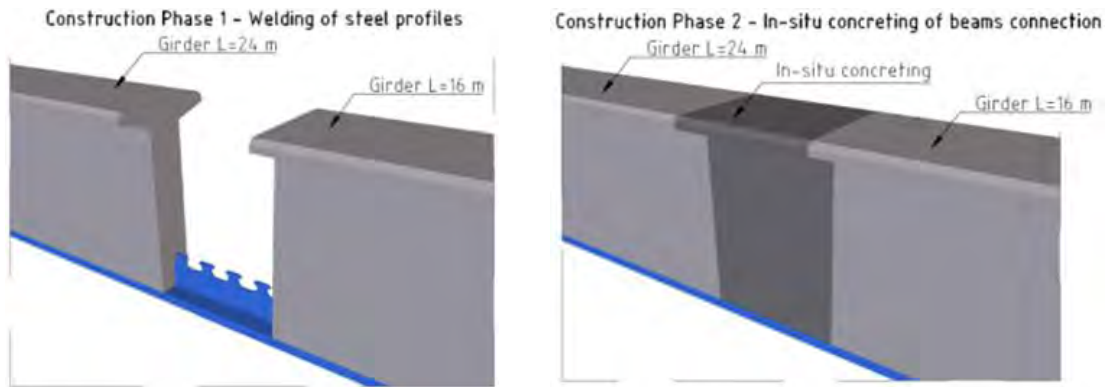
***Prezenta lucrare reprezintă o premieră tehnică la nivel mondial fiind citată în literatura tehnică de specialitate din Germania, Franța și Polonia.***

În cadrul aceluiași Grant RFCS – EcoBridge de cercetare aplicată a fost inițiată o nouă soluție bazată pe conectori compuși oțel – beton și pe schema statică de tip cadru.

Având în vedere noile cerințe ale pieței referitoare la dezvoltarea sistemelor modulare, prefabricate, datorită atât beneficiilor economice, cât și de mediu, s-au conceput soluții bazate pe conectori în alcătuire compusă oțel – beton, pentru a mări gama de aplicare pentru deschideri mai mari, până la 45 m .

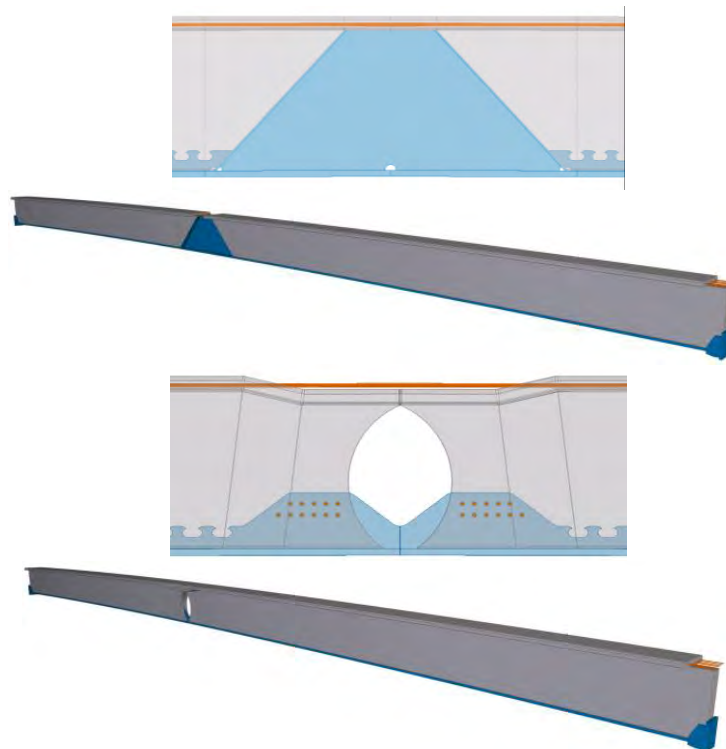
Lungimea totală a grinzilor face imposibil transportul pe drumurile naționale, județene etc. existente, fiind prezente multe sensuri giratorii. Pentru a rezolva această problemă, grinzile pot fi formate din două tronsoane care vor fi îmbinate la fața locului, pe șantier și ridicate în poziția finală.

Prima propunere pentru a îmbina cele două tronsoane pe șantier a fost printr-un rost turnat in situ. Lățimea îmbinării in situ a pieselor de grinzi a fost aleasă la 80 cm pentru a asigura lungimea necesară de suprapunere a barelor de armare.



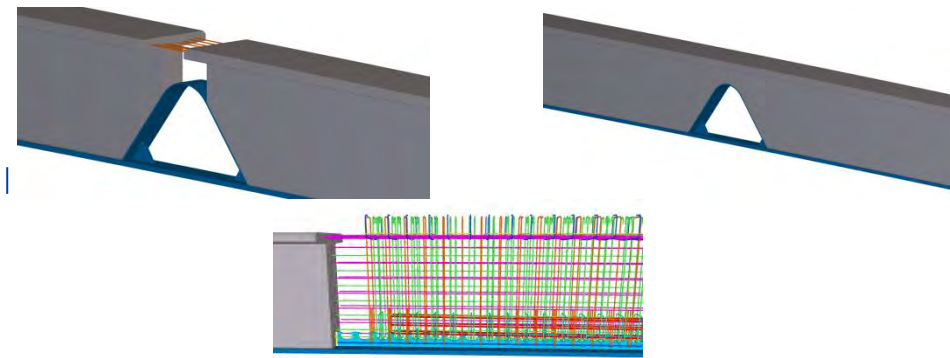
**Figura 118.** Realizarea îmbinării – in situ

Pentru a evita eventuale probleme viitoare la rostul de turnare situat în zona cu tensiuni de întindere a secțiunii transversale, au fost analizate alte două soluții de realizare a îmbinării. Prima, propune o îmbinare din oțel cu două plăci de capăt înclinate și o inimă de oțel, iar cea de-a doua, propune o îmbinare a armăturii rigide de oțel doar în partea inferioară a secțiunii și o fereastră în beton. Ambele soluții propun o legătură turnată in situ a a grinzii prefabricate VFT-WIB.

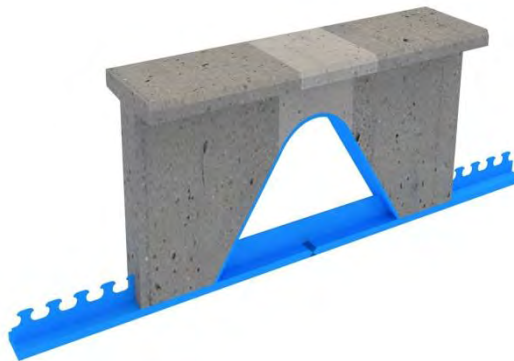


**Figura 119.** Soluții pentru îmbinare grinzilor VFT-WIB

Soluția de continuare finală, aplicată la poduri de autostradă și pasaje rutiere în țara noastră, este practic o combinație a ultimelor două, ce utilizează plăci de capăt din oțel și propune un decupaj cu geometrie nedeformabilă – un triunghi din oțel cu rotunjirea la partea superioară, aproape de axa neutră a secțiunii transversale, pentru a evita vârful de tensiune. Peste această îmbinare din oțel se va realiza o monolitizare simplă din beton, de înaltă performanță, turnat in situ.



**Figura 120.** Soluția adoptată în final  
Pentru adoptarea soluției finale, s-a efectuat și o verificare la oboseală.



**Figura 121.** Îmbinarea finală

În situația dată, s-a realizat o îmbinare sudată a tălpii inferioare executată din oțel S460NL având o grosime de 60 mm; aceasta a fost verificată la oboseală.



**Figura 122.** Îmbinarea sudată

Pentru traficul rutier s-a luat în considerare încărcarea la oboseală produsă de modelul de calcul 1- FLM1, constând din suprapunerea  $0,7 Q_{ik}$  (pentru încărcări concentrate) și  $0,3 q_{ik}$  (pentru sarcina distribuită uniformă). Conform standardului SR EN 1993-1-9; verificarea la oboseală se bazează pe conceptul general al tensiunii echivalente Langer-Miner:

$$\gamma_{Ff} \cdot \Delta\sigma_{E,2} \leq \frac{\Delta\sigma_C}{\gamma_{Mf}}$$

Momentul încovoietor produs de convoiul FLM1 are valoare:

$$M_{Qfat}^{FLM1} = 0,7M_{QTS,k} + 0,3M_{qUDL,k}$$

$$= 0,7 \times 1565 + 0,3 \times 1325$$

$$= 1493 \text{ kNm}$$

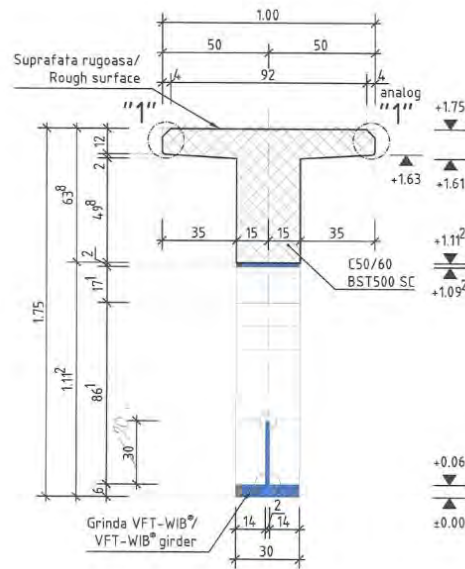


Figura 123. Secțiunea transversală considerate în calculul la oboseală

Ecartul de tensiuni  $\Delta\sigma_{Q,fat}$  produs de FLM1 are valoare:

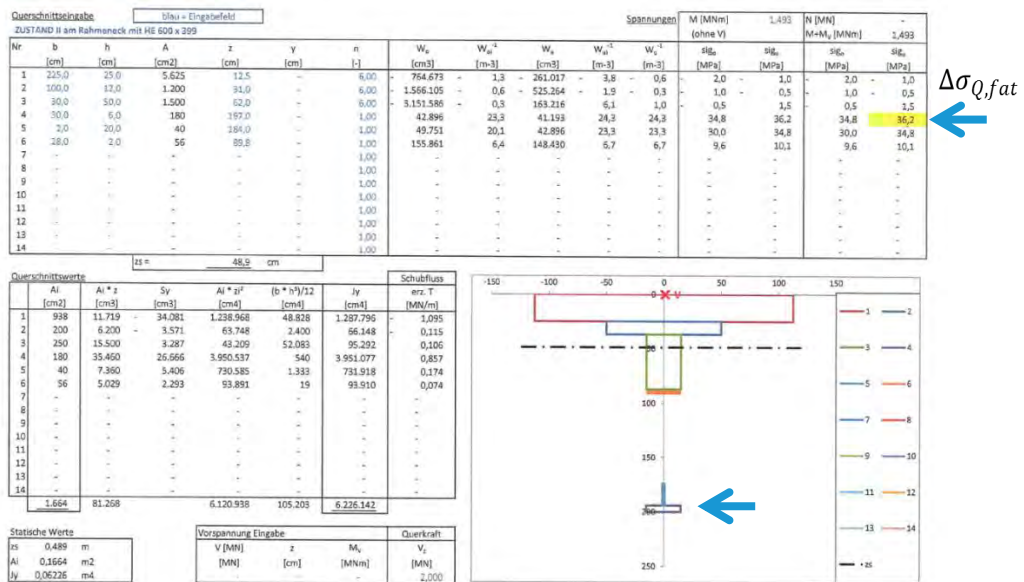


Figura 124. Ecartul de tensiuni  $\Delta\sigma_{Q,fat}$

Verificarea finală are expresia:

$$\Delta\sigma_{E,2} = \lambda \times \Delta\sigma_{Q,fat}$$

$$\lambda = \lambda_1 \times \lambda_2 \times \lambda_3 \times \lambda_4 \leq \lambda_{max} \quad (4)$$

$$\lambda_{max} = 2,5 - 0,5 \times \frac{L - 10}{152,4} = 1,5 \geq 2$$

$$\rightarrow \Delta\sigma_{E,2} = 2 \times 36,2 = 72,4 \text{ N/mm}^2$$

$$\gamma_{Ff} = 1,0$$

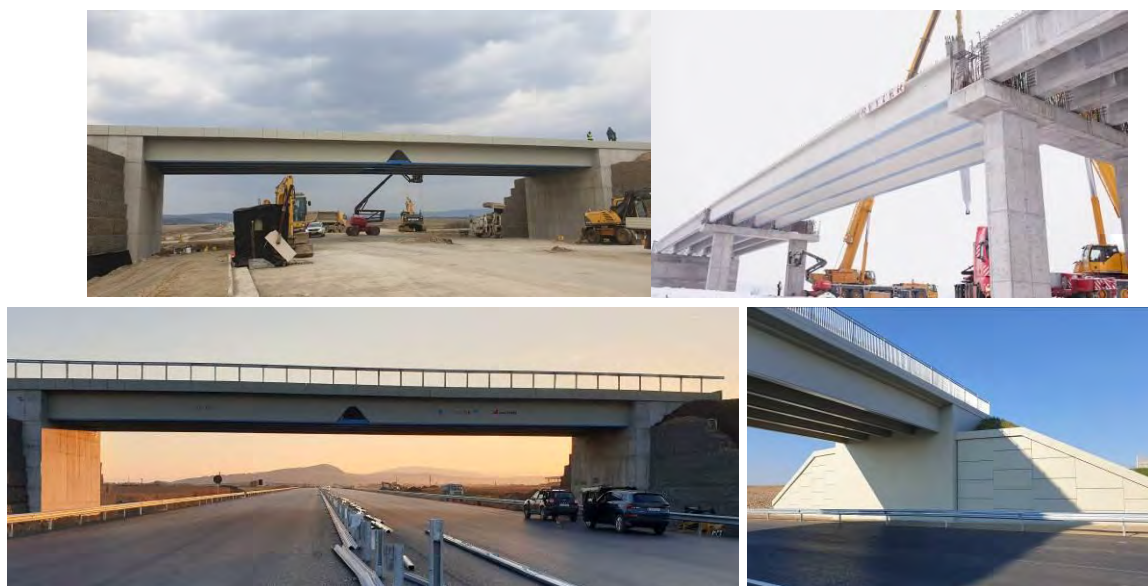
Luând în considerare detaliul constructiv **112 (valoarea de referință a rezistenței la oboseală la  $2 \times 10^6$  cicluri de solicitare și cu coeficientul 1,35 (durată de viață sigură), rezultă în final:**

Metoda de calcul	Consecințele cedării	
	scăzute	ridicate
Degradări acceptabile	<b>1,00</b>	<b>1,15</b>
Durata de viață sigură	<b>1,15</b>	<b>1,35</b>

$$\frac{\Delta\sigma_c}{1,35} = 83 \frac{N}{mm^2}$$

$$72,4 < 83 \frac{N}{mm^2}$$

Soluția a fost adoptată la 14 poduri și pasaje. În continuare se prezintă două exemple în acest sens.



**Figura 125.** Poduri executate în soluție VFT-WIB în România

Utilizarea de prefabricate compuse oțel – beton în România are tradiție apreciabilă. În primul rând aceasta a avut ca scop dezvoltarea de soluții care să acopere gama de deschideri cuprinsă între 42 și 100 m.

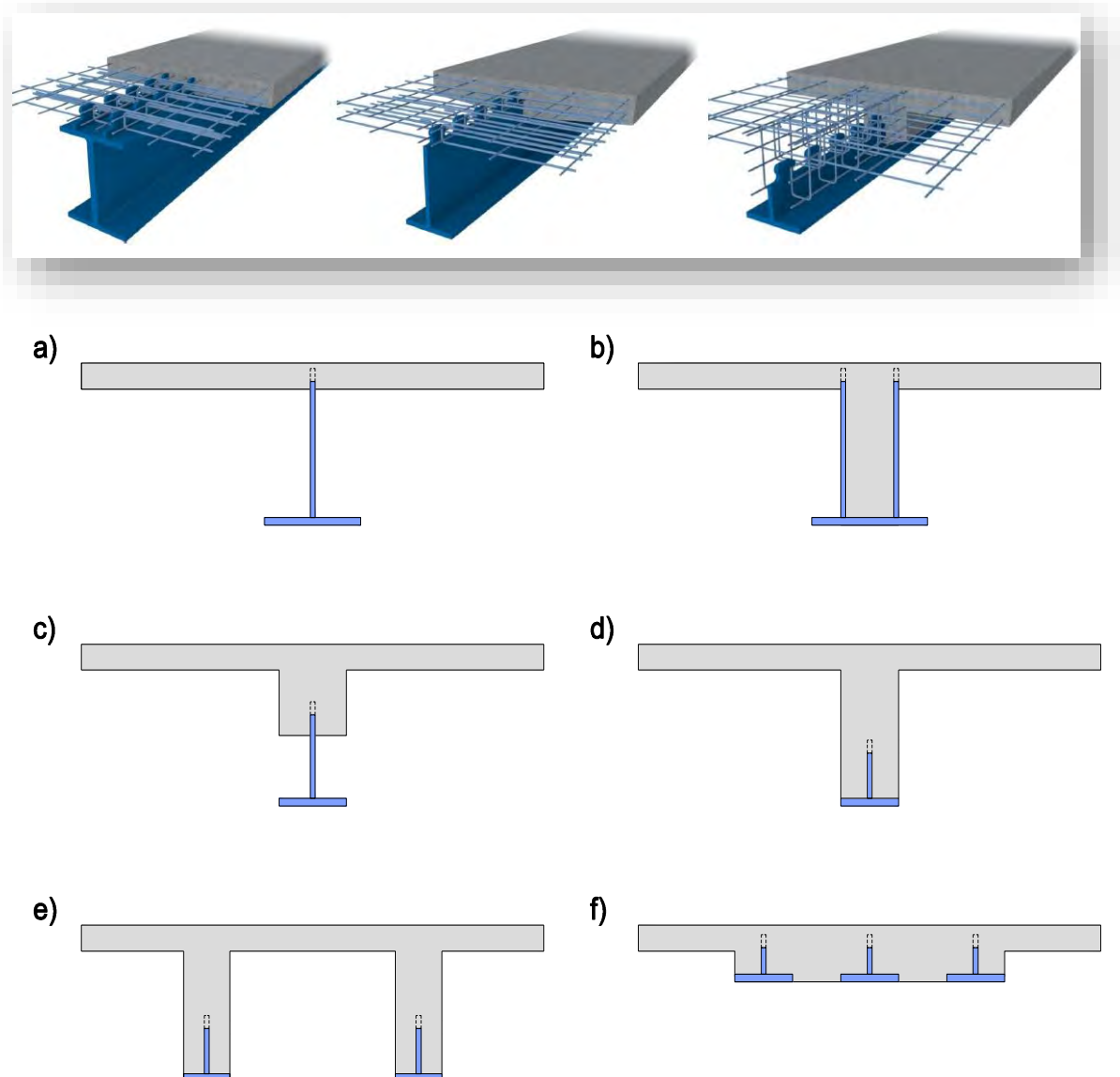
La modul general, alegerea soluției tehnice pentru un pod va ține cont de aspecte precum: durabilitate și robustețe structurală, execuție rapidă și facilă, costuri de construcție și de mentenanță reduse.

Podurile compuse oțel-beton sunt structuri avantajoase, care se folosesc de proprietățile materialelor într-un mod optim. Întinderea este preluată de grinzile din oțel, iar compresiunea de placa din beton. Oțelul este însă un material costisitor atât la achiziție, cât și în perioada de exploatare a structurii, necesitând periodic refacerea protecției **anticorozive**.

Grinzile VFT-WIB se bazează pe metoda VFT, aducând, de asemenea, robustețea podurilor pe grinzi metalice înglobate în beton (lb. germană Walzträger-Im-Beton). Secțiunile tipice din această soluție sunt realizate din profile de oțel laminate la cald,

înjumătățite, înglobate în beton, iar legătura este asigurată în mod similar prin dibluri compozite.

Grinzile compozite VFT și VFT-WIB sunt potrivite și pot fi integrate pentru poduri rezistente la sarcini seismice. Aceste soluții de grinzi compozite au fost aplicate în România la construcțiile de poduri integrale sau semi-integrale, situate în zone seismice.



**Figura 126.** Secțiuni tipice în alcătuire constructivă VFT® și VFT-WIB

Asociat concepției de alcătuire constructivă a pasajelor peste autostradă ca fiind structuri de tip cadru, fără aparate de reazem și rosturi de dilatație, se cumulează ideea de durabilitate în timp privind protecția anticorozivă a părților metalice. În acest sens, s-a dorit, implementat și acceptat din partea Beneficiarului un nou sistem de protecție anticorozivă, prin depunerea de zinc în baie de zincare termică cu grosimea minimă de 200  $\mu\text{m}$ , care să garanteze durata de viață a acestei protecții timp de 100 ani. În acest scop se fac următoarele precizări.

Zincare termică este procesul prin care un strat de zinc este aplicat pe suprafața unui metal - oțel, în principal pentru a preveni coroziunea și pentru a-i conferi durabilitate sporită.

Procesul de zincare implică aplicarea unui strat subțire de zinc pe suprafața unui metal. Zincul este un material reciclabil, ceea ce contribuie la sustenabilitatea pe termen lung.

Există mai multe metode prin care zincul poate fi aplicat pe un metal:

- Zincare termică: materialul este scufundat într-o baie de zinc topit, stratul rezultat fiind uniform și extrem de rezistent.
- Zincare electrochimică: zincul este aplicat printr-un proces electrochimic, unde curentul electric favorizează depunerea ionilor de zinc pe suprafața metalului.
- Zincare prin pulverizare termică: zincul este topit și pulverizat pe suprafața metalului, creând un strat protector.

Zincare prezintă numeroase avantaje, printre care:

- Protecție împotriva coroziunii, chiar și în medii dure.
- Durată de viață extinsă pentru piesele metalice.
- Costuri reduse comparativ cu alte metode de protecție.
- Estetică îmbunătățită datorită aspectului lucios sau mat al stratului de zinc.

În concluzie, zincare este o soluție eficientă și durabilă pentru protecția metalelor împotriva coroziunii.

Acoperirile de zinc sunt utilizate pentru protejarea produselor din fontă și oțel, atât printr-o acțiune de barieră cât și prin acțiune galvanică. Durata de viață a stratului de zinc în diverse condiții atmosferice este aproximativ proporțională cu grosimea stratului depus. Se prezintă în continuare, câteva standarde europene relevante în domeniul abordat.

Clasele de coroziune conform cu SR ISO 9224-2012 "Coroziunea metalelor și aliajelor. Coroziivitatea atmosferică. Valori de referință pentru clasele de coroziivitate"; acest standard clasifică mediul exterior în funcție de coroziivitate fiind important pentru selectarea sistemelor adecvate de protecție împotriva coroziunii.

- C1 (foarte scăzut): se referă la zone interioare cu risc minim de coroziune, de exemplu, clădiri neîncălzite cu umiditate scăzută;
- C2 (scăzut): zone rurale cu o poluare a aerului scăzută sau clădiri neîncălzite cu risc de condens;
- C3 (mediu): zone urbane și industriale cu poluare moderată a aerului sau zone de coastă cu salinitate scăzută.
- C4 (ridicat): zone industriale și zone de coastă cu umiditate ridicată și concentrații mari de poluanți;
- C5-M (foarte ridicat, marin): zone de coastă cu salinitate ridicată;
- C5-I (foarte ridicat, industrial): zone industriale cu umiditate ridicată și concentrații mari de poluanți (de exemplu zone industriale care conțin clor);
- C5-I/C5-M (foarte ridicat): combinații de influențe marine și industriale.
- CX: condiții extrem de corozive, cum ar fi instalațiile offshore, care necesită măsuri speciale.

SR EN ISO 14713-1:2017. "Acoperiri de zinc. Ghid și recomandări pentru protecția împotriva coroziunii fontei și oțelului în construcții. Partea 1: Principii generale de proiectare și rezistență la coroziune" ASRO-Status- în vigoare

SR EN ISO 14713-2:2020 - Zincare termică. Acoperiri de zinc. Ghid și recomandări pentru protecția împotriva coroziunii fontei și oțelului în construcții. Partea 2: Zincare termică ;

Notă: Standardul SR EN ISO 14713 oferă informații legate de principiile generale de proiectare pentru produsele care urmează să fie zincate termic și rezistența la coroziune a acoperirilor zincate termic pe elemente de fontă sau oțel expuse diverselor medii. Standardul conține 3 părți: Partea 1 – Principii generale de proiectare și rezistență la coroziune; Partea 2 – Zincare termică; Partea 3 – Zincare prin difuzie.

Zincarea termică este efectuată prin scufundarea produsului în zinc topit, la o temperatură de 445-460°C. Elementele sunt scufundate și ținute în baia de zinc până când oțelul ajunge la temperatura zincului.



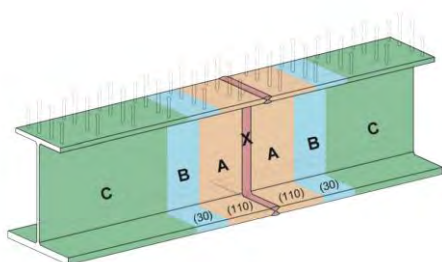
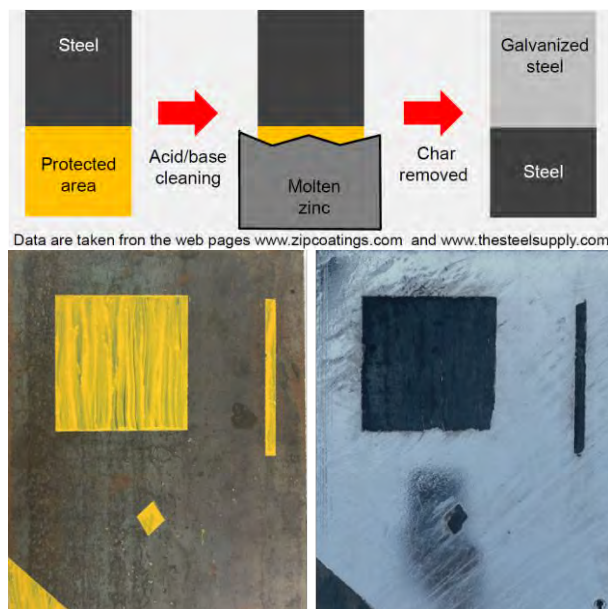
**Figura 127.** Armătură rigidă din oțel zincată termic

Podurile sunt supuse -în general unor solicitări de coroziune ridicate (clasele C3 până la C5). O perioadă de protecție de 100 de ani necesită o grosime a stratului de acoperire  $> 200 \mu\text{m}$  (micrometrul, este o unitate de măsură pentru lungime. Este un submultiplu al metrului și este egal cu o milionime de metru  $1 \times 10^{-6} \text{ m}$ ; este cunoscut și sub denumirea de micron), poate fi realizată cu ușurință la ora actuală.

Pentru evitarea suprapunerii tensiunilor reziduale cu tensiunile suplimentare atunci când componentele se încălzesc în baia de zinc, se vor respecta prevederile ghidului DAST 022 -iunie-2016 ("Zincarea la cald a elementelor portante la construcții metalice")

Dimensiunile limitate ale băilor de galvanizare (lungime aprox. 12-14 m, lățime și adâncime aprox. 2,0-3,0 m), conduc inevitabil la necesitatea unor îmbinări între tronsoanele podului. La ora actuală îmbinările de montaj -pe șantier - se realizează în marea lor majoritate prin sudură.

De asemenea sunt importante, atunci când vorbim de grinzi de poduri și capacitățile de manipulare.



bauforumstahl  
Deutscher Stahlbau - Gut beraten.

**Figura 128.** Protecția zonelor de continuizare prin sudură (probe test ANAZ) și apoi protecția anticorozivă ca sistem cu durabilitate unică

În această situație stratul de zinc din zona de îmbinare se distruge; acesta se poate reface prin stropire termică (Thermal Spraying – vezi DIN-EN-ISO 2063-1) ulterioară. O altă soluție constă în adoptarea unei îmbinări cu șuruburi de înaltă rezistență.

Pentru o mentenanță mai facilă la poduri, la ora actuală se recomandă și zincarea rosturilor de dilatație; se poate astfel asigura o durată de viață de 50 de ani, a acestor dispozitive esențiale în asigurarea confortului și bunei funcționări a structurii.

Un aspect important se referă la rezistența la oboseală a elementelor zincate utilizate la poduri.

Au fost investigate detaliile constructive uzuale utilizate la poduri. Se subliniază faptul că, detaliul constructiv FAT 140 este cel mai favorabil la rezistența la oboseală. Pentru detalii constructive cu valori ridicate, zincarea termică conduce la o ușoară reducere a rezistenței; la detalii constructive cu valori mai mici (de ex. FAT 80), rezistența nu se reduce, aici dominând influența geometriei și a tehnologiei de sudură, influența stratului de zinc fiind neglijabilă.

În continuare se prezintă situația actuală și perspectivele introducerii protecției prin zincare la noi în țară. În Germania o asemenea structură s-a construit cu succes în 2016, fiind vorba de podul peste râul Elster, în apropiere de Osendorf.



**Figura 129.** Podul Elster la Osendorf – armătură rigidă înglobată în beton

La noi în țară această soluție eficientă și sustenabilă este în curs de implementare.

Un prim pas este constituit de pasajele rutiere peste autostradă ce utilizează grinzi din oțel în formă de T cu conectori compuși la partea inferioară a prefabricatelor din beton patentate ca VFT-WIB®. Această soluție este în curs de implementare pentru a crește durabilitatea structurilor de poduri de tip pasaj peste autostradă și a elimina astfel închiderile de trafic generatoare de ambuteiaje pentru refacerea protecției anticorozive la partea metalică. Prin depunerea de zinc în baie de zincare termică cu grosimea de 200 μm se garantează o durată de viață a acestei protecții timp de 100 ani. Tronsoanele de armătură rigidă de ca. 12 m lungime au o greutate de ca. 2,8 tone ceea ce face posibilă manipularea lor. În România, majoritatea zincatorilor beneficiază de băi de zincare termică de 12,5 m lungime, respectiv de posibilități de manipulare (introducere și scoatere din baie) de 4 tone. În aceste condiții soluția propusă devine fezabilă.



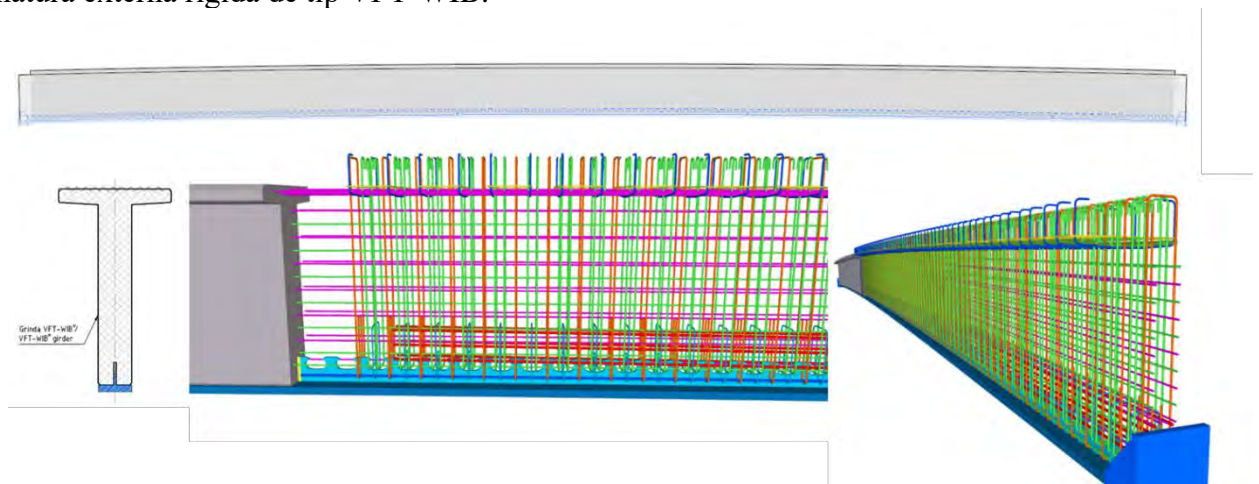
**Figura 130.** Armătură rigidă imersată în baia de zincare termică

La ora actuală au fost aprobate la nivel de CNAIR, 4 (patru) pasaje peste centura București în regim de autostradă A0 Nord Lot 1: km 2+500 – km 20+000. Aceste pasaje rutiere sunt cuprinse în tabelul alăturat.

Nr. Structură	Denumire lucrare	Obstacol	Poziție km	Descriere structură		Lungime suprastructură [m]
				Nr. deschideri/ Lungimi deschideri [m]	Tip suprastructură	
04	Pasaj pe DC 143C	Autostrada de Centură	4+552	1 deschidere: 1 x 41	Grinzi prefabricate cu armătură externă rigidă	42,50m
05	Pasaj pe drum de exploatare	Autostrada de Centură	7+864	1 deschidere: 1 x 41	Grinzi prefabricate cu armătură externă rigidă	42,55m
09	Pasaj pe drum de exploatare	Autostrada de Centură	18+303	1 deschidere: 1 x 41	Grinzi prefabricate cu armătură externă rigidă	42,50m
10	Pasaj pe drum de exploatare	Autostrada de Centură	19+595	1 deschidere: 1 x 41	Grinzi prefabricate cu armătură externă rigidă	42,50m

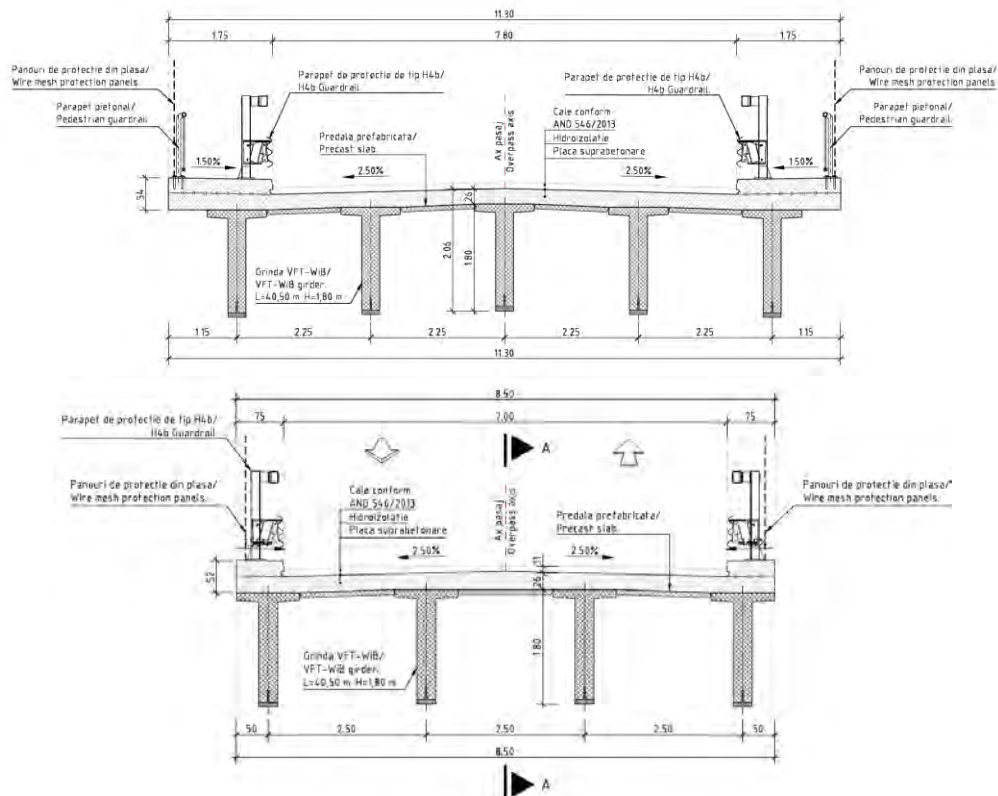
**Tabelul 6.** Pasaje cu structură metalică zincată termic

În principiu, vorbim de pasaje cu o deschidere de 41 m, lungime totală 42,5 m, fie ortogonale sau oblice, ce aliniază în secțiunea transversală 5 (cinci) sau 4 (patru) grinzi din beton armat cu armătură externă rigidă de tip VFT-WIB.



**Figura 131.** Alcătuirea constructivă a grinzilor VFT-WIB ale pasajelor peste autostradă A0





**Figura 134.** Secțiuni transversale ale pasajelor cu 5 sau 4 grinzi tip VFT-WIB

La ora actuală există o dinamică remarcabilă pentru a defini și găsi cerințele și metodele de evaluare privitoare la **redundanța structurală** și **reziliența podurilor** rutiere și de cale ferată.

O definiție a conceptului de Reziliență: *”Reziliența (R) este capacitatea unei infrastructuri, expusă la pericole, de a rezista, de a absorbi, de a se adapta și de a recupera efectele unui pericol în timp util și eficient, inclusiv păstrarea și restaurarea structurilor și funcțiilor sale de bază esențiale”* (O.N.U., Geneva 2009). Reziliența  $R=1$  înseamnă că toată rețeaua este funcțională.

O altă definiție se găsește în **buletinul FIB 86**, „Concepte de siguranță și performanță, evaluarea fiabilității structurilor din beton, ghid de bune practici”. În acest document se indică următoarele în capitolul 1.9 Reziliența: *”Reziliența structurilor în termeni de timp, este legată de capacitatea structurală de a reduce probabilitatea defecțiunii, de a minimiza consecințele defecțiunilor și de a optimiza timpul de recuperare a funcționalității sistemului structural”*.

La aceste concepte și definiții concură și termenul de **”Durabilitate”**, ce reprezintă capacitatea unui material sau a unei structuri de a rezista acțiunilor externe existente într-o anumită perioadă.

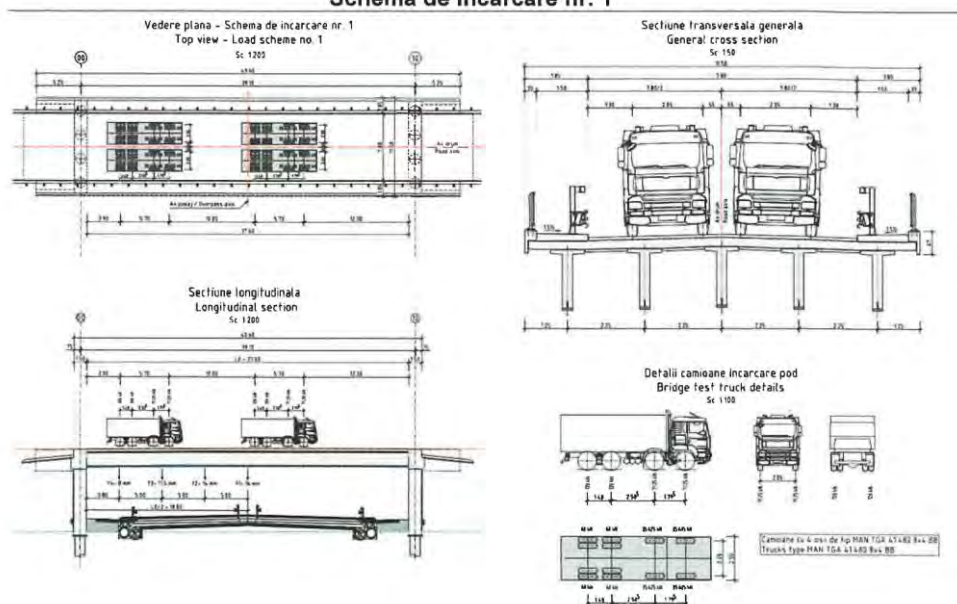


**Figura 135.** Exemple de bune practici din România

Aceste pasaje de tip VFT-WIB cadru, au fost supuse de asemenea la încercări statice și dinamice cu convoaie de probă, punându-se astfel în valoarea viabilitatea lor precum și certificându-se conformitatea alcătuirii constructive și a calculului efectuat.

Încercările in situ au conținut trei scheme de încărcare statică și apoi teste dinamice.

**SCHEMA AMPLASĂRII AUTOVEHICULELOR LA ÎNCERCARE**  
**Schema de încărcare nr. 1**



**Figura 136**

Secțiune longitudinală Grindă centrală G3

Pct. mas.	MASURARI - SAGEATA LONGITUDINAL									
	INITIALE			INCARCARE			DESCARCARE			
	T 0	T 1	T 2	T 3	T 4	T 5	T 6	T 7	T 8	T 9
	[div]	[div]	[div]	[div]	[div]	[div]	[div]	[div]	[div]	[div]
C1S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	14	15	15	1	0	0	0
2	0	0	0	33	34	34	-1	-2	-3	-3
G3	0	0	0	47	47	47	-1	-2	-3	-3
3	0	0	0	35	35	35	-2	-3	-4	-4
4	0	0	0	18	19	19	0	0	0	0
C5S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Pct. mas.	MASURARI - SAGEATA LONGITUDINAL	
	[mm]	[div]
C1S	0	0
1	1,5	15
2	3,4	34
G3	4,7	47
4	3,5	35
5	1,9	19
C2S	0	0

Figura 137. Măsurători încercare probă in situ

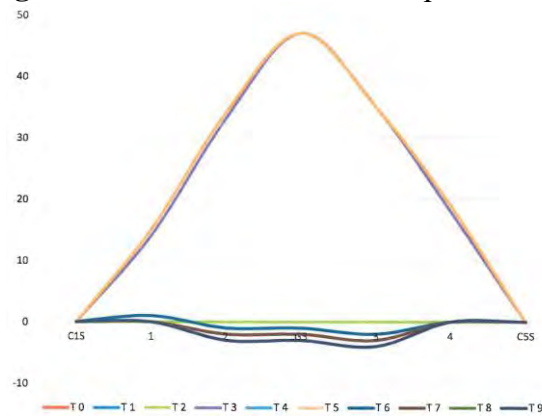
Diagrama evoluției săgeților sub sarcină.  
Secțiune longitudinală grinda centrală G3

Figura 138

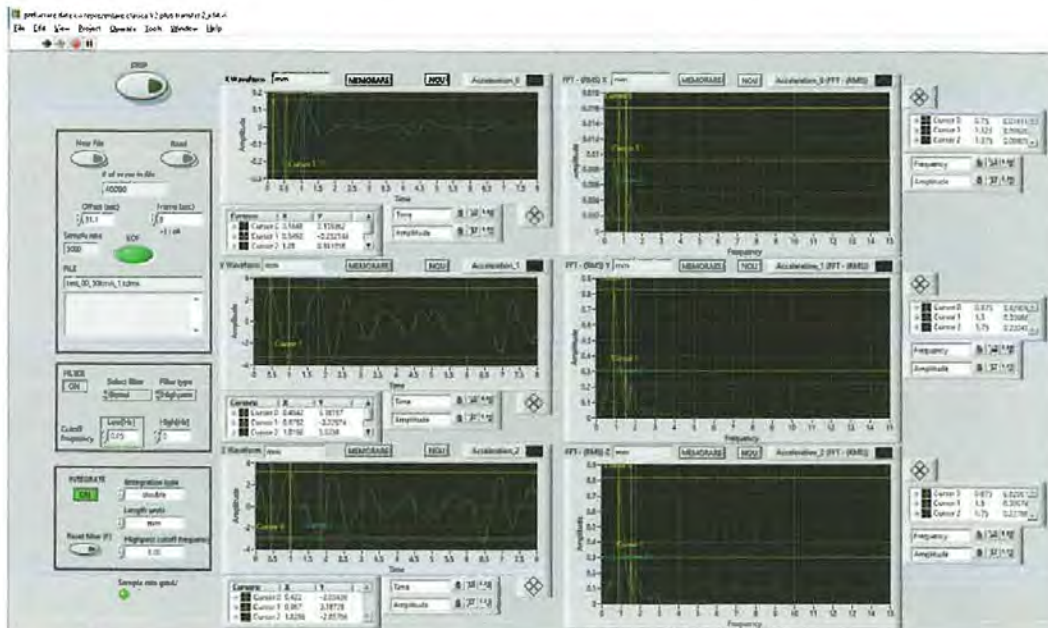
Încercarea dinamică. Deplasările dinamice ale structurii la trecerea peste pragul de test. Prag înalt de  $h = 4$  cm. Atac cu tracțiunea cuplată. Viteza de atac a pragului  $v = 50$  km/h.

Figura 139

## Încercarea prin acțiuni de probă dinamice - PASAJ RUTIER peste autostrada Sebeș - Turda

Nr. Crt.	Caracteristici determinate	Simbol	U.M.	Valoare
1	Înălțime prag de probă	h	mm	40
2	Deformația maximă măsurată la trecerea convoiului dinamic cu viteza de 20 Km/h	$f_{din, 20}$	mm	0,31
3	Deformația maximă măsurată la trecerea convoiului dinamic cu viteza de 30 Km/h	$f_{din, 30}$	mm	0,56
4	Deformația maximă măsurată la trecerea convoiului dinamic cu viteza de 50 Km/h	$f_{din, 50}$	mm	0,82

Nr. perioade $n$	Amplit. depl. $y$ [mm]	Frecvența proprie $f$ [Hz]	Pulsția proprie $\omega$ [rad/s]	Perioada proprie $T$ [s]	Decrementul logaritmic al amortizării $\nu = \frac{1}{n} \ln \frac{y_i}{y_{i+n}}$
1	3.028075	0.752841978	4.730245658	1.3283	-
2	2.782	0.752841978	4.730245658	1.3283	-
3	1.39669	0.752841978	4.730245658	1.3283	0.386910976
4	1.21457	0.752841978	4.730245658	1.3283	0.304512333

Notă:  $v=50\text{km/h}$

Figura 140

Trebuie menționat faptul că aceste pasaje descrise anterior sunt soluții alternative la cele cuprinse în Studiul de fezabilitate, care propunea structuri pe patru deschideri. La pasajele superioare peste autostradă deschiderile marginale de 15 m nu au nici un rol, fiind închise de taluz, traficul poate fi asigurat doar prin cele două deschideri centrale. Mai mult decât atât, amplasarea pilei intermediare în zona mediană a autostrăzii nu este recomandată, pila nefiind protejată; eventuale intervenții, de ex. reparații la elevație sau fundație sau înlocuirea aparatelor de reazem, se pot realiza doar prin închidere parțială de trafic. De asemenea, amplasarea pilei intermediare în zona mediană a autostrăzii este un obstacol și creează astfel un risc major de accidente.

Este clar faptul că prin adoptarea unor structuri de tip cadru cu o deschidere și eliminarea pilei din zona mediană a autostrăzii sunt propuse soluții tehnice mult îmbunătățite, iar deschiderea pasajelor permite încadrarea în viitor a platformei autostrăzii cu 3 benzi pe sens. De asemenea, eliminarea consumabilelor (aparate de reazem, echipamente de acoperire a rosturilor de dilatație) constituie un cert avantaj pentru reducerea costurilor viitoare de mentenanță. Totodată, vorbim despre o soluție tehnică cu arhitectură și estetică mult îmbunătățită, atât la nivelul structurii de rezistență cât și la nivelul racordării cu terasamentul.

Soluțiile propuse de poduri moderne pe grinzi compuse oțel-beton cu un grad ridicat de prefabricare reclamă:

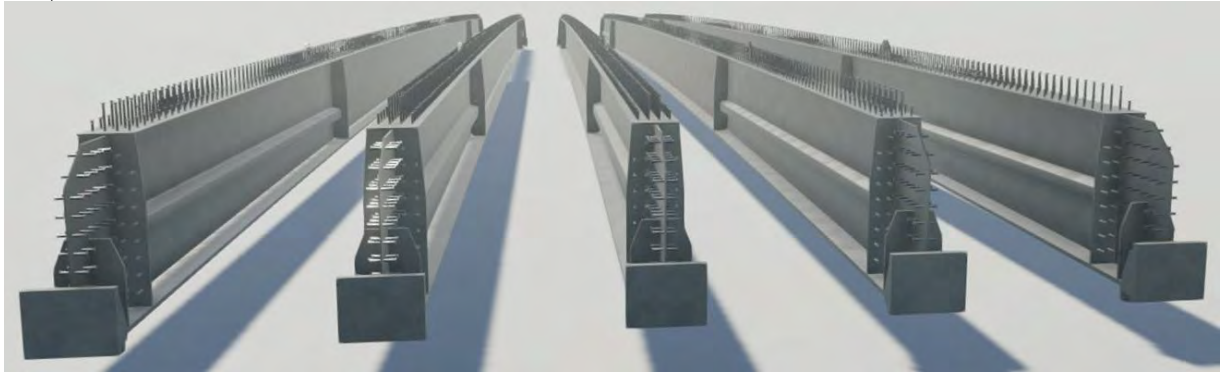
- Modularitate;
- Execuție rapidă și facilă;
- Durabilitate mare și mentenanță facilă.

Avantajele aduse d.p.d.v. tehnic:

- elemente constructive produse în spații închise - mediu controlat, ușor a fi transportate, manipulate, depozitate și dispuse în poziție definitivă în condiții de siguranță mai mari;
- eliminarea infiltrațiilor de apă generatoare de viitoare defecte structurale grave;

- asigurarea unui comportament mai bun la cutremure și vibrații, fără a fi necesară înlocuirea aparatelor de reazem compromise și eliminarea unor costuri suplimentare pentru daune;
- protejarea prin zincare termică a elementelor din oțel vine să întregască durabilitatea structurală.

Deoarece aceste soluții sunt gândite a acoperi deschideri de până la 46 m și a faptului că în țara noastră există posibilitatea de a zinca termic în baie de 14 m lungime, cu posibilități de ridicare și manipulare a tronsoanelor de până la 10 tone, a fost cercetată, analizată și deja definită, o nouă soluție pentru pasajele peste autostradă în soluție compusă oțel-beton, având deschideri de până la 55 m. Tronsoanele ce trebuie zincate au 9 tone, deci respectă condițiile de producție.

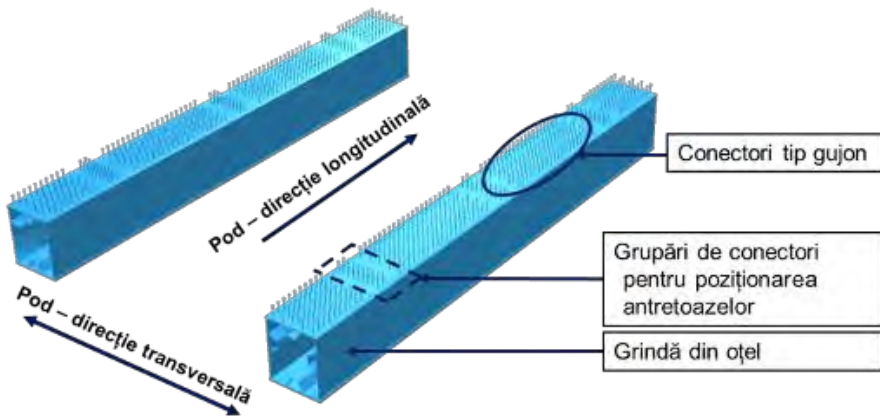


**Figura 141.** Grinzi pentru pasaje zincate termic de tip VFT

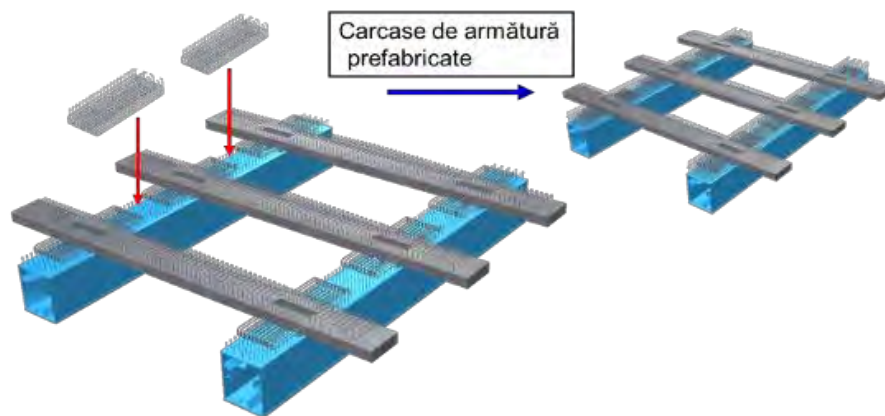
Revenind la ideea de modularitate și practic la sistemul VTR se poate afirma că acesta se folosește de metoda realizării unei rețele de grinzi, în alcătuire compusă oțel-beton, încă din faza de construcție, formată în direcție longitudinală din grinzi principale casetate din oțel și în direcție transversală din grinzi secundare - antretoaze. Diferența față de modul obișnuit de a realiza sistemul de grinzi este folosirea de antretoaze prefabricate din beton armat în locul antretoazelor din oțel. Acest fapt ușurează semnificativ procesul de construcție, nemaifiind nevoie ca antretoazele să fie sudate pe șantier și reduce costurile totale ale construcției. Avantajul unei astfel de rețele este realizarea unei legături între grinzile principale și asigurarea stabilității în direcție transversală încă din faza de construcție.

Suprastructurile VTR sunt compuse din module prefabricate conectate cu beton monolit. Fazele de execuție sunt următoarele:

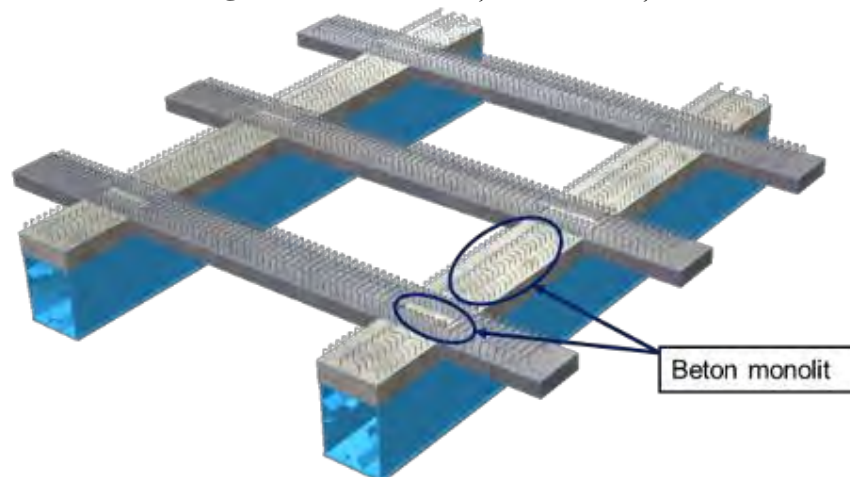
1. Grinzile din oțel sunt realizate în uzină și apoi transportate pe șantier. Sunt prevăzute pe talpa superioară cu conectori tip gujon. Două astfel de grinzi dispuse pe direcția longitudinală reprezintă grinzile principale ale unui tablier.
2. Antretoaze prefabricate din beton armat sunt așezate pe grinzile principale. Acestea au goluri la intersecția cu grinzile din oțel pentru pătrunderea conectorilor – așa numitele sertare de monolitizare.
3. Carcase de armătură prefabricate sunt dispuse între antretoaze, pe talpa superioară a grinzilor din oțel.
4. Se betonează deasupra grinzilor din oțel până la nivelul antretoazelor prefabricate, creându-se astfel rețeaua de grinzi compusă oțel-beton .
5. Plăci prefabricate din beton armat sunt dispuse pe rețeaua de grinzi. Acestea pot avea înălțimea finală a plăcii de suprabetonare sau doar jumătate .
6. Se introduc armături de legătură în spațiile dintre plăci și deasupra acestora (după caz). Rosturile generoase permit suprapunerea și ancorarea armăturilor.
7. Se betonează spațiile dintre plăci și deasupra acestora (după caz), cofraje fiind necesare doar pe părțile laterale.
8. În ultima fază are loc echiparea podului.



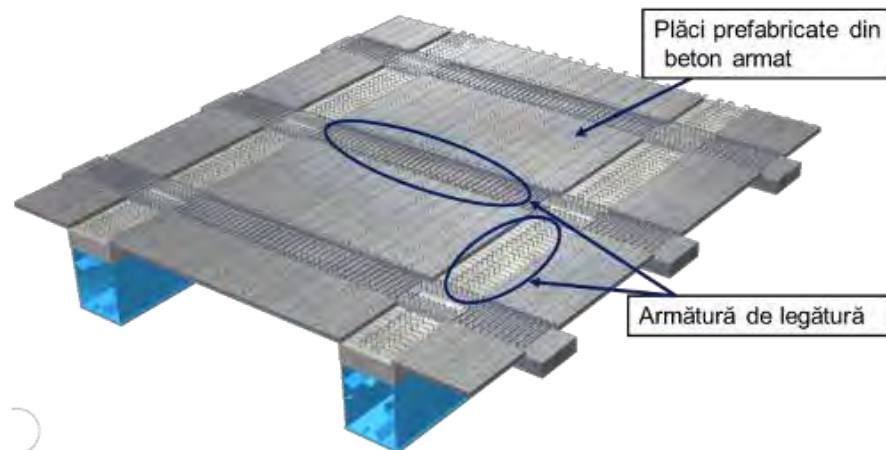
**Figura 142.** Faza 1 de execuție



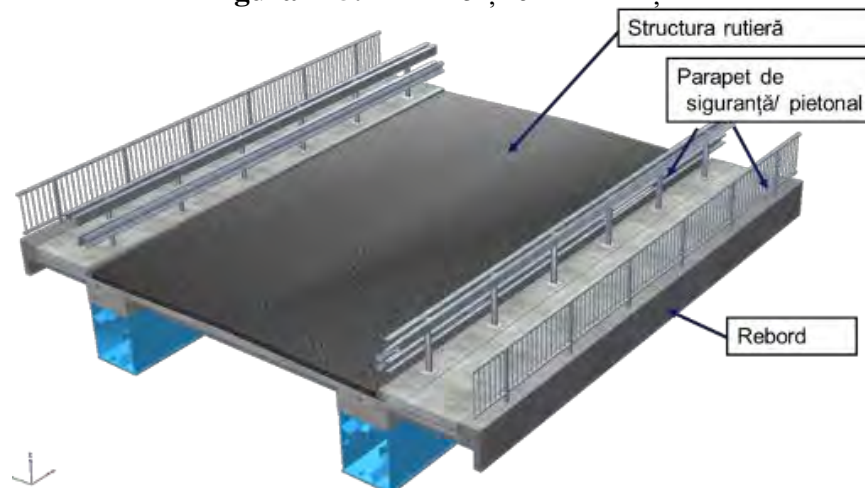
**Figura 143.** Fazele 2 și 3 de execuție



**Figura 144.** Faza 4 de execuție



**Figura 145.** Fazele 5 și 6 de execuție



**Figura 146.** Faza 8 de execuție

*Până la acest moment, în România au fost date în folosință 12 (doisprezece) poduri, pasaje și viaducte de autostradă în soluție VTR, alte 3 (trei) un pasaj peste DN și două viaducte de autostradă sunt în fază de execuție, iar pe cale ferată 3 (trei) poduri CF în soluție VTR Rail sunt în trafic.*

În cele ce urmează este prezentat un colaj al acestor soluții VTR sau SSF Rapid®, care demonstrează utilitatea și mai presus versatilitatea, prin asigurarea unor timpi de execuție scurți, ce garantează termenele de predare asumate prin contract, simplitatea de execuție, rezolvarea unor traversări atât în curbă cât și în oblicitate pronunțată, precum și estetica soluției.

De altfel, construcția modulară a structurilor de poduri este acum o tehnică recunoscută în multe țări și este utilizată frecvent. Mai ales în alte țări europene și SUA, un număr mare de poduri noi sunt deja executate în construcția bazată pe segmente.

Găsirea unei soluții potrivite pentru podurile cu lungimi mari este o provocare din punct de vedere al consumului de resurse și timp. Soluțiile alese trebuie să asigure în primul rând integritatea structurală, dar timpii reduși de construcție și economia de materiale fac diferența între o soluție eficientă și una neeficientă.

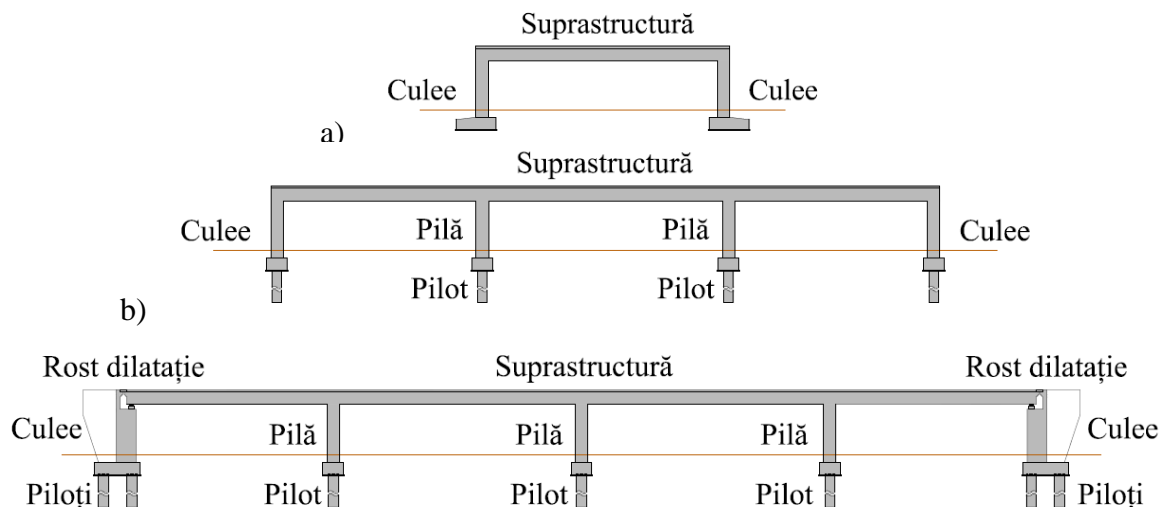
Alegerea soluției tehnice pentru un pod va ține cont de aspecte precum: durabilitate și robustețe structurală, execuție rapidă și ușoară, costuri de construcție și de mentenanță reduse.

Se menționează faptul că, la ora actuală conceptul de proiectare a structurilor metalice sudate, trebuie să garanteze siguranța structurală, robustețea, redun-danța acestora, precum și durabilitatea acestora prin alegerea unor detalii cu risc scăzut la coroziune și oboseala

materialului. În domeniul podurilor rezultă structuri fie integrale, semi-integrale de tip cadru sau grinzi continue.

Podurile integrale au deja tradiție în Statele Unite ale Americii (SUA), în prezent existând mai mult de 13.000 astfel de structuri. În ultimii ani această soluție este aplicată tot mai frecvent în Europa, Regatul Unit existând recomandări ca podurile cu lungimi până la 60 m să fie integrale. Țări precum Germania, Elveția și Austria au deja norme cu recomandări specifice. Și în România s-au construit poduri integrale. Un exemplu ar fi lotul 1 al sectorului de autostradă Orăștie-Sibiu, care are 25 de structuri integrale și 1 structură semi-integrală. De asemenea, pe lotul 2 al sectorului de autostradă Sebeș-Turda s-au construit 18 poduri integrale și 3 semi-integrale.

Interesul pentru aceste structuri a crescut în ultimii ani datorită costurilor reduse ale beneficiarului la mentenanță și a simplificării întregului proces de întreținere. Traficul tot mai intens face ca elementele consumabile folosite la poduri, precum aparatele de reazem și echipamentele pentru rosturile de dilatație, să se deteriorează repede. Podurile integrale elimină această problemă prin crearea unei legături monolite între suprastructură și infrastructură, nemaifiind utilizate nici aparate de reazem, nici echipamente pentru rosturi de dilatație. Practic aceste structuri sunt niște cadre cu una sau mai multe deschideri.



**Figura 147.** Pod integral: a) o deschidere, b) mai multe deschideri și Pod semi-integral

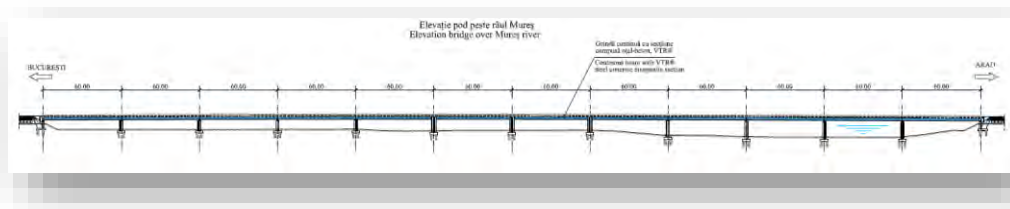
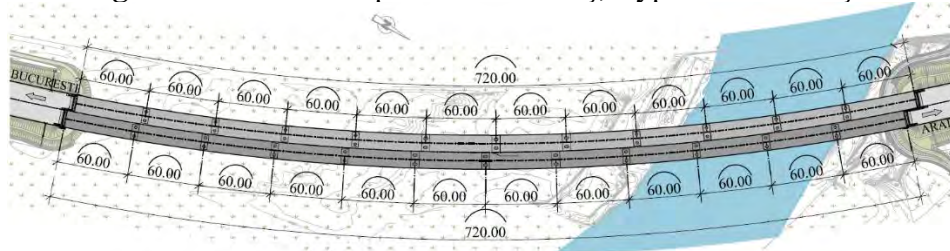
Podurile integrale în întregime sunt folosite în special pentru lungimi mici și medii. În cazul podurilor lungi, unde apar dilatații semnificative pot fi folosite structuri semi-integrale. Definiția podurilor semi-integrale diferă în funcție de țară; în SUA și în unele țări europene podurile semi-integrale au în dreptul culeelor fie aparate de reazem, fie rosturi de dilatație. Conform standardelor germane, un pod este considerat semi-integral, atunci când nu este integral și are cel puțin două pile legate monolit de suprastructură, în timp ce culeele și restul pilelor au aparate de reazem. România nu are încă o terminologie stabilită în acest sens, iar structurile prezentate în cele ce urmează folosesc termenul de pod semi-integral conform legislației germane.

Deși nu sunt eliminate în totalitate aparatele de reazem și rosturile de dilatație, numărul acestora este redus, structurile semi-integrale prezintă - de asemenea - numeroase avantaje.

Începutul aplicării și dezvoltării soluției VTR<sup>®</sup> sau SSF Rapid<sup>®</sup> a avut loc în anul 2009/2010 prin reproiectarea ca soluție alternativă a viaductului de autostradă de pe bypass-ul Devei, o structură semi-integrală în curbă cu o rază de 1800 m. Lungimea podului este 720,00 m având 12 deschideri de câte 60,00 m.

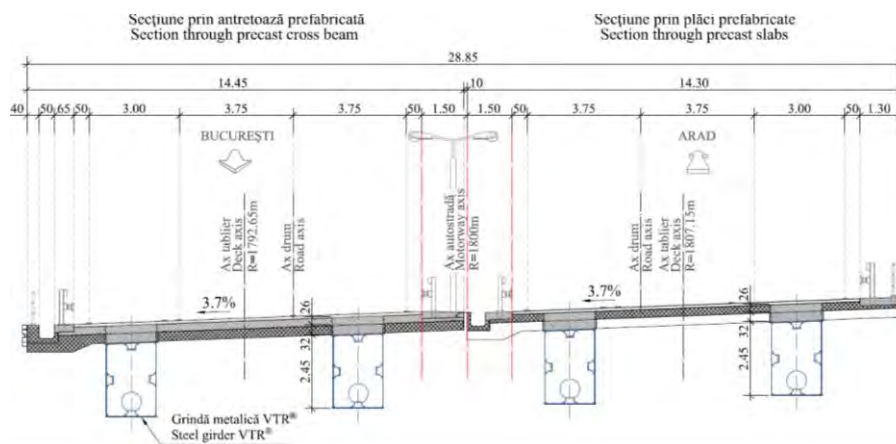


**Figura 148.** Faza Pod peste Râul Mureș, Bypass Deva-Orăștie



**Figura 149.** Faza Vedere în plan și elevație Pod peste Râul Mureș

Lățimea structurii este - în conformitate cu standardele în vigoare - de 28,85 m. Podul este format din două structuri paralele, una pentru fiecare sens de circulație. Grinzile principale sunt realizate din oțel **S355J2+N**, cu înălțimea de 2,45 m și lățimea de 1,70 m. Pentru întreaga structură au fost folosite 4.100 tone de oțel, rezultând un indice de consum de  $199 \text{ t/m}^2$ .

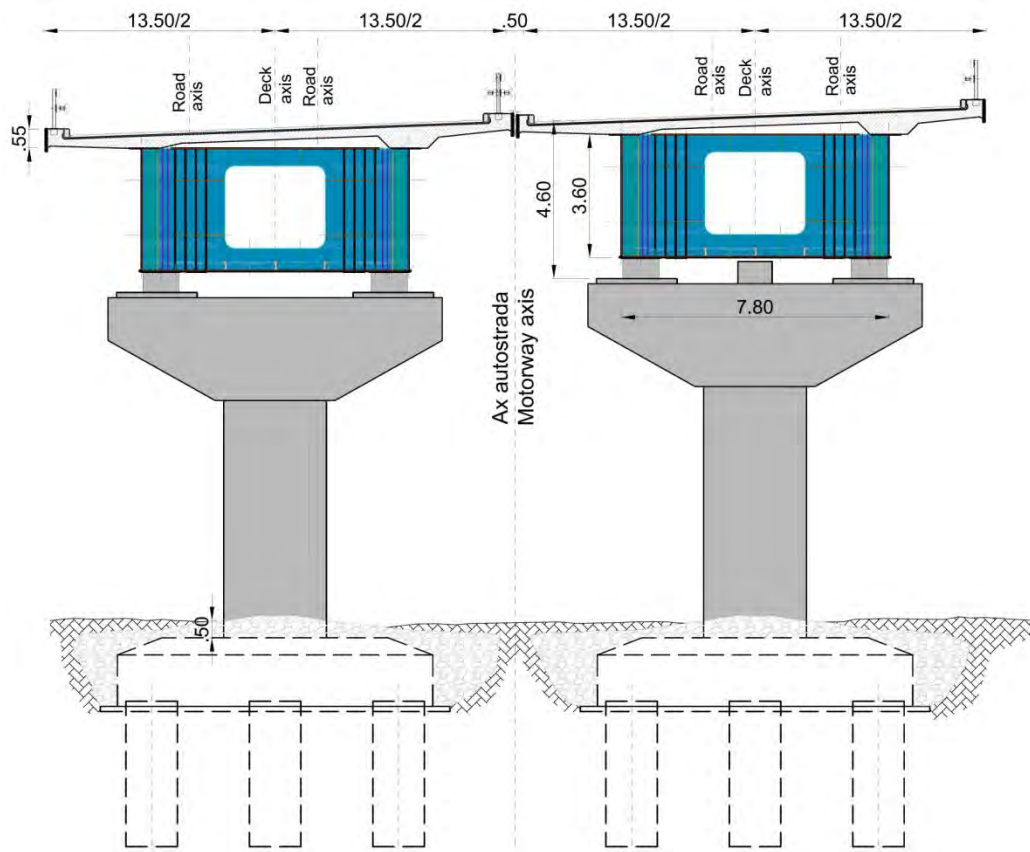


**Figura 150.** Secțiune transversală

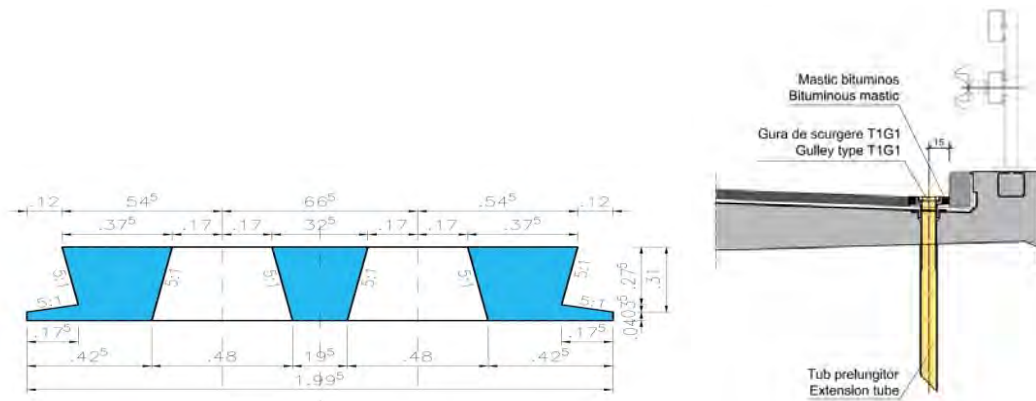
Firma STRABAG a solicitat biroului de proiectare SSF să ofere variante și un proiect alternativ, care să prevadă reducerea rosturilor de dilatație, evitarea amortizoarelor de seism, simplificarea structurii metalice, introducerea unui sistem închis de drenaj cu separator de ulei și realizarea unor cantități care să respecte cadrul financiar inițial.

Proiectul inițial acceptat a prevăzut o suprastructură tot compusă cu 12 deschideri a câte 60 m fiecare. Podul este împărțit în trei structuri individuale măsurând câte 240 m, necesitând astfel patru rosturi de dilatație. Executantul avea să efectueze, de asemenea, și verificările statice referitoare la siguranța structurală cât și proiectarea detaliilor de execuție, întrucât vechiul proiect se baza pe vechile standarde românești, depășite ca aplicabilitate, iar proiectantul acestuia intrase în faliment. În aceste împrejurări, noul executant a avut posibilitatea de a concepe un nou proiect și de a oferi o altă variantă de execuție modernă și avantajoasă.

Proiectul inițial prevedea în secțiune transversală o casetă metalică monocelulară, total agabaritică la transport, pe fiecare jumătate a căii de rulare așezată pe pile tip ciocan. Călea de rulare se compunea din segmente prefabricate de beton armat pe toată lățimea podului, care se îmbinau între ele pe direcția longitudinală a podului prin intermediul unor elemente post-tensionate. Evacuarea apelor de pe suprastructură se efectua necontrolat, în râu și în câmpia inundabilă.



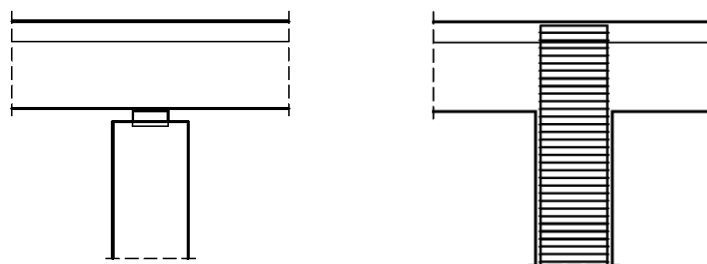
**Figura 151.** Secțiune transversală – proiect inițial



**Figura 152.** Secțiune element prefabricat al căii de rulare și drenajul suprastructurii

Proiectul alternativ, constituind și prima aplicare a sistemului SSF Rapid a fost conceput și prezentat beneficiarului și în final acceptat, ilustrând o colaborare bună și continuă între firma de execuție STRABAG și proiectantul SSF Timișoara.

Soluția VTR, numită și SSF-Rapid, se poate folosi în cazul podurilor integrale respectiv semi-integrale. Podurile integrale derivă din bolțile clasice. Ele au ca sistem static cadrul, cu una sau mai multe deschideri. Nu se mai face o distincție clară între suprastructură și infrastructură, culeele și/sau pilele fiind prinse monolit în suprastructură. În cazul podurilor semi-integrale se realizează separarea culeelor de suprastructură prin introducerea aparatelor de reazem pe culei. Această a doua soluție este potrivită pentru poduri cu lungimi mari ( $L > 100$  m). Preluarea forțelor din seism și de frânare reprezintă o problemă importantă pentru poduri cu lungimi mari. În cazul grinzilor continue este necesară folosirea izolatorilor seismici. Prinderea monolită a pilelor de suprastructură oferă robustețe structurală mărită, iar deplasările sunt reduse, eliminând necesitatea introducerii de izolatori seismici și alte echipamente de asigurare împotriva acțiunilor seismice.

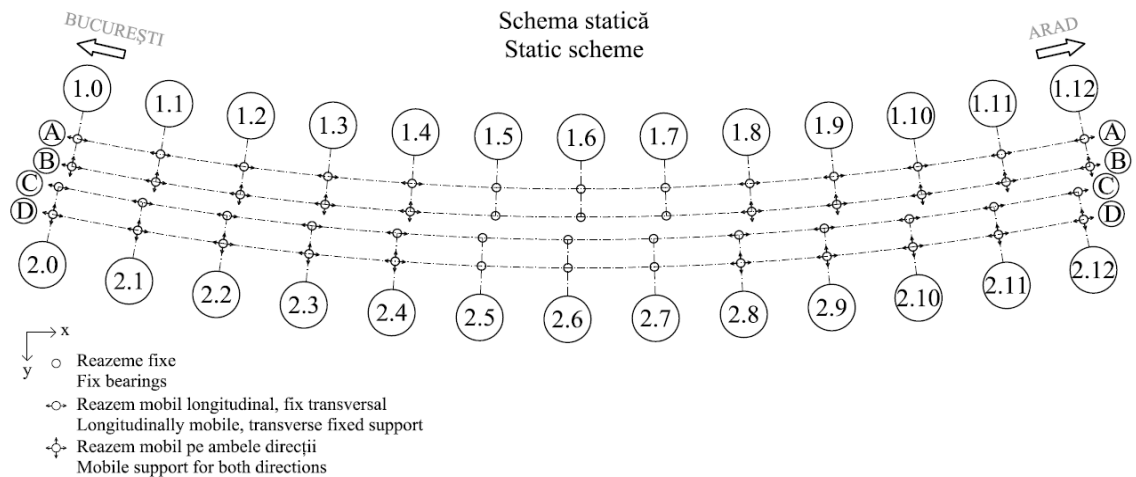


**Figura 153.** Conexiune pilă-suprastructură prin reazeme, Conexiune pilă-suprastructură prin monolitizare

Sistemul static al podului este semi-integral și este reprezentat în Figura 31:

- În axele 5, 6 și 7 pilele sunt legate monolit de suprastructură pentru a permite preluarea forțelor din seism și frânare.
- În cazul celorlalte axe, suprastructura este continuă, fiecare grindă rezemând pe pile prin intermediul aparate tip calotă .

Fiecare structură are în total 18 aparate de reazem și, suprastructura fiind continuă, doar două rosturi de dilatare în dreptul culeelor.



**Figura 154.** Schema statică a viaductului



**Figura 155.** a) Nod pile fixe, b) Vedere de jos spre pilele „fixe”



**Figura 156.** a) Model nod pile cu aparate rezemare b) Vedere de jos pile „mobile”

În august 2011 a fost forat primul pilot, începând practic construcția podului.

Termenul stabilit inițial pentru terminarea întregii structuri a fost de 16 luni, până în decembrie 2012. Cele două firme responsabile pentru confecționarea grinzilor metalice au adus pe șantier tronsoane pe care le-au sudat în formă și poziție finală pe eșafodaje metalice temporare .

Antretoazele prefabricate din beton au fost, de asemenea, fabricate la două poligoane separate și mai apoi livrate și stocate pe șantier, pentru ca procesul de montare să nu depindă de viteza de livrare .Acest aspect a fost benefic, în locul a 12 antretoaze, cum a fost prevăzut inițial a se monta pe zi, au fost montate până la 24 de bucăți cu ajutorul unor macarale de mic tonaj. Practic, timpii de execuție au fost micșorați, dublând productivitatea și programarea estimată inițial. Această situație a devenit validă și pentru celelalte elemente prefabricate, începând cu carcasa de armătură confecționată la sol, până la dalele prefabricate din beton și rigolele laterale deschise.

Viteza mare de execuție a tablierului a contribuit la respectarea termenului stabilit inițial. Au fost nevoie de doar 4 luni pentru a finaliza întregul platelaj al podului, cu o suprafață de aproximativ două hectare. Gradientul podului a fost menținut. Cantitățile stabilite inițial nu au fost depășite.

Beneficiarul a primit în timp util o structură robustă, având detalii cu impact redus la coroziune și oboseală. Structura a fost supusă unui test de încărcare, cu convoaie dispuse în diverse poziții pentru obținerea celor mai defavorabile efecte. Rezultatele testului au fost bune și în corelație cu cele obținute prin calcul.



**Figura 157.** Montarea structurii metalice



**Figura 158** Transportarea prefabricatelor pe șantier



**Figura 159** a) Dispunerea antretoazelor pe grinzile metalice la distanțe regulate,  
b) Sistemul de grinzi intermediare



**Figura 160.** a) Dispunerea plăcilor prefabricate pe sistemul de grinzi intermediar, b) Structura podului finalizată



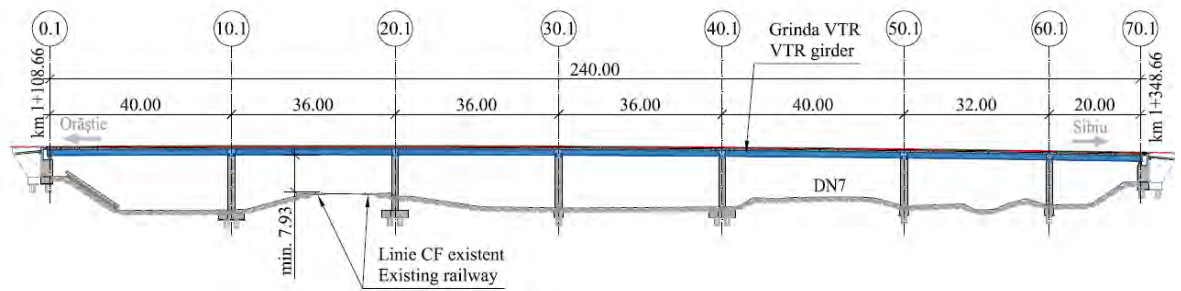
**Figura 161.** Testul de încărcare cu convoaie de probă a structurii

Podul este deschis traficului din decembrie 2012, fiind inaugurat cu două luni înaintea termenului stabilit inițial!. Această structură a fost la momentul respectiv cel mai lung pod de autostradă din România.

Concluzie: Podul Simeria peste râul Mureș: pod modular VTR, în curbă, lungime totală mare 720 m, deschiderea maximă 60 m, structură semi-integrală.

La timpul respectiv afirmam despre Conceptul VTR<sup>®</sup>, că este caracterizat de o serie de premise, care ar putea fi decisive pentru beneficiari și firmele de execuție: o rețea de grinzi în alcătuire compusă oțel - beton ce poate fi executată economic, și într-un timp scurt; utilizarea rigolelor deschise care se integrează cu ușurință în suprastructură, simplifică construcția și sunt ușor de întreținut; posibilitatea de schimbare individuală a dalelor carosabile (ceea ce permite o garanție de exploatare pe termen lung a suprastructurii). Nu în ultimul rând și faptul că suprastructura poate fi ușor demontată – în caz de necesitate. Toate condițiile ca soluție VTR<sup>®</sup> să se impună, erau îndeplinite!

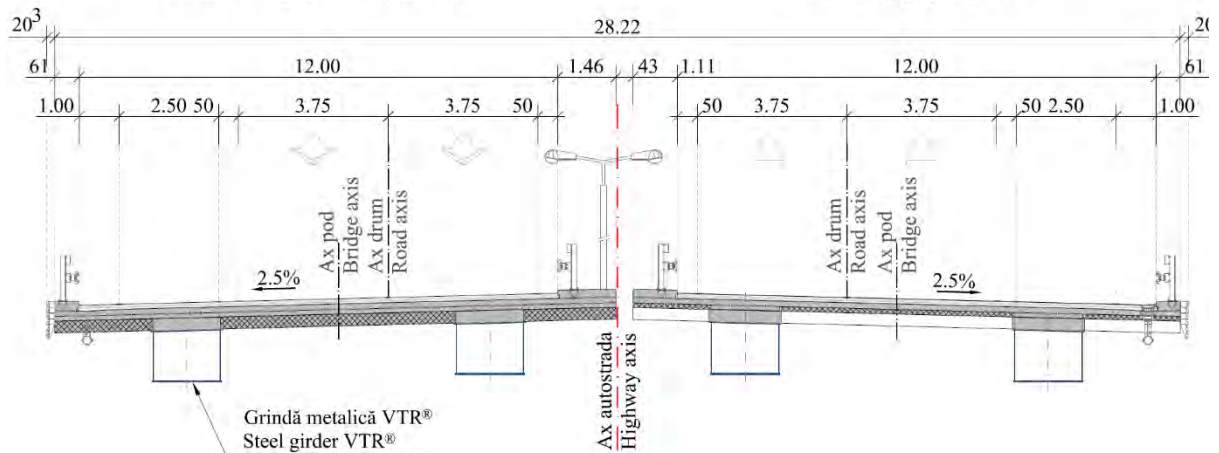
Al doilea pod construit în soluție VTR<sup>®</sup> este localizat pe Autostrada A1, sectorul Orăștie-Sibiu, lotul 1, la km 1+240 și traversează în oblicitate (aproximativ 34°) calea C.F. dublă, parte a coridorului Pan-European IV și drumul național DN7. Viaductul Orăștie are o lungime totală de 240,00 m cu 7 deschideri variabile (40,00 + 36,00x3 + 40,00 + 32,00 + 20,00 m) și o lățime de 28,62 m. Structura este un pod semi-integral, având aparate de reazem și rosturi de dilatare doar în zona culeelor. Prin modul inovativ în care a fost conceput acest pod, se poate considera o premieră inginerească.



**Figura 162.** Secțiune longitudinală a podului

Secțiune prin antretoază prefabricată  
Section through precast cross beam

Secțiune prin plăci prefabricate  
Section through precast slabs



**Figura 163.** Secțiune transversală

În acest caz, tronsoanele grinzilor metalice, după ce au fost aduse pe șantier (Figura 41a), au fost sudate în formă finală la sol și ulterior amplasate în poziția finală pe infrastructuri (pile, culee) cu ajutorul unor macarale. Avantajele soluției constructive alese pentru acest pod în oblicitate pronunțată au fost importante: simplitatea procesului de execuție; au fost necesare doar întreruperi de trafic minore (pe ambele căi de circulație DN7 și C.F.). Astfel a fost necesară o singură oră de întrerupere a traficului la montarea grinzilor metalice deasupra căii ferate și deasupra drumului național.

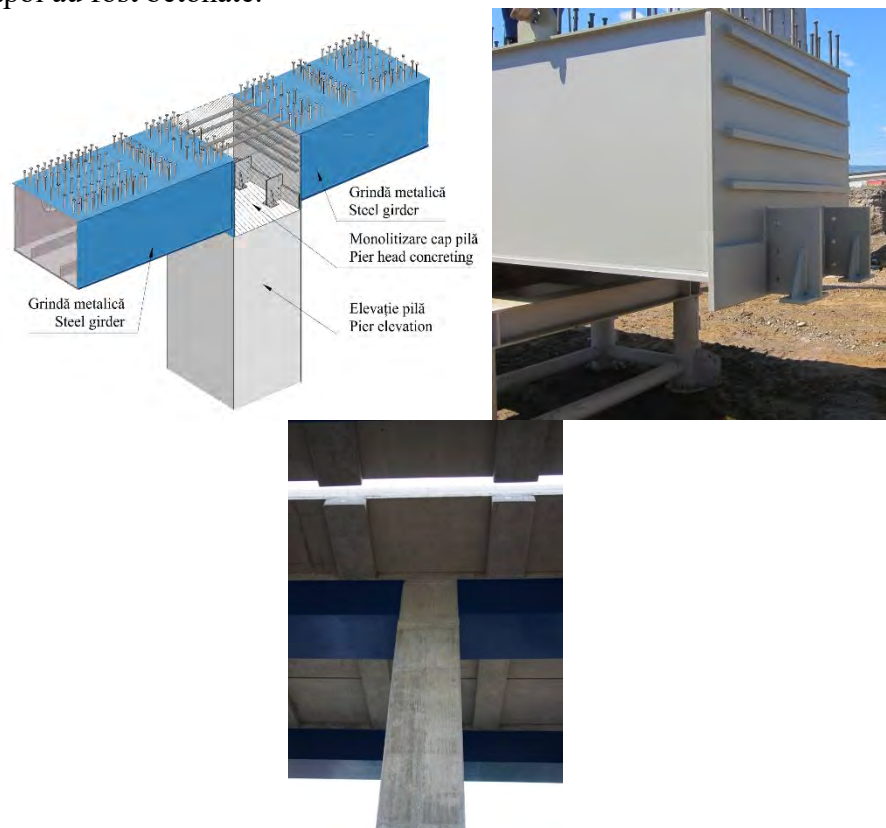


**Figura 164.** a) Transportarea tronsoanelor de grinzi pe șantier, b) Sudarea tronsoanelor



**Figura 165.** Ridicarea grinzilor din oțel pe infrastructuri

S-a aplicat o soluție rapidă, lucrându-se practic la câte o deschidere odată, fără a fi nevoie de sprijiniri temporare. Au fost introduse barele de armătură (de continuitate) în noduri și apoi au fost betonate.



**Figura 166.** Detaliu rezemare grinzi metalice

Procesul de lucru nu a fost întrerupt, prefabricatele fiind dispuse imediat după montarea grinzilor pe fiecare deschidere.

Viaductul Orăștie a fost executat în decurs de 6 luni de zile și încă din mai 2013 podul a fost deschis pentru trafic.



**Figura 167.** Viaductul Orăștie – 2013

Concluzie: *Viaductul Orăștie peste coridorul CF și DN7: pod modular VTR, în oblicitate pronunțată de 34°, lungime totală 240 m, deschiderea maximă 40 m, semi-integral.*

Acest tip de structură presupune o proiectare foarte atentă, atât din punct de vedere al calculului structural cât și din punct de vedere al detaliilor de execuție. Calculul se conduce cu programe moderne și metode de proiectare avansate, acordându-se o mare atenție fazelor constructive. De asemenea, detalierea subcomponentelor podului trebuie făcută ținând cont de faptul că fiecare element va fi conectat de elementul următor sau că toate elementele prefabricate trebuie să se potrivească unele cu altele pe șantier. În ajutorul acestui fapt vine geometria simplă a prefabricatelor.

Utilizarea prefabricatelor pentru întreaga suprastructură a podurilor și crearea unui sistem modular oferă simplitate în execuție. Totodată performanțele oțelului și utilizarea optimă a acestui material în secțiunea transversală, determină indici de cost ce rivalizează soluțiile deja clasice bazate pe beton.

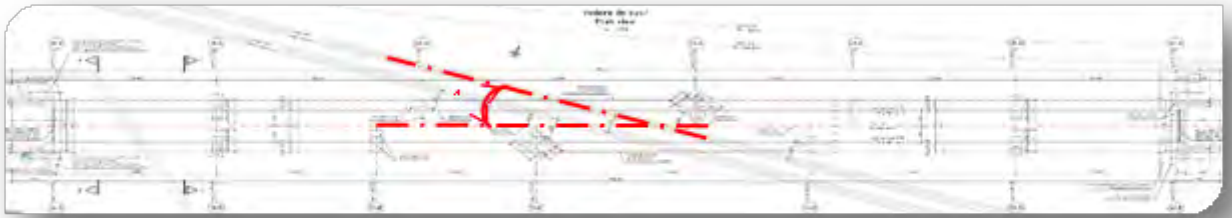
Alcătuirea constructivă și alegerea unor detalii cu risc scăzut la oboseală precum și abordarea unor modalități de îmbunătățire a proiectării prin reducerea concentratorilor de tensiuni sunt factori cheie, ce garantează o bună comportare în timp precum și o durate de viață extinse.

Au urmat alte aplicări ale soluției VTR la viaducte de autostradă care au pus din nou în evidență, eficacitatea alcătuirii constructive, simplitatea execuției și viteza mare de lucru precum și versatilitatea acestei metode de construcție.

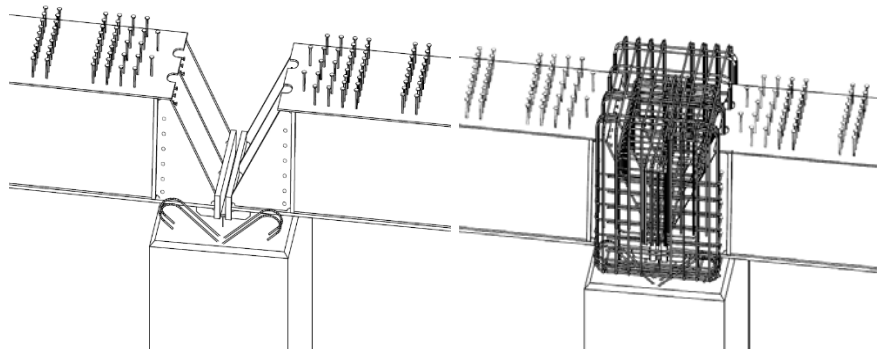
În această direcție - în continuare - se face o scurtă trecere în revistă a unor poduri rutiere realizate prin metoda modulară de construcție VTR.

- Pasajul rutier ce traversează, într-o oblicitate foarte pronunțată de doar 19°, la Simeria, Coridorul European IV de cale ferată. Această structură are o lungime totală de ca. 200 m, cu 6 (șase) deschideri de mărimi diferite pentru a putea rezolva intersecția cu calea ferată. Structura a fost dată în exploatare în anul 2018, a făcut parte din proiectul de reabilitare a sectorului de cale ferată Simeria – Vințu de Jos și ceea ce trebuie menționat este faptul că pasajul a fost cu cca. 2 ani finalizat -mai devreme - în raport cu coridorul de cale ferată. Alte particularități sunt legate de faptul că este o structură de pod semi-integrală, având dispuse aparate de reazem și rosturi de dilatație numai pe capete, iar pilele au o prindere semi-rigidă de suprastructură, dată fiind oblicitatea extrem de

pronunțată. Se asemenea, trebuie menționat faptul că determinarea contrasăgeților pentru fiecare fază de execuție a presupus un calcul dificil și complex.



**Figura 168.** Pasajul rutier Simeria – intersecția cu coridorul CF



**Figura 169.** Pasajul rutier Simeria – detalii de îmbinare dintre pile și suprastructură

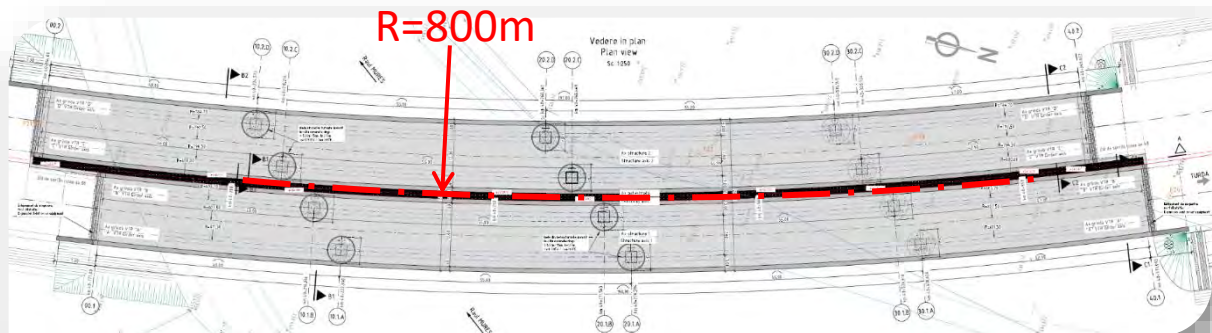


**Figura 170.** Pasajul rutier Simeria – Structură definitivată în așteptarea liniilor CF



**Figura 171.** Finalizarea lucrărilor de reabilitare a coridorului CF

- Podul de autostradă făcând parte din lotul 2 al tronsonului Sebeș – Turda și care traversează râul Mureș în oblicitate și curbă cu raza de 800 m, trebuia să respecte o zveltețe structurală mare deci o înălțime de construcție redusă; schema statică este de pod semi-integral.

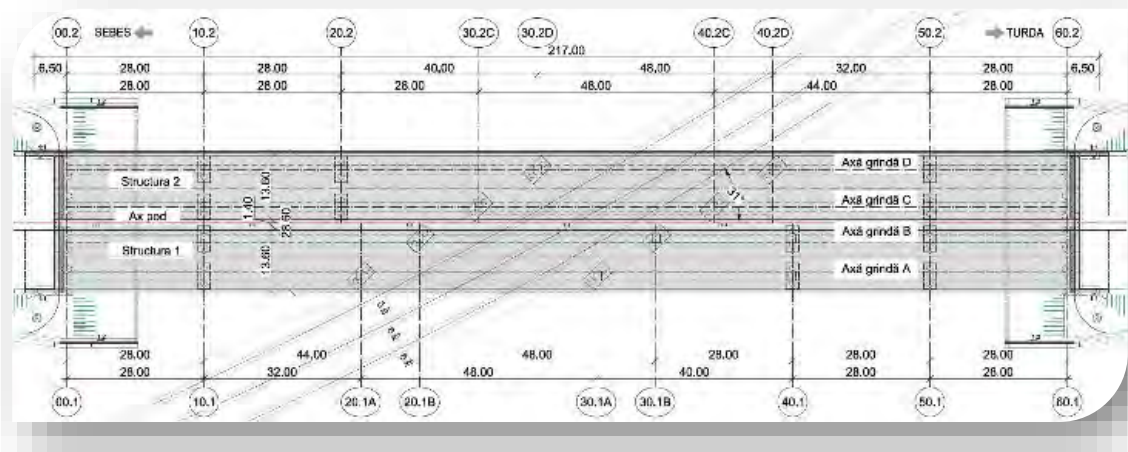


**Figura 172.** Podul de autostradă peste Mureș – vedere plană



**Figura 173.** Podul de autostradă peste Mureș – sistem VTR rețea de grinzi în alcătuire compusă oțel – beton

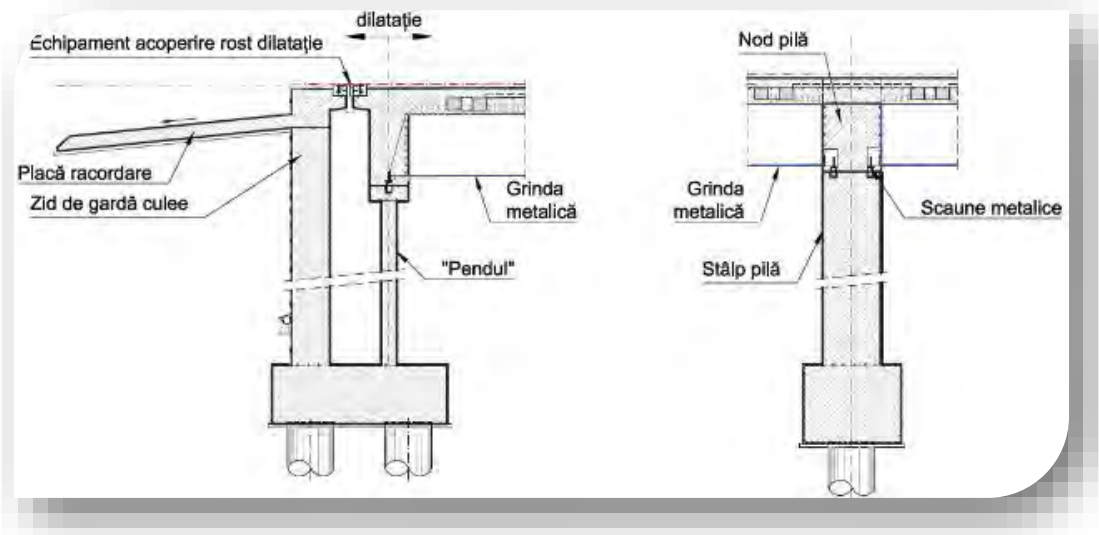
- Un alt bun exemplu de adaptare la intersecția dintre două căi de comunicație terestră, rutieră și de cale ferată, este dat de viaductul de autostradă situat tot pe lotul 2 Sebeș – Turda (anul 2021) și care traversează în oblicitate pronunțată peste trei linii de cale ferată. Viaductul cu lungimea totală de 217 m, șase deschideri gândite și aranjate să rezolve intersecția cu liniile CF, a fost executat sub trafic pe calea ferată. D.p.d.v. al schemei statice se apropie mai mult de una integrală decât semi-integrală, pe capetele structurii nefiind amplasate aparate de reazem, ci doar rosturi de dilatație, fiind utilizați tradiționali ”penduli” din beton – armat, sigur reinterpretăți într-o alcătuire up to date. Această abordare a constituit, de asemenea, o premieră tehnică europeană.



**Figura 174.** Viaductul de autostradă peste 3 linii CF – vedere plană



**Figura 175.** Viaductul de autostradă peste 3 linii CF – fotografie din șantier, execuție sub trafic



**Figura 176.** Viaductul de autostradă peste 3 linii CF – modul de rezolvare la capete cu penduli din beton armat și îmbinarea pilor cu suprastructură

Utilizând oțelului de tip Corten (oțel cu rezistență la coroziunea atmosferică) s-au construit 2 (două) viaducte de autostradă tip VTR, executant PORR ROMANIA, pe secțiunea 4 a autostrăzii A1 Sibiu – Pitești, între Tigveni și Curtea de Argeș. Aceste structuri sunt grinzi continue pe trei deschideri de 55 + 70 + 55 m.



**Figura 177.** Exemple de poduri VTR pe autostrada A1 Sibiu – Pitești, secțiunea 4 Tigveni – Curtea de Argeș (2025)

În continuare se face trecerea la exemple practice privitoare la **poduri moderne de cale ferată în alcătuire masivă și compusă oțel-beton.**

Găsirea și alegerea unor soluții potrivite pentru podurile de cale ferată este o provocare din punct de vedere al consumului de resurse și timp. Soluțiile alese trebuie să asigure în primul rând integritatea structurală, dar timpii reduși de construcție și economia de materiale fac diferența între o soluție eficientă și una neeficientă.

Utilizarea unor sisteme modulare bazate pe prefabricate și repetitivitate în execuție garantează cel mai important avantaj al metodelor de construcție modulare în comparație cu cele convenționale și anume reducerea semnificativă a timpilor de construcție.

În România se construiesc și reabilitează sectoare de cale ferată și apare oportunitatea de a proiecta poduri utilizând cele mai moderne soluții.

Se subliniază faptul că tendința pe plan internațional și conceptul actual pentru un pod de cale ferată este, într-un fel, foarte asemănător cu cel al unui pod rutier.

Se mizează foarte mult pe simplitate dar și performanță structurală, pe eliminarea vechiului concept al unor poduri de cale ferată masive și nu neapărat estetice.

Utilizarea mai nou și în domeniul căilor ferate a contractelor de tip proiectare și execuție, furnizează premisele transferului de cunoștințe la nivel european cât și posibilitatea dezvoltării unor soluții noi, inovative care țin cont de aspecte precum: durabilitate și robustețe structurală, punere în operă mult simplificată, rapiditate în execuție, costuri de construcție și de mentenanță reduse, și nu în ultimul rând conformația zveltă și elegantă a structurii.

Soluțiile moderne pentru podurile de cale ferată devin din ce în ce mai atractive și, de ce nu, și populare în multe țări din lume, reprezentând reale soluții alternative la structurile tradiționale.

Utilizarea prefabricatelor din beton armat precomprimat cât și a celor compuse oțel - beton conduce la dezvoltarea unor viteze mari de execuție, iar gradul înalt de prefabricare reduce posibilitatea de apariție a unor situații neprevăzute pe șantier, respectiv oferă simplitate în execuție. Totodată, performanțele oțelului, utilizarea de oțeluri de înaltă rezistență și utilizarea tablelor groase, furnizează, de asemenea, o serie întreagă de alte avantaje, cum ar fi: reducerea înălțimii constructive, eliminarea plăcilor suprapuse (procedură de sudare dificilă), îmbunătățirea detaliilor constructive de oboseală, multiple posibilități de prefabricare, reducerea energiei de transport, precum și a costurilor de transport, timp scurt de execuție, montare ușoară pe șantier, întrerupere scurtă a traficului în cazul reabilitărilor, întreținere ușoară (suprafețe plane mari), poluare fonică redusă, costurile de fabricație diminuate datorită alcătuirii constructive simplificate, a rezistenței, tenacității și proprietăților remarcabile de fabricație și sudare.

Interesul pentru podurile integrale, ce au dobândit deja o mare tradiție, a crescut în ultimii ani datorită costurilor reduse ale beneficiarului pentru mentenanță și a simplificării întregului proces de execuție și întreținere. Structurile integrale și semi-integrale elimină sau reduc relevant consumabile folosite la poduri, precum aparatele de reazem și echipamentele pentru acoperirea rosturilor de dilatație, echipamente cu durată de viață redusă ce reclamă o serie de probleme la înlocuire.

Este de la sine înțeles că exploatarea rațională a tuturor acestor posibilități deschide noi și clare oportunități în găsirea și conceperea unor soluții constructive avantajoase pentru podurile de cale ferată.

În continuare se face o discuție legată de CONCEPTUL STRUCTURAL MODERN pentru podurile de cale ferată.

**Conceptul tradițional:** podurile de cale ferată trebuie să preia și să suporte încărcări foarte grele pe osie astfel încât există o tradiție îndelungată în ceea ce privește proiectarea și construcția unor astfel de poduri, structuri metalice din oțel, care datează din secolul al XIX-lea, cu mult timp înainte ca betonul să înceapă să fie folosit și să poată fi avute în vedere soluțiile compuse oțel-beton. Conceptul tradițional încearcă deci să reducă greutatea proprie a structurii și totuși să furnizeze soluții robuste. Astfel podurile pe grinzi cu inimă plină cu calea sus și jos (inclusiv în burtă de pește) erau utilizate pentru deschideri mici și mijlocii, iar podurile pe grinzi cu zăbrele de asemenea cu calea sus și jos pentru deschiderile mai mari. Conceptul de contravântuire așa numită structură secundară era extrem de important.

**Conceptul modern:** actualul concept de proiectare și execuție al podurilor de cale ferată este dintr-un anumit punct de vedere foarte similar cu cel al podurilor rutiere. Betonul armat și precomprimat este des utilizat, placa din beton armat înlocuiește structura metalică ortotropă cu probleme în exploatare datorate oboselei materialului, soluțiile compuse oțel-beton devin tot mai des utilizate, detaliile constructive sunt simplificate pentru a reduce problemele de fisurare viitoare din oboseală, detaliile cu risc crescut la coroziune sunt de asemenea evitate, preferându-se suprafețe plane simplu de întreținut. Podurile moderne sunt cu calea în prism de piatră spartă sau în soluție de cale rigidă.

În ultimele decenii în domeniul podurilor de cale ferată a putut fi sesizată tendința de modificare a conceptului structural.

Pe direcția acestei teme de cercetare au rezultat o serie de prelegeri invitate în Brussels, Dublin, București, Potsdam, Viena, München și următoarele articole publicate în jurnale sau la diferite conferințe cât și cărți și granturi:

- Carte **Edward Petzek**, Radu Bancila      RFCS - EcoBridge      RFCS 2010-2013
- Manual **Edward Petzek**, Radu Bancila      LLP-LDV-TOI-2012-RO 024      2012-2014
- **Petzek, E**; Schmitt, V; Metes, E; Ispasoiu, G; Turcan, A      Romanian projects and integral bridge solutions based on composite dowels      STEEL CONSTRUCTION-DESIGN AND RESEARCH 2016
- Seidl G., Stambuk M., Lorenc W., Kolakowski T., **Petzek E.**      Economic composite constructions for bridges - Construction methods implementing composite dowel strips      STAHLBAU 2013
- **Petzek, E** , Grecea, D, Ispasoiu, G , Turcan, A , Retter, G      Development of Effective Designs for Composite Bridges in Seismic Areas      PROCEEDINGS OF THE 10TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON BEHAVIOUR OF STEEL STRUCTURES IN SEISMIC AREAS, STESSA 2022      2022
- Toduti, L; Metes, E; **Petzek, E**; Toduti, M; Ispasoiu, G; Zaha, B      Innovative bridges over Bega      4th International Conference on Structures and Architecture (ICSA) 2019
- **Petzek, E**; Metes, E; Toduti, L; Bancila, R      Bridge Solutions Based on Composite Dowels Executed in Romania      9th International Conference on Bridges in Danube Basin 2016
- **Petzek, E**; Metes, E ; Turcan, A .; Schmitt, V      New Integral and Semi-integral Bridge Solutions for the Romanian Highways and Motorways      9th International Conference on Bridges in Danube Basin      2016
- Seidl, G; **Petzek, E**; Bancila, R      Composite Dowels in Bridges - Efficient solution      Advanced Materials Research, 10th International Conference on Structural Integrity of Welded Structures (ISCS13)      2013
- **Petzek, E** .; Toma, L .; Metes, E      Deconstruction of existing railway and highway bridges      Advanced Materials Research, 10th International Conference on Structural Integrity of Welded Structures (ISCS13) 2013
- **Petzek, E** .; Toma, L .; Metes, E      Efficient solution for large motorways composite bridges      2nd International Conference on Structures and Architecture      2013

- **Petzek, E.** ; Toma, L. ; Bancila, R Technical solutions for rehabilitation of old arch bridges 2nd International Conference on Structures and Architecture 2013
- Malita M., Feier A., **Petzek E.**, Bancila R Bridges on Timisoara bypass. 3th International scientific Meeting E-GTZ 2016 State and trends og Civil Enviromental engineering”- Tuzla, Bosnia and Herzegovina, 2-4 June 2016 Scholar, ProQuest 2016
- Bancila R., Feier A., **Petzek E.** Suggestions and proposals for the application of the European Standard SR EN 1090 in the design and execution of steel structures especially bridges (in Romania) International Conference „Innovative Technologies for Joining Advanced materials- TIMA 16” 3-5 2015 June Timisoara Scholar, ProQuest 2015
- Grant **Edward Petzek**, Radu Bancila RFCS - EcoBridge RFCS 2010-2013
- Grant **Edward Petzek**, Radu Bancila LLP-LDV-TOI-2012-RO 024 2012-2014 2012-2013
- Radu Bancila (director), **Edward Petzek**, Dorel Boldus Soluții de înlocuire rapidă a suprastructurilor podurilor de pe rețeaua națională de autostrăzi în cazuri de forță majoră (atentate teroriste, calamități naturale) CESTRIN "Contract de cercetare CESTRIN nr. 70/2006 Contract UPT 517/2006 2006

## SECȚIUNEA II.

### PLANURI ȘI OBIECTIVE ÎN EVOLUȚIA ȘI DEZVOLTAREA CARIEREI

#### 3.1. Introducere

Planul de dezvoltare științifică, academică și profesională ține cont de situația economică actuală și de utilizarea eficientă a resurselor prin utilizarea tehnologiilor performante și prietenoase cu mediul pentru a obține produse de calitate ridicată la costuri cât mai mici. Evoluția carierei se desfășoară pe două niveluri, un nivel implică activități academice, iar celălalt implică activități de cercetare și proiectare în ingineria industrială.

Având în vedere strânsa corelare care trebuie să existe între procesul educațional și piața muncii, îmi propun identificarea și fructificarea unor colaborări cu mediul industrial, care să înglobeze atât activitatea didactică, cât și activitate de cercetare sau de aplicare a rezultatelor cercetării. Îmi propun în viitor să realizez parteneriate cu firmele specializate din industrie, atât pentru obținerea unor granturi sau contracte de cercetare sau chiar sponsorizări, pentru corelarea conținutului cursurilor cu cerințele de pe piața muncii a angajatorilor, cât și pentru folosirea practică a cunoștințelor teoretice și a rezultatelor inovațiilor într-o economie de piață dinamică.

Îmi doresc să construiesc o carieră academică și o reputație profesională excelentă, care să asigure succesul și o vizibilitate crescută a Facultății de Construcții cât și a Universității Politehnica Timișoara.

Cadrul prin care îmi propun construirea carierei se bazează pe un set de valori: feedback, transparență, deschidere la nou, comunicare, lucru în echipă. Consider că dezvoltarea domeniului de aplicare a tehnologiilor moderne, a domeniilor conexe, a carierei mele și a colaboratorilor sunt dependente de respectarea și susținerea acestor valori.

#### 3.2 Dezvoltarea carierei științifice

Dezvoltarea activității de cercetare se va baza, ca și până în prezent, pe participarea la diferite evenimente științifice internaționale și naționale, prin publicarea și diseminarea rezultatelor de cercetare către specialiști. Mai precis, îmi propun următoarele obiective:

- continuarea direcțiilor de cercetare și adaptarea continuă a acestora la cele mai noi tehnologii;
- valorificarea rezultatelor cercetării prin publicarea de lucrări științifice în reviste internaționale și naționale cu factor de impact ridicat, precum și participarea la manifestări științifice naționale și internaționale;
- atragerea de granturi de cercetare-dezvoltare-inovare;
- implicarea activă a studenților în procesul de cercetare; temele de cercetare viitoare vor viza pe cele care au aplicabilitate în domeniul ingineriei industriale;
- îmi propun să colaborez mai mult cu, colegi din alte universități sau institute de cercetare din țară sau străinătate, să particip la cât mai multe activități științifice organizate atât pe plan național, cât și pe plan internațional.

Există o serie de activități de cercetare importante pe care intenționez să le desfășor în continuare. Aceste activități au fost parțial examinate și necesită o investigație mai profundă pentru a obține rezultate noi, cum ar fi identificarea unor linii de cercetare actuale și crearea

unor noi linii de cercetare. În acest sens, mă voi concentra pe cercetarea și studiul în următoarele domenii:

- *structurile de poduri existente (analize de Mecanica Ruperii);*
- *inovare în ceea ce privesc lucrările de artă – poduri de cale ferată și șosea;*
- *procedee de sudare și îmbinări disimilare;*
- *elaborarea unui compendiu de poduri;*
- *susținerea și intensificarea relațiilor externe cu alte Universități;*
- *susținerea de prelegeri invitate ca marcă a studiilor și cercetărilor interne;*
- *asocierea sau inițierea unor asociații internaționale de profil;*
- *publicarea de cărți și articole de referință.*

Abilitățile de conducere a echipelor de cercetare și proiectare ale autorului acestei teze sunt demonstrate în experiența de a coordona echipe de cercetare la granturi, proiecte de cercetare cu parteneri industriali, respectiv proiecte majore în infrastructura de transport. În plus, experiența în organizarea studenților pentru lucrările de licență și disertație, precum și pentru îndrumarea doctoranzilor, în calitate de membru al unor comisii de îndrumare, este deosebit de importantă și va continua cu o intensitate maximă.

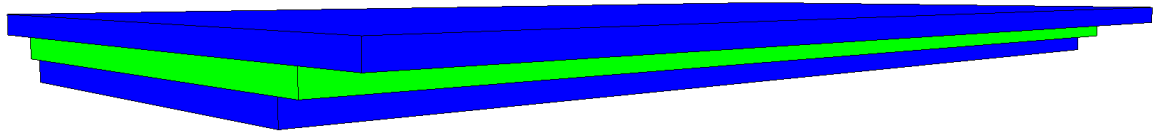
Temele de doctorat pe care candidatul îi va coordona vor fi în concordanță cu direcțiile de cercetare principale prezentate în acest capitol. Îmi propun să încep să lucrez cu viitorii doctoranzi încă din timpul studiilor de masterat pentru a-i familiariza cu temele de cercetare înainte de a se înscrie la doctorat.

Autorul acestei teze a realizat o serie de premiere naționale și internaționale în domeniul lucrărilor de arte.

Astfel, se intenționează implementare și brevetarea unei noi soluții pentru poduri de cale ferată **VTT** - Metodă de construcție modulară pentru poduri de cu cale jos. Podurile cu cale jos vor câștiga semnificativ în importanță în cazul lucrărilor de înlocuire a infrastructurii de transport atât rutier cât și feroviar. Metodele de construcție modulare, cu un grad ridicat de prefabricare și timp scurt de montaj, oferă avantaje considerabile la construcția pe infrastructura existentă. La un pod cu cale jos, grinzile longitudinale ale suprastructurii sunt așezate pe lângă și deasupra căii de rulare, nu sub aceasta, ca în cazul podurilor cu cale sus. Înălțimea gabaritului de liberă trecere de sub pod este determinată de grosimea antretoazelor și a structurii căii de rulare. O înălțime de construcție redusă a suprastructurii poate ajuta la menținerea gradientelor existente cu lungimi scurte de rampă și predispune secțiunile transversale de tip pod cu cale jos pentru utilizarea în lucrări de înlocuire pe căile ferate existente, precum și în infrastructura rutieră urbană cu trafic intens. În metoda de construcție modulară VTT, două grinzi casetate din oțel, sudate etanș, sunt prefabricate într-o unitate de producție staționară ca grinzi longitudinale, cu console integrate pentru a sprijini antretoazele. Acestea pot fi depozitate temporar, păstrând forma, sunt ușor de transportat pe șantier datorită rigidității lor la torsiune și pot fi asamblate în câteva ore. Dacă grinzile longitudinale depășesc lungimile de transport admise, se produc segmente de grindă care se asamblează pe o platformă de montaj din apropierea șantierului, înainte de a fi montate. După montarea, alinierea și fixarea grinzilor longitudinale, antretoazele prefabricate, din beton, cu armătură externă rigidă, sunt montate, alinate și fixate pe consolele în formă de sabot ale grinzilor longitudinale. Conectarea antretoazelor la grinzile longitudinale nu se realizează prin găurire, înșurubare sau sudare, ci doar prin turnare cu mortar cu priză rapidă, pentru a garanta timpi scurți de montaj. După priza mortarului, pe antretoaze se așază plăci prefabricate cu grosimea de 10 cm, care servesc drept cofraj pentru o placă de beton turnat pe loc, cu o grosime de 20 cm. Metoda de construcție este concepută astfel încât suprastructura să aibă intradosul închis (etanș) după instalarea plăcilor prefabricate. Traficul de sub pod poate

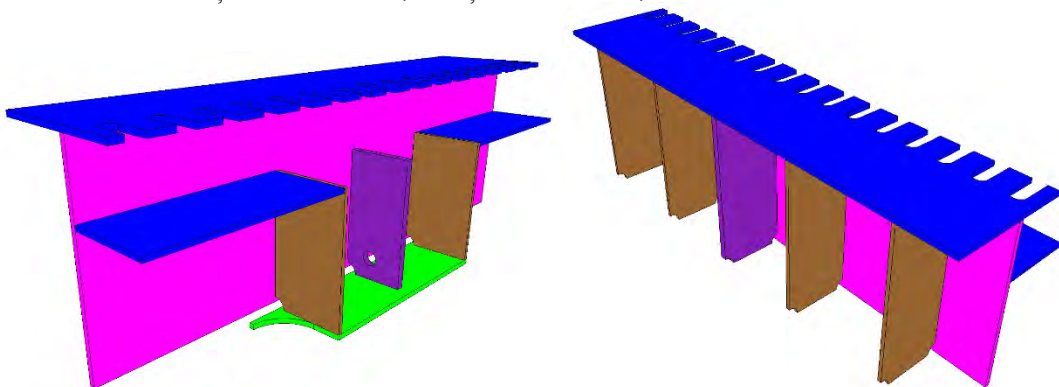
curge nestingherit și în siguranță de la acest moment. Uzinarea grinzilor longitudinale: într-un atelier specializat în structuri metalice, se realizează grinzi casetate sudate etanș, prevăzute cu console din oțel spre partea carosabilă, la distanța de 2,4 m, pentru a sprijini grinzile prefabricate din beton armat (antretoazele). Distanța dintre antretoaze este determinată de lățimea de transport a elementelor prefabricate pentru placa de rulare, care este de 3 m, inclusiv extensia armăturilor de legătură. Producția grinzilor casetate trebuie să fie cât mai economică. Se urmărește o producție automată, asistată de roboți, cu module care să crească calitatea, să reducă riscurile și să accelereze procesul de producție.

**Modul 1:** Talpa inferioară a grinzilor casetate, lățime 1280 mm, grosime 40 mm + două plăci suplimentare, succesive cu o grosimi de până la 40 mm, pe partea inferioară a grinzii. Lungimea modulului trebuie să corespundă lungimii de transport a grinzii până la șantier.



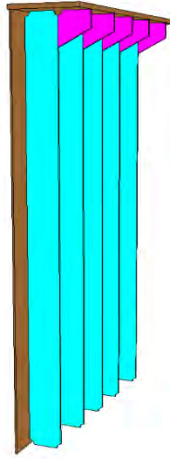
**Figura 178.** Modul 1

**Modul 2:** Consolă pentru sprijinirea antretoazelor. Acest modul este compus dintr-o inimă integrată a grinzii casetate de 20 mm grosime, o placă de bază de 20 mm grosime, un perete central de 30 mm grosime și pereți laterali ai sabotului de 16 mm grosime, a căror margine superioară este la același nivel cu antretoazele instalate. Între pereții laterali ai sabotului este prevăzută o tablă de 16 mm grosime cu rol de cofraj pentru placa de beton turnată in situ. Întregul Modul 2 este acoperit cu o tablă de 500 mm lățime și 16 mm grosime. Pe această tablă sunt sudate manșoane pentru conectarea plăcii de beton turnat in situ a căii de rulare. Pe un singur rând se pot monta bare de armătură cu un diametru de 20 mm, la un interax de 15 cm. Dimensiuni Modul 2: Lățime 2400 mm, Înălțime 800 mm, Adâncime 600 mm.



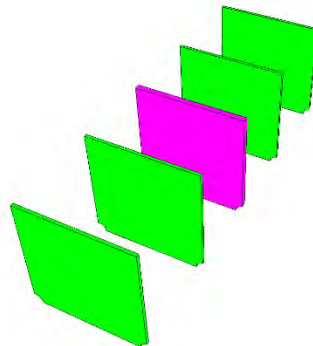
**Figura 179.** Modul 2

**Modul 3:** Inimă exterioară, lățime 2400 mm, înălțime 3760 mm, adâncime 640 mm, grosime tablă 16 mm, 5 rigidizări 300/16 mm și o tablă de acoperire de 40 mm grosime și 640 mm lățime.



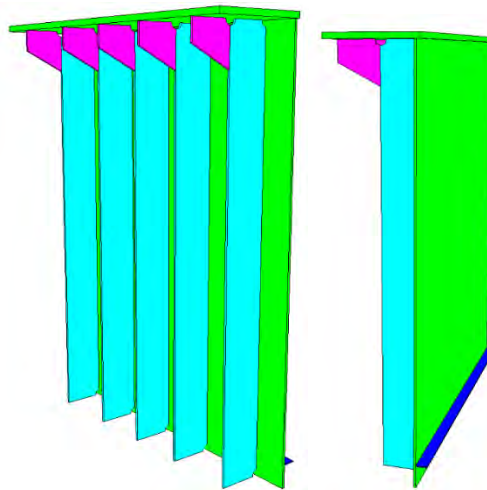
**Figura 180.** 2 Modul 3

**Modul 4:** Table suplimentare de capăt 600/600/20 mm și table 300 x 1,6 x 600 mm pentru conectarea rigidizărilor inimilor deasupra plăcii de bază.



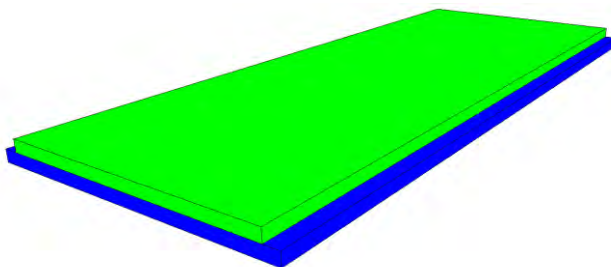
**Figura 181.** Modul 4

**Modul 5:** Inimă interioară a grinzilor longitudinale cu rigidizări verticale, lățime 2400 mm, înălțime 2960 mm, adâncime 640 mm, grosime tablă 16 mm, 5 rigidizări 300/16 mm, table de acoperire 640 x 2040 x 40 mm.



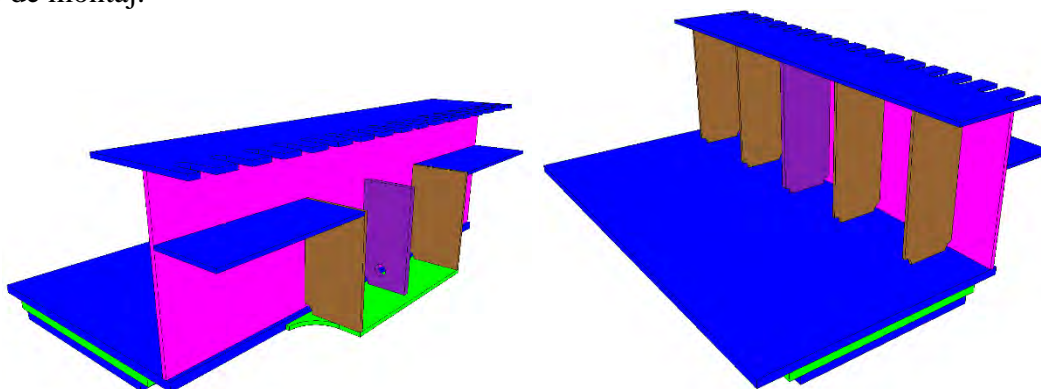
**Figura 182.** Modul 5

**Modul 6:** Table de acoperire ale grinzii casetate (talpa superioară). Lățime 1000 / 800 mm, grosime tablă 40 mm, cu grosime variabilă.

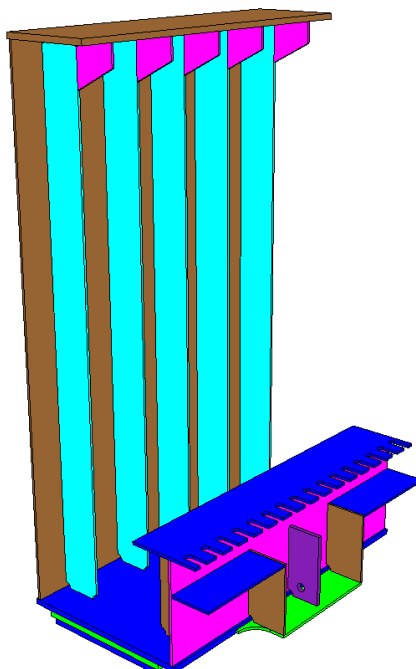


**Figura 183.** Modul 6

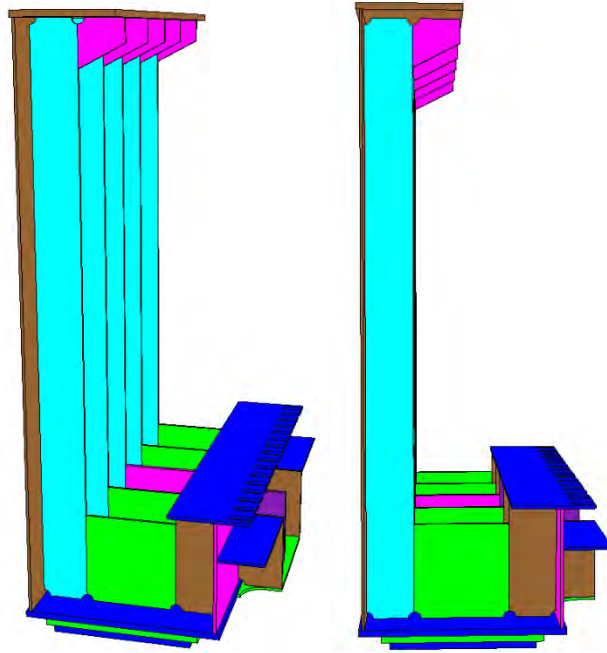
În procesul de producție, Modulul 2 (consola) este așezat și sudat pe Modulul 1 (talpa inferioară). Apoi, Modulul 3 (inima exterioară) este instalat și rigidizat cu Modulul 4, în raport cu Modulul 2. Apoi, Modulul 5 poate fi așezat și sudat. Odată cu adăugarea tablelor din Modulul 5, se consolidează talpa superioară, iar construcția metalică este finalizată. Acum se poate aplica protecția completă împotriva coroziunii; pe șantier se vor repara doar deteriorările de acoperire cauzate de montaj.



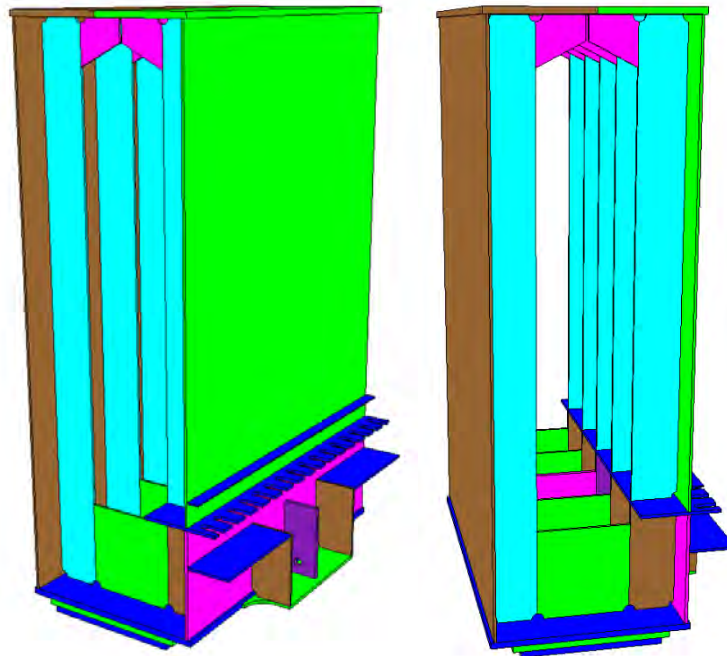
**Figura 184.** Faza 1 (Modul 1 + Modul 2)



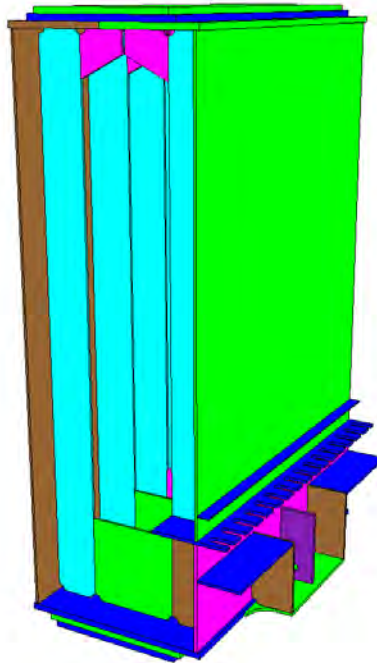
**Figura 185.** Faza 2 (Faza 1 + Modul 3)



**Figura 186.** Faza 3 (Faza 2 + Modul 4)



**Figura 187.** Faza 4 (Faza 3 + Modul 5)



**Figura 188.** Faza 5 (Faza 4 + Modul 6)

Se preconizează utilizarea elementelor prefabricate din beton C50/60 cu armătură externă rigidă, galvanizată din oțel S 460, având dimensiunile de 80 / 48 cm. Pentru turnarea plăcii de beton in situ cu grosimea căii de rulare de 20 cm, sunt prevăzute **predale** cu grosimea de 10 cm.

Conform experienței noastre, este posibil ca cele două **grinzi longitudinale** să fie instalate și rigidizate într-o singură zi. Traficul de sub pod trebuie închis până când grinziile individuale sunt așezate pe suporturile provizorii și fixate împotriva răsturnării și a deplasărilor. Timpul de lucru necesar pentru rigidizarea și ajustarea grinzilor longitudinale este estimat, pe baza experienței noastre la lucrări similare, la 6 ore. Apoi, se poate începe montajul antretoazelor. Conform măsurătorilor noastre de performanță la montajul a numeroase antretoaze din beton și predale la poduri construite cu metoda VTR (rețea de grinzi compusă oțel-beton), 24 de module de beton pot fi montate, aliniate și fixate într-un schimb de 12 ore. Acest lucru corespunde unei lungimi de suprastructură de 57,6 m. Se poate spune cu certitudine că un trafic sigur de sub pod este posibil după două zile. Lucrările rămase până la darea în folosință a suprastructurii pentru traficul de pe pod pot fi executate fără a perturba traficul de sub pod.

### 3.3. Dezvoltarea carierei didactice (a activității educaționale)

Dezvoltarea activității educaționale se bazează pe continua îmbunătățire a metodologiei de predare, prin sprijinirea și implicarea studenților și masteranzilor în procesul de învățare și cercetare și prin asigurarea unui schimb de informație la nivel național și internațional. Pentru a crește competențele didactice îmi propun următoarele:

- dobândirea și perfecționarea de noi aptitudini, cunoștințe și competențe cu privire la activitatea educațională printr-o instruire permanentă în direcția lucrărilor de artă;

- intensificarea colaborărilor internaționale cu universități de prestigiu din domeniu și participare în cadrul acestora la mobilități DAAD, Erasmus și CEPUS.
- dezvoltarea unor competențe solide în domeniul pentru o mai bună interdisciplinaritate;
- aplicarea, testarea, modificarea și consolidarea prin experiența a aptitudinilor și cunoștințelor dobândite;
- adaptarea continuă a procesului educațional la schimbările de pe piața muncii, din domeniul atât de dinamic al tehnologiilor și corelarea cu acestea;
- învățarea și încurajarea studenților să își evalueze propriile performanțe și de asemenea pe cele ale colegilor;
- actualizarea cât mai frecventă a conținutului cursurilor, pentru menținerea lor la un nivel calitativ ridicat; să publice cursurile pe care le predau și să le actualizeze cel puțin o dată la an;
- stabilirea unei modalități de predare și evaluare care să stimuleze participarea și implicarea studenților în cadrul orelor de curs și aplicații;
- promovarea discuțiilor între studenți pe teme legate de curs;
- să acționez în sensul implicării firmelor în procesul didactic, invitând practicieni să susțină prezentări în domeniile lor de specialitate;
- aragarea unor specialiști reputați cu recunoaștere internațională pentru organizarea unor acțiuni didactice –Martin Mensinger (TU München), Günter Seidl (TU Potsdam), Sergio T. Amancio ( TU- Graz), Joseph Ndogmo (TU München), A. Sedmak (TU Belgrade) și alți profesori invitați din U.S.A., Germania, Elveția, Australia, Japonia, Portugalia, Serbia, Austria, Slovenia, Croația, Ungaria etc. precum și specialiști ai unor firme, instituții și asociații precum PORR, STRABAG, ANAZ, Maurer, SSF Ingenieure, PIARC, Maccaferri, A.S.R., F.P.S.C., Sofistik, All Plan BIM, C.F.R., C.N.A.I.R. și alții.

În activitățile mele didactice, voi sprijini studenții să dobândească cunoștințe fundamentale care le vor fi utile în viitoarea lor carieră și le-am oferit o formă optimă de deprinderi și competențe tehnice și ingineresti.

În opinia mea, orice plan de dezvoltare a carierei trebuie să includă trei elemente strâns legate: componentă didactică, componentă științifică și componentă de dezvoltare instituțională. Acestea sunt rezultatele analizei mele anterioare și a experienței acumulate în cei peste douăsprezece și cinci de ani petrecuți la universitate.

Chiar dacă susținerea unei teze de abilitare implică în primul rând dezvoltarea componentei științifice a tezei de doctorat viitoare, aceasta va fi posibilă numai în tandem cu elementele didactice și instituționale. Din acest motiv, planul de dezvoltare a carierei va aborda fiecare dintre aceste aspecte.

Obiectivele de carieră ale profesorilor trebuie să fie în concordanță cu misiunea facultății și universității, adică să contribuie la cercetarea avansată în ingineria industriale, în special în ingineria securității și sănătății, și să pregătească specialiști capabili să dezvolte, proiecteze, implementeze și exploateze utilaje și tehnologii, cu aplicații în industrie.

Competențele au fost dobândite datorită sedimentării cunoștințelor din domenii conexe studiate: construcții metalice și sudură, poduri, metalurgie, protecție anticorozivă, mecanica ruperii.

### Referințe bibliografice

1. **Edward Petzek**, Radu Bancila "Railway / Book 1: General principles regarding the rehabilitation of existing railway bridges " "Railway / Book 1: General principles regarding the rehabilitation of existing railway bridges " "InTech - Open Access Publisher" ISBN 979-953-307-634-7 (<http://www.intechopen.com/articles/show/title/-general-principles-regarding-the-rehabilitation-of-existing-railway-bridges->), 2011
2. **Petzek, E.**, Toma, L., Băncilă, R. Technical solutions for rehabilitation of old arch bridges Book Chapter: Structures and Architecture: New concepts, applications and challenges, 2013, Springer 2013 558-7777 pp. 1556–1564
3. **Edward Petzek** Elaborarea de instrucțiuni pentru aplicarea principiilor mecanicii ruperii la stabilirea siguranței în exploatare și a duratei de viață rămase a podurilor metalice existente Orizonturi universitare, Timisoara ISBN(10) 973-638-301-6 ISBN(13) 978-973-638-301-4 2006
4. Radu Bancila, **Edward Petzek** Direcții actuale în calculul și proiectare podurilor: Cap. 15 Oboseala podurilor cu structură compusă oțel beton Mirton, Timisoara ISBN 973-578-901-9 1999
5. **Petzek, E.**, Feier A., Băncilă R Historical steel bridges the Tisa basin; present technical condition, functionality and sustainable rehabilitation 9th International Conference „Bridges in Danube Basin 2016” 2016
6. Schwalie A., **Petzek, E.**, Feier A., Băncilă R. Integration of the rehabilitated old steel bridge in Lipova on the Mureș - river in the danube basin in the historical area of the town 9th International Conference „Bridges in Danube Basin 2016” 2016
7. Butisca A.; Bancila R., **Petzek E.**, Rominu S. Importance of rehabilitation of historical steel bridge Traian of Arad Proceedings of 12th International Multidisciplinary Scientific Geoconference 17-23 iunie 2012 2012
8. Butisca(cas. Feier) Anamaria, **Petzek E.**, Bancila R., Hernea S Economical importance of eye-bar in the rehabilitation of cantilever steel bridge Traian Proceedings of 13th International Multidisciplinary Scientific Geoconference 16-23 iunie 2013 2013
9. **Petzek E.**, Butisca A., Toma L Eye Bar -Pins Connections Advanced Materials Research, Structural Integrity of Welded Structures 2013
10. Malita M., Feier A., Hernea S., **Petzek E.** A present duty – New Life for Historical Steel Bridges 15th Anniversary International Multidisciplinary Scientific Geoconference & Expo SGEM 2015 2015
11. **Petzek, E.** ; Toma, L. ; Metes, E Deconstruction of existing railway and highway bridges Advanced Materials Research, 10th International Conference on Structural Integrity of Welded Structures (ISCS13) 2013
12. **Petzek, E.** ; Toma, L. ; Bancila, R Technical solutions for rehabilitation of old arch bridges 2nd International Conference on Structures and Architecture 2013
13. **Petzek, E.** ; Bancila, R EVALUATION OF SERVICE SECURITY OF STEEL STRUCTURES NATO Advanced Research Workshop on Security and Reliability of Damaged Structures and Defective Materials 2009

14. Bancila, R ; **Petzek, E** ,; Boldus, D Extended life for old highway bridges from the western part of Romania International Conference on Metal Structures 2006
15. **Petzek, E** ; Bancila, R Methodology for the assessment of remaining fatigue life for existing welded railway bridges International Conference on Metal Structures 2006
16. **Edward Petzek** Siguranța în exploatare și reabilitarea podurilor metalice Mirton, Timisoara ISBN 973-661-289-9 2004
17. Radu D., Feier A., **Petzek E.**, Băncilă R Refurbishment of existing steel structures- an actual problem Periodica Polytechnica Civil Engineering 2016
18. **Petzek E.**, Băncilă R. Maintenance of riveted steel bridges exemplary shown with two highway bridges across the river Marosch in Romania STAHLBAU 2013
19. **Petzek, E.**, **Kosteas, D.**, Băncilă, R Fracture Mechanics as a complementary method for determination of service life of old riveted steel bridges in Romania Article Bruchmechanik als Komplementärmethode zur Bestimmung der Restnutzungsdauer alter genieteteter Stahlbrücken in Rumänien] (2005) Stahlbau, 74 (9), , DOI: 10.1002/stab.200590155 Ebsco, ProQuest 2005
20. **Edward PETZEK**, Radu BĂNCILĂ, Dimitris KOSTEAS THE DETERMINATION OF CRACK GROWTH RATE FOR OLD RIVETED STEEL BRIDGES Computational Civil Engineering 2004 Ebsco, ProQuest 2004
21. Radu Bancila, **Edward Petzek**, Dragos Teodorescu The history and development of welded structures in particular bridges in Romania South-East European Welding Congress, p.63-75 scholar.google2006
22. Dorel Boldus, **Edward Petzek**, Radu Bancila Fatigue assessment of welded highway bridges South-East European Welding Congress, p.158-168 scholar.google2006
23. Radu Bancila, **Edward Petzek**, Dorel Boldus General Concept Regarding the Rehabilitation of Existing Steel Bridges Steel Bridges: Advancenced Solutions & Technologies, 7th International Conference on Steel Bridges, Guimarães, Portugal scholar.google2008
24. Radu Bancila, **Edward Petzek** The History of the Romanian Danube Bridges International Congress Construction History, Cottbus, Germany, Proceedings of the Third International Congress on Construction History scholar.google2009
25. Radu Bancila, **Edward Petzek**, Silvia Romanu, Oana Ionita Assessment of failures and malfunctions Joint Workshop of the COST actions TU0601, Preceedings of the Joint Workshop of COST Actions TU0601 and E55, Ljubljana scholar.google2009
26. **Edward Petzek**, Radu Bancila, Victor Schmitt Criteria for the assessment of existing railway bridges COST C25.Sustenability of Construction, Timisoara, Sustenability of Construction, Ed. Orizonturi Universitare scholar.google2009
27. **Edward Petzek**, Radu Bancila, Victor Schmitt Deconstruction of bridges COST C25.Sustenability of Construction, Timisoara, Sustenability of Construction, Ed. Orizonturi Universitare scholar.google2009

28. Radu Bancila, **Edward Petzek** Verification principles of the existing railwa bridges situated on the IV European Corridor in Romania 6th International PhD & DLA Symposium, Pollack Scopus2010
29. Radu Bancila, **Edward Petzek**, Dorel Bolduș, Vasile Bondariuc New life for an old historical steel bridge over the Mureș river European Convention for Constructional Steelwork AWARD - First European prize Scopus2010
30. Băncilă R., Feier A., **Petzek E.**, *Verificarea la oboseală a elementelor construcțiilor metalice în conformitate cu standardul european SR EN 1993-1-9:2006 (Partea a I-a)*, SUDURA, ISBN : 1453 – 0384, 2020
31. Băncilă R., **Petzek E.**, Feier A., Radu D Fatigue assessment of welded steel highway bridges in accordance with the European Standards International Scientific Conference CIBv-Civil Engineering and Building Services, 5 - 6, November 2020 Scholar, ProQuest 2020
32. **Edward Petzek**, Luiza Toma, Elena Meteș, Radu Băncilă Renewal of old existing small road bridges with modular system–CASE STUDY Mănărau BRIDGE Economical Bridge Solutions based on innovative composite dowels and integrated abutments: Ecobridge, Springer Fachmedien Wiesbaden, 133-141 Scholar, ProQuest 2013
33. **Petzek, E.**, Toma, L., Meteș, E. Deconstruction of existing railway and highway bridges Advanced Materials Research, 814, pp. 214-221, DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMR.814.214 Scholar, ProQuest 2013
34. Băncilă R., Feier A., **Petzek E.**, *Verificarea la oboseală a elementelor construcțiilor metalice în conformitate cu standardul european SR EN 1993-1-9:2006 (Partea a II-a)*, SUDURA, ISBN : 1453 – 0384, 2020
35. R. Băncilă, **E. Petzek**, A. Feier, D. Radu, *Particularități în proiectarea și execuția podurilor metalice și compuse sudate în conformitate cu standardele europene(Partea I). Necesitatea colaborării între proiectant și inginerul specialist sudor*, Revista Drumuri și Poduri, mai 2024
36. R. Băncilă, **E. Petzek**, A. Feier, D. Radu, *Particularități în proiectarea și execuția podurilor metalice și compuse sudate în conformitate cu standardele europene(Partea II). Necesitatea colaborării între proiectant și inginerul specialist sudor*, Revista Drumuri și Poduri, septembrie 2024
37. Gert Albrecht, Dimitris Kosteas, Edward Petzek, Radu Bancila Pilotstudie: „Die Metodik zur Bestimmung der Restsicherheit am Beispiel bestehender Stahlbrücken in Rumänien” DAAD 052 T1 - 20012001-2002
38. Edward Petzek, Radu Bancila, Dimitris Kosteas Bestimmung der Restnutzungsdauer bestehender Stahlbrücken BH 1312 Tit. 681 90 Auftrag 6050031 2005
39. **Edward Petzek** Elaborarea de instrucțiuni (ghid de procedură) pentru aplicarea principiilor mecanicii ruperii la stabilirea siguranței în exploatare și a duratei de viață rămase a podurilor metalice existente CNCSIS "CNCSIS 27688/14.03.05 Tip AT, Cod 72 " 2005-2006

40. Radu Bancila, Silvia Hernea, **Edward Petzek** s.a. Necesitatea reabilitării podurilor de șosea exemplificată prin podul Traian din municipiul Arad CNCSIS "CNCSIS 27688/14.03.05 Tip A, Cod 1579 " 2005-2006
41. Radu D., Feier A., **Petzek E.**, Băncilă R. (2016), *Refurbishment of existing steel structures- an actual problem, Periodica Polytechnica Civil Engineering* [clasificarea revistei conform CNCS/CNCSIS: revistă cotate ISI, FI (2015) = 0.151, SIR (2016) = 0.351, Online ISSN 1587-3773]
42. Butisca (cas. Feier) A., **Petzek E.**, "Behavior of hinges elements în cantilever historical bridges"., *Metalurgia International Editura Stiintifica F.M.R.* 2013, Nr.7 ISSN 1582-2214 ISSN 1582-2214 pp.191-194
43. **Petzek E.**, Butisca (cas. Feier) A., Toma L., „Eye bars - pins connections”, *Structural integrity of welded structures*, ISBN: 978-3-03785-848-6, 2013
44. Băncilă R., Feier A., **Petzek E.**, *Verificarea la oboseală a elementelor construcțiilor metalice în conformitate cu standardul european SR EN 1993-1-9:2006 (Partea a I-a)*, SUDURA, ISBN: 1453 – 0384, 2020
45. Băncilă R., Feier A., **Petzek E.**, *Verificarea la oboseală a elementelor construcțiilor metalice în conformitate cu standardul european SR EN 1993-1-9:2006 (Partea a II-a)*, SUDURA, ISBN : 1453 – 0384, 2020
46. R. Băncilă, **E. Petzek**, A. Feier, D. Radu, *Particularități în proiectarea și execuția podurilor metalice și compuse sudate în conformitate cu standardele europene(Partea I). Necesitatea colaborării între proiectant și inginerul specialist sudor*, *Revista Drumuri și Poduri*, mai 2024
47. R. Băncilă, **E. Petzek**, A. Feier, D. Radu, *Particularități în proiectarea și execuția podurilor metalice și compuse sudate în conformitate cu standardele europene(Partea II). Necesitatea colaborării între proiectant și inginerul specialist sudor*, *Revista Drumuri și Poduri*, septembrie 2024
48. Radu D., Feier A., **Petzek E.**, Băncilă R. (2016), *Refurbishment of existing steel structures- an actual problem, Periodica Polytechnica Civil Engineering* [clasificarea revistei conform CNCS/CNCSIS: revistă cotate ISI, FI (2015) = 0.151, SIR (2016) = 0.351, Online ISSN 1587-3773]
49. Feier, A.; Both, I.; **Petzek, E.** Optimisation of the Heterogeneous Joining Process of AlMg3 and X2CrNiMo17-12-2 Alloy by FSW Method. *Materials* 2023, 16, 2750. doi: 10.3390/ma16072750 (Q1, Journal Impact Factor = 3.1)
50. Anamaria Feier, Richard Molnar, **Edward Petzek**. Remedierea deformațiilor la îmbinările sudate. Aplicații practice, 978-606-35-0582-9, Politehnica.
51. Seidl G., Stambuk M., Lorenc W., Kolakowski T., **Petzek E.** Economic composite constructions for bridges - Construction methods implementing composite dowel strips STAHLBAU 2013
52. R. Bancila, **E. Petzek**, A Feier, R. Dorin Elemente de calcul la oboseala si de calculul sudurilor la constructiile metalice sudate in conformitate cu standardele europene Eurocodes Sudura 2025
53. Prelegeri invitate în Brussel, București, Dublin, Berlin.
54. **E. Petzek** et al. Poduri moderne de cale ferată în alcătuire masivă și cvompusă oțel-beton, *Congresul Național de Drumuri și Poduri*.
55. **E. Petzek** Adaptări la SR CEN/TR 17231.

56. **Edward Petzek**, Radu Bancila, Victor Schmitt Deconstruction of bridges  
COST C25.Sustainability of Construction, Timisoara, Sustainability of  
Construction, Ed. Orizonturi Universitare scholar.google2009 978-973-638-428-8
57. **E.Petzek** Proiect SBRI+ Manuale de proiectare 1 și 2, ISBN 978973-638-632-9, 2018.
58. Radu Bancila, Vasile Bondariuc, Dorel Boldus, **Edward Petzek** Elaborarea  
proiectelor de standard pentru poduri metalice de cale ferată și de șosea având la bază  
metoda stărilor limită "Grant CNCSU, contract nr. 33/1998, tema nr. A5 cod 5 Partea I  
1998 CNCSU
59. Radu Bancila, Dorel Boldus, **Edward Petzek** Elaborarea proiectului pentru  
documentul de aplicare națională (NAD) a EC4-2 Poduri cu structură mixtă  
CNCSIS Nr. 34966/30.07.2001, tema A10, cod 1324 2001 CNCSIS
60. Grant RFCS- Valorisation of Knowledge for Sustainable Steel-Composite Bridges in  
Built Environment RFCS-2015 / 710068 2015-2017
61. Carte **Edward Petzek**, Radu Bancila RFCS - EcoBridge RFCS 2010-2013
62. Manual **Edward Petzek**, Radu Bancila LLP-LDV-TOI-2012-RO 024 2012-  
2014
63. **Petzek, E**; Schmitt, V; Metes, E; Ispasoiu, G; Turcan, A Romanian projects and  
integral bridge solutions based on composite dowels STEEL CONSTRUCTION-  
DESIGN AND RESEARCH 2016
64. Seidl G., Stambuk M., Lorenc W., Kolakowski T., **Petzek E.** Economic composite  
constructions for bridges - Construction methods implementing composite dowel strips  
STAHLBAU 2013
65. **Petzek, E**, Grecea, D, Ispasoiu, G, Turcan, A, Retter, G Development of Effective  
Designs for Composite Bridges in Seismic Areas PROCEEDINGS OF THE 10TH  
INTERNATIONAL CONFERENCE ON BEHAVIOUR OF STEEL STRUCTURES  
IN SEISMIC AREAS, STESSA 2022 2022
66. Toduti, L; Metes, E; **Petzek, E**; Toduti, M; Ispasoiu, G; Zaha, B Innovative bridges  
over Bega 4th International Conference on Structures and Architecture (ICSA)  
2019
67. **Petzek, E**; Metes, E; Toduti, L; Bancila, R Bridge Solutions Based on Composite  
Dowels Executed in Romania 9th International Conference on Bridges in  
Danube Basin 2016
68. **Petzek, E**; Metes, E; Turcan, A.; Schmitt, V New Integral and Semi-integral  
Bridge Solutions for the Romanian Highways and Motorways 9th International  
Conference on Bridges in Danube Basin 2016
69. Seidl, G; **Petzek, E**; Bancila, R Composite Dowels in Bridges - Efficient solution  
Advanced Materials Research, 10th International Conference on Structural  
Integrity of Welded Structures (ISCS13) 2013
70. **Petzek, E**; Toma, L.; Metes, E Deconstruction of existing railway and highway  
bridges Advanced Materials Research, 10th International Conference on  
Structural Integrity of Welded Structures (ISCS13) 2013
71. **Petzek, E**; Toma, L.; Metes, E Efficient solution for large motorways composite  
bridges 2nd International Conference on Structures and Architecture 2013
72. **Petzek, E**; Toma, L.; Bancila, R Technical solutions for rehabilitation of old arch  
bridges 2nd International Conference on Structures and Architecture 2013

73. Malita M., Feier A., **Petzek E.**, Bancila R. Bridges on Timisoara bypass. 3th International scientific Meeting E-GTZ 2016 State and trends og Civil Enviromental engineering”- Tuzla, Bosnia and Herzegovina, 2-4 June 2016  
Scholar, ProQuest 2016
74. Bancila R., Feier A., **Petzek E.** Suggestions and proposals for the application of the European Standard SR EN 1090 in the design and execution of steel structures especially bridges (in Romania) International Conference „Innovative Technologies for Joining Advanced materials- TIMA 16” 3-5 2015 June Timisoara  
Scholar, ProQuest 2015
75. Grant **Edward Petzek**, Radu Bancila RFCS - EcoBridge RFCS 2010-2013
76. Grant **Edward Petzek**, Radu Bancila LLP-LDV-TOI-2012-RO 024 2012-2014 2012-2013
77. Radu Bancila (director), **Edward Petzek**, Dorel Boldus Soluții de înlocuire rapidă a suprastructurilor podurilor de pe rețeaua națională de autostrăzi în cazuri de forță majoră (atentate teroriste, calamități naturale) CESTRIN "Contract de cercetare CESTRIN nr. 70/2006 Contract UPT 517/2006 2006
78. PORR & SSF-RO, Proiectare și Execuție pentru „Modernizarea liniei de cale ferată București Nord – Jilava – Giurgiu Nord – Giurgiu Frontieră” – Lot 1, 2021.
79. Schmitt, V., „Verbundbrücken in der Praxis”, Beton Kalender (2002), Ernst & Sohn, 2002.
80. Lebet, J.P., Hirt M.A., „Conceptual and Structural Design of Steel and Steel-Concrete Bridges, EPFL Press, ISBN 978-2-940222-62-9, 2013.
81. SR EN 1993-1-8-2006 Partea 1-8 Proiectarea îmbinărilor
82. DIN 18800- 1990 Stahlbauten. Bemessung und Konstruktion
83. Feier A. M., **Petzek E.**, Băncilă R. “Alcătuirea și calculul construcțiilor metalice sudate”, Editura Sudura 2011, ISBN 978-973-8359-63-5
84. SR EN 1991-1-2 (August 2004) Eurocodul 1: Acțiuni asupra structurilor
85. SR-EN 10025-2019 partea 2-6
86. EC1- Eurocod 1: Acțiuni asupra structurilor Partea 1-1: Acțiuni generale-Greutăți specifice, greutăți proprii, încărcări utile pentru clădiri
87. Holzer S., Kranz B, ș.a. ”Bemessung von Schweissanschlüssen nach DIN-EN-1993-1-8, Stahlbau 79 (2010), Heft 11
88. Podul peste Rin la Leverkusen – An de construcție 1965 ([https://de.wikipedia.org/wiki/Rheinbr%C3%BCcke\\_Leverkusen#Notsanierung\\_und\\_Nebau](https://de.wikipedia.org/wiki/Rheinbr%C3%BCcke_Leverkusen#Notsanierung_und_Nebau))
89. Unterlagen des Dresdner Brückenbausymposium 2010, <https://tu-dresden.de/bu/bauingenieurwesen/imb/das-institut/veranstaltungen/-dresdner-brueckenbausymposium>
90. \*\*\* Poduri metalice de șosea. Calcul și alcătuire, STAS 1489 – 1975
91. Băncilă R., **Petzek E.**, Feier A. ”Verificarea la oboseală a elementelor construcțiilor metalice în conformitate cu standardul european SR-EN 1993-1-9:2006 (Partea 1/a), Revista SUDURA 3/2020, ISSN 1453-0384
92. \*\*\* SR-EN 1993-1-9-2006 Proiectarea structurilor de oțel. Oboseala

93. \*\*\* SR EN 1991-2:2004 Eurocodul 1: Acțiuni asupra structurilor. Partea 2: Acțiuni din trafic la poduri
94. Băncilă R. "Exemplu de calcul pentru verificarea la oboseală", Seminar TEMPUS 4509/92/1, Timișoara, iunie 1994
95. Croce P. "Background to fatigue load models for Eurocode 1: Part 2 Traffic Loads. Progress in Structural Engineering and Materials", 2001, 3(4)
96. Mohamad al-Emrani, Mudtafa Aygül "Fatigue design of steel and composite bridges - Report 2014:10", Department of Civil and Environmental Engineering, Chalmers University of Technology, ISSN 1652-9162, Göteborg, Sweden 2014
97. \*\*\* Țenchea P. "Calitatea produselor metalice sudate pentru construcții. Dezvoltări recente ale standardelor din seria EN 1090", Revista SUDURA 1/2019, ISSN 1453-0384
98. <https://kem.industrie.de/>
99. Băncilă R., Feier AM, **Petzek E.** "Locul și rolul expertului sudor în proiectarea și execuția construcțiilor din oțel sudate; conexiunea interdisciplinară între arhitect, proiectant și expertul sudor", Revista SUDURA 1/2019, ISSN 1453-384
100. **Petzek E.**, Feier A., Băncilă R., Toduți L. "Alegerea materialului la Construcții Metalice Sudate în conf. cu Standardul European - SR EN 1993-1-9:2006", Revista Construcțiilor nr. 180 – mai 2021, pg.38, ISSN 1841-1290
101. \*\*\* Eurocodul 3; Anexa 10 - SR EN 1993-1-10;2006
102. \*\*\* Deutscher Ausschuss für Stahlbau "Stahlsortenauswahl für geschweisste Stahlbauten" DAST-Richtlinie 009
103. Băncilă R., **Petzek E.**, Feier A. "Suport curs EWE&IWSD (European Welding Engineer & International Structural Welding Designer)", ASR & ISIM, 2019
104. \*\*\* SR EN 10164:2019 Oțeluri de construcții cu caracteristici de deformare îmbunătățite pe direcție perpendiculară pe suprafața produsului. Condiții tehnice de livrare
105. \*\*\* EN 1993 -1 -9:2005, Eurocodul 3: Proiectarea sudurilor de oțel - Part 1 -9: Oboseala
106. Feier A., Băncilă R., **Petzek E.** "Verificarea la oboseală a elementelor construcțiilor metalice în conformitate cu standardul european SR EN 1993-1-9:2006(Partea a I-a)", Revista SUDURA 3/2020, pg. 5-10, ISSN: 1453 – 0384
107. Băncilă R., Feier A., **Petzek E.** "Verificarea la oboseală a elementelor construcțiilor metalice în conformitate cu standardul european SR EN 1993-1-9:2006 (Partea a II-a), Revista SUDURA 4/2020, pg. 5-13, ISSN: 1453 – 0384
108. Băncilă R., **Petzek E.**, Ispășoiu G. "Verificarea la oboseală a podurilor metalice de șosea metalice și compuse în conformitate cu standardele europene Eurocod" Partea 1, Revista DRUMURI și PODURI, nr. 303/2023, editată de APDP (Asociația Profesională de Drumuri și Poduri) ISBN 1222-4235 și ISSN-L 1222-4235
109. Băncilă R., **Petzek E.**, Ispășoiu G. "Verificarea la oboseală a podurilor metalice de șosea metalice și compuse în conformitate cu standardele europene Eurocod" Partea a 2-a, Revista DRUMURI și PODURI, nr. 304/2023 editată de APD P (Asociația Profesională de Drumuri și Poduri) ISBN 1222-4235 și ISSN-L 1222-4235

110. Feier A., **Petzek E.** Băncilă R. "Alcătuirea și calculul construcțiilor metalice sudate", Editura SUDURA 2021, ISBN 978-973-8359-63-5
111. \*\*\* EN 1090-2:2012 Execution of steel structures and aluminium structures - Part 2: Technical requirements for steel structures
112. \*\*\* SR EN 1994-1-1-2004 Proiectarea structurilor compozite de oțel-și beton
113. Infoblatt EN 1090 Zuordnung von Bauteilen bzw. Tragwerken aus Stahl zu den Ausführungsklassen von DIN EN 1090 – 08.09.2021 (Încadrarea structurilor din oțel în clase de calitate)
114. \*\*\* SR-EN 13001-1;2015 Instalații de ridicat. Proiectare generală
115. SR EN ISO 17637:2017 Examinări nedistructive ale sudurilor. Examinarea vizuală a îmbinărilor sudate prin topire
116. SR EN ISO 5817:2023, Îmbinări sudate prin topire din oțel, nichel, titan și aliajele acestora (cu excepția sudării cu fascicule de energie). Niveluri de calitate pentru imperfecțiuni
117. SR EN 1090-2:2018, Execuția structurilor de oțel și structurilor de aluminiu. Partea 2: Cerințe tehnice pentru structuri de oțel
118. SR EN ISO 3834-1:2006, Specificarea cerințelor de calitate pentru procedeele de sudare
119. Liv Eltvik – AAS-JAKOBSEN, "Weld Inspection acc. to EN-1090-2:2018"
120. Webinar ASR – Timișoara, februarie 2023
121. Stahlbau Dialog/ Österreichischer Stahlbauverband EN 1090-2:2018
122. Eleni Gogou "Use of High Strength Steel Grades for Economical Bridge Design" TU- Delft, <https://www.scia.net/sites/default/files/thesis/reportgogou.pdf>
123. Schröter F., Müller M. "Current world-wide trends in the usage of modern steel plate", Steelbridge 2004-International Symposium on steel bridges, 23-25 June 2004, Millau-France, pp.070/1-07/019
124. Lehnert T., Schroeter F. "How modern steel developments can help cost and sustainability of bridge constructions", <https://www.dillinger.de>
125. Nussbaumer A., Gunther H.P. "Stahlbau – Kalender 2006 "Ernst&Sohn", Berlin, ISBN 3-43301821-9
126. ECCS "Good Design Practice" - A guideline for Fatigue Design, nr. 105, 2000
127. ECCS-EDM\_Manual 1-9-CL\_PICS-v40.docx
128. ECCS-CECM-EKS "ECCS Award for Steel Bridges 2010": New Life for an Old Historical Steel Bridge over the Mureș River" [www.steelconstruct.com](http://www.steelconstruct.com)
129. Lohse H. "Stahlbau 1 Teubner Verlag 2002, ISBN 3-519-25254-6
130. [https://de.wikipedia.org/wiki/Life\\_Cycle\\_Costing](https://de.wikipedia.org/wiki/Life_Cycle_Costing)
131. **Petzek E.**, Băncilă R. "Economical Bridge solutions; innovative composite dowels and integrated abutments" Springer Verlag, ISBN 978-3-658-06417-4, 2014
132. \*\*\* "Vorteile von Stahllösungen im Brückenbau" Arcelor Mittal, AMCRPS\_Bridge-Leaflet\_DE%20(3).pdf
133. Sedlacek G., Paschen M. "Instandsetzung und Verstärkung von Stahlbrücken unter Berücksichtigung des Belagssystems" Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen
134. Brücken- und Ingenieurbau Heft B 76 /2011

135. EN 1090-2:2018, Execution of steel structures and aluminium structures - Part 2: Technical requirements for steel structures
136. SR EN 1090-2+A1:2012, Execuția structurilor de oțel și a structurilor din aluminiu. Partea 2: Cerințe tehnice pentru structuri de oțel
137. SR EN 1990:2004 Bazele proiectării structurilor
138. SR EN 1993-1-8:2012-12 Eurocodul 3: Proiectarea structurilor din oțel – Partea 1 – 8: Proiectarea îmbinărilor
139. SR EN 1993-1-3:2010-12 Eurocodul 3: Proiectarea structurilor din oțel – Partea 1 – 3: Reguli generale – reguli suplimentare pentru profile și table cu pereți subțiri laminate la rece
140. SR EN 1090-2:2011-10, Execuția structurilor din oțel și aluminiu – Partea 2: Reguli tehnice pentru execuția structurilor din oțel
141. Ieremici Z., Oproiu M. ”Cerințe pentru evaluarea conformității și cerințe tehnice pentru execuția structurilor de oțel și aluminiu conform SR EN 1090” Revista Sudura, 3/2011
142. Deutsche Bahn ”Ausführung von Eisenbahnbrücken“ DBS 918005, August 2012
143. Bundesanstalt für Straßenwesen ”Zusätzliche Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten” ZTV-ING, Teil 4, Stahlbau, Stahlverbundbau 12/2012
144. Fiedler E., Ziemann E. ”Die Bogenbrücke über die Saale bei Calbe”, Stahlbau 66, Heft 5, 1997
145. Băncilă R., **Petzek E.** ”Calculul îmbinărilor sudate în conformitate cu standardele europene ENV 1993-1-8”, SUDURA 1/2013, ISSN 1453-0384
146. Petersen C. ”Stahlbau” Springer Verlag 2013, ISBN 978-3-528-38837-9
147. Wolfram Lohse ”Stahlbau 2” Teubner Verlag 2005, ISBN 3-519-25255-4
148. Kindmann R., Stracke M. ”Verbindungen im Stahl und Verbundbau” Ernst & Sohn, 2015, ISBN 978-3-433-030-20-2
149. Sesselberg C. ”Kranbahnen” Bauwerk, 2009, ISBN 978-3-89932-218-7
150. Nussbaumer A., Günther H. ”Grundlagen und Erläuterung der neuen Ermüdungsnachweise nach Eurocode 3“ Stahlbau Kalender 2006
151. Maddox, S. Haagensen H. ”Post weld improvement of steel and aluminum structures IIW-Working Group 2, July 2003
152. Băncilă R., **Petzek E.**, Feier A. ”The place and role of the welding expert in the design and execution of welded steel constructions; interdisciplinary connection between the architect, the design engineer and the welding expert” (in Romanian), ”SUDURA”, March 2019, ISSN 1453-0384
153. \*\*\* Round Table Discussion ”Developments in welded steel constructions”, Timișoara 6.09.2018, organized by the Romanian Alliance of Technical Universities (ARUT), Politehnica University Timisoara (UPT) and the Romanian Welding Society (ASR)
154. Lehnert T., Kühn B., Krieglstein T. ”Einsatz dicker Grobbleche im Brückenbau”, Stahlbau 88 – Heft 2, 2019

155. Băncilă, R., **Petzek, E** Feier, A. "Fatigue assessment of welded steel highway bridges according to the European standards" revista SUDURA 1/2021, ISSN 1453-0384
156. \*\*\* SR EN 1991-2:2004 "Eurocodul 1: Acțiuni asupra structurilor. Partea 2: Acțiuni din trafic la poduri"
157. Feier A., **Petzek E.**, Băncilă R. "Calculul și alcătuirea construcțiilor metalice sudate", Editura Sudura, 2021, ISBN 978-973-8359-63-5
158. White H. (2007) Integral Abutment Bridges – Comparison of current practice between European countries and the United States of America. Special report 152, Transportation Research and Development Bureau, New York State Department of Transportation
159. Petursson H., Collin P., Velikovic M., Andersson J. (2011) "Monitoring of a Swedish Integral Abutment Bridge. Structural Engineering International", SEI vol. 21, no. 2, pg. 175-180
160. RE-ING (2016) Richtlinien für den Entwurf, die konstruktive Ausbildung und Ausstattung von Ingenieurbauten, Teil 2 Brücken, Abschnitt 5 Integrale Bauwerke
161. **Petzek E.**, Meteș E., Țurcan A., Schmitt V. (2016) New Integral and Semi-integral Bridge Solutions for the Romanian Highways and Motorways. Bridges in Danube Basin, EDIS, University of Zilina, ISBN 978-80-554-1249-8, pg. 111-112
162. BAST Fachgespräch Stahlbrückenbau | 28. März 2023 | Bergisch Gladbach | Prof. Dr.-Ing. Dieter Ungermann
163. Seidl G. u.a. "Elsterbrücke Osendorf – eine feuerverzinkte Verbundbrücke mit externer Bewehrung" Stahlbau Volume 86, Issue 2, February 2017, pg. 175-182
164. **Petzek E.** "Applications of hot dip galvanized steel in Bridge Overpass constructions in Romania" Prezentare la conferința "Assembly 2025", EGGA, Dublin, 2025
165. **Petzek E.** et. all "Poduri moderne de cale ferată în alcătuire masivă și compusă oțel – beton", Congresul Național de Drumuri și Poduri, 2022
166. PORR & SSF-RO, Proiectare și Execuție pentru "Modernizarea liniei de cale ferată București Nord – Jilava – Giurgiu Nord – Giurgiu Frontieră" – Lot 1, 2021
167. Schmitt V. "Verbundbrücken in der Praxis", Beton Kalender (2002), Ernst & Sohn, 2002