

Inginer Jef
14.06.2021

ADMINISTRATIA NATIONALA "APELE ROMANE"
ADMINISTRATIA NAZIONALA DE APA MURES
Sistemul de Gospodarirea Apelor Mures
Nr. 6691
Ziua 14 Luna 06 Anul 2021

RAPORT TEHNIC

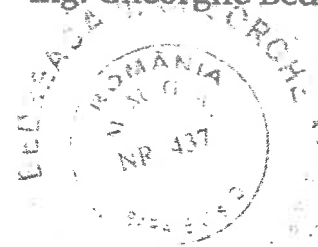
EL-UCC-SCT
SH Mures

PRIVIND INCIDENTUL APĂRUT LA PANOUL SUPERIOR AL STAVILEI PLANE DUBLE nr. 1 CARE ECHIPEAZĂ BARAJUL TÂRGU MUREȘ - PRIZĂ 1
în data de 30 Mai 2021.



Expert baraj:

ing. Gheorghe Bedreagă



[Handwritten signature]

Expert EHEM:

Conf. dr. ing. Adrian Prodescu



Iunie 2021

CUPRINS

1. Date preliminare	3
2. Descrierea incidentului	5
3. Analiza mecanismului de producere a cedării; principii de alcătuire a noilor îmbinări	8
4. Propuneri de remediere	10
Anexa 1 - Note de calcul	12
Anexa 2 - Propunere de alcătuire a noului sistem de prindere a tijelor cremalieră de stavilă	14

1. Date preliminare

Barajul Târgu Mureș priză 1 este amplasat pe râul Mureș, în zona municipiului Târgu Mureș - jud. Mureș. Principala funcțiune a amenajării este alimentarea cu apă.

Administratorul barajului este Administrația Națională Apele Române R.A. - A.B.A Mureș, prin S.G.A. Mureș.

Barajul are cinci câmpuri deversante echipate cu stavile plane simple sau duble.

Acumularea realizată de baraj are următoarele nivele caracteristice:

- nivelul retenției normale: 312,06 mdM;
- nivelul cu probabilitatea de depășire 1% (toate stavilele ridicate): 313,25 mdM;
- nivelul cu probabilitatea de depășire 0,1% (toate stavilele ridicate): 314,40 mdM;
- nivelul minim de exploatare: 311,96 mdM.

Barajul se află în exploatare de peste 100 de ani iar soluțiile constructive adoptate la alcătuirea barajului și a stavilelor care îl deservesc sunt în concordanță cu perioada în care a fost construit. Având în vedere vechimea barajului, acesta constituie o lucrare cu caracter de monument. În acest sens, administratorul s-a preocupat pe parcursul exploatării atât de menținerea barajului în stare de funcționare prin măsuri de întreținere cât și de adoptarea, în cazul acestor măsuri, a unor soluții tehnice cât mai apropiate de cele inițiale astfel încât să fie păstrat caracterul barajului.

Având în vedere faptul că incidentul analizat în prezentul raport a apărut la una dintre stavilele barajului, în continuare sunt descrise aceste stavile.

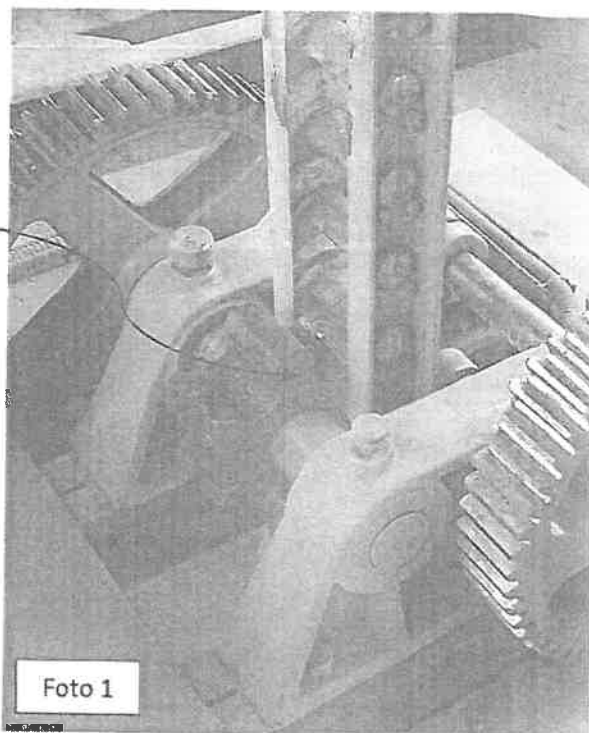
Barajul Târgu Mureș - Priză 1 este prevăzut cu 5 câmpuri deversante echipate cu stavile plane, astfel:

- Deschiderile nr. 1 și 4 sunt echipate cu stavile plane duble cu dimensiunile $(1,2 + 3,5) \times 10,0$ m;
- Deschiderile 2 și 5 sunt echipate cu stavile plane simple cu înălțimea de 1,2 m și deschiderea de 15,0 m;
- Deschiderea nr. 3 este echipată cu o stavilă plană simplă cu înălțimea de 1,2 m și deschiderea de 18,0 m.

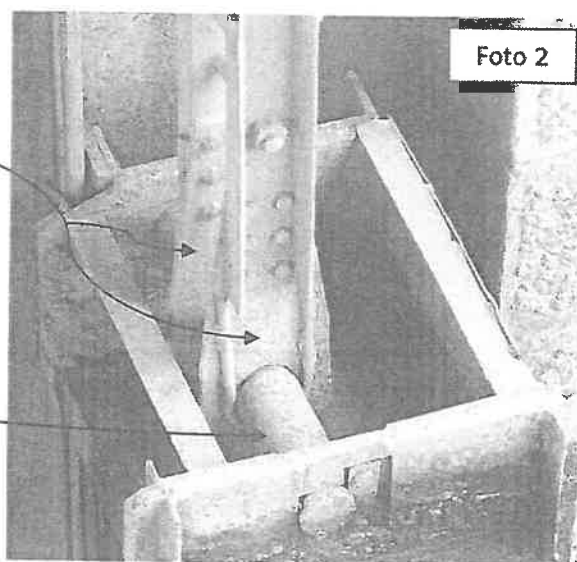
Structurile metalice de rezistență ale stavilelor sunt alcătuite din profile laminate, platbande și table asamblate prin nituire și prin sudare.

Manevrarea stavilelor se realizează electromecanic, cu ajutorul unor reductoare care antrenează tije tip cremalieră. Fiecare stavilă este acționată de câte o pereche de tije cremalieră (în cazul stavilelor simple din câmpurile 2, 3 și 5) și de câte două perechi de tije cremalieră (în cazul stavilelor duble din deschiderile 1 și 4).

Tijele cremalieră sunt compuse din câte două profile laminate tip U, cu bolțuri amplasate echidistant între cele două profile. Astfel, bolțurile tijeii cremalieră sunt antrenate de roata dintată finală a mecanismelor de manevrare tip reductor iar profilele metalice U transmit către stavile forțele necesare manevrării acestora.



La partea lor inferioară, tijele cremalieră sunt îmbinate de corpul stavilei prin intermediul a două eclise paralele, prinse fiecare pe inima profilelor U componente ale tijelor cremalieră. Prinderea ecliselor de inimile profilelor U este realizată cu câte 6 șuruburi iar prinderea corpului stavilei de eclise se face cu ajutorul unui bolț metalic.



2. Descrierea incidentului

Incidentul analizat în prezentul document s-a produs în dimineața zilei de Duminică, 30 Mai 2021 și a fost constatat inițial de către barajist. Incidentul a fost descris ca fiind însoțit de un „zgomot puternic (troznitură)”, în urma căruia barajistul s-a deplasat la deschiderea nr. 1 a barajului și a constatat faptul că „panoul superior cu dimensiunile de 1,2 x 10,0 m al stavilei plane duble din deschiderea nr. 1 a barajului era căzut”. Totodată, a constatat „compromiterea celor două tije cremalieră din profile laminate care acționează panoul superior, tija din dreapta fiind desprinsă iar tija din stânga fiind torsionată”.

În data de 31 mai 2021 a fost efectuată o vizită în amplasament pentru a constata situația apărută în urma incidentului survenit în data de 30 mai 2021. La vizita de constatare au participat următoarele persoane:

- d-na Etelka Jani - Director SGA Mureș;
- dl. Nicolae Bărbieru - Director INHGA;
- dl. Adrian Prodescu - expert EHEM;
- dl. Ovidiu Ianculescu - inginer șef SGA Mureș;
- dl. Gheorghe Păun - șef formație Baraj Priză 1.

În prealabil, personalul de la baraj a realizat o coborâre a nivelului apei în lac, fapt care a facilitat accesul în zona afectată (pe stavilă) și a permis o observare mai bună a situației.

Cu ocazia vizitei, au fost constatate următoarele (a se vedea și fig. 1 și foto 3...6):

- Panoul superior al stavilei plane din deschiderea nr. 1 era desprins de la legătura cu tija cremalieră dreapta și prins doar de tija cremalieră stânga. Ca urmare, panoul superior se găsea în poziție oblică, cu extremitatea din dreapta imersată (foto 3).
- Rotirea corpului panoului superior al stavilei (ca urmare a desprinderii de tija cremalieră dreapta) a avut ca efect încovoierea și torsionarea tijeii cremalieră stânga, care a rămas prinsă de panoul superior al stavilei (foto 5).
- Desprinderea corpului stavilei de tija cremalieră (cedarea) a avut loc la nivelul îmbinării realizate cu 2x6 șuruburi între tija cremalieră propriu-zisă și eclisele de legătură cu corpul stavilei (foto 4).
- A fost constatată o coroziune puternică a zonei de îmbinare menționată anterior (foto 4), coroziune care a afectat diametrul și forma inițială a găurilor de îmbinare. Gradul de coroziune constatat la piesele rămase (extremitatea inferioară a tijeii cremalieră) este foarte probabil să fie similar cu gradul de coroziune al pieselor care au dispărut prin cedare (șuruburile și eclisele).

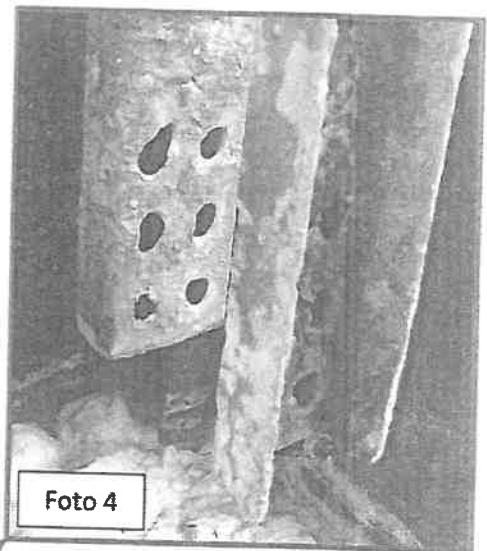
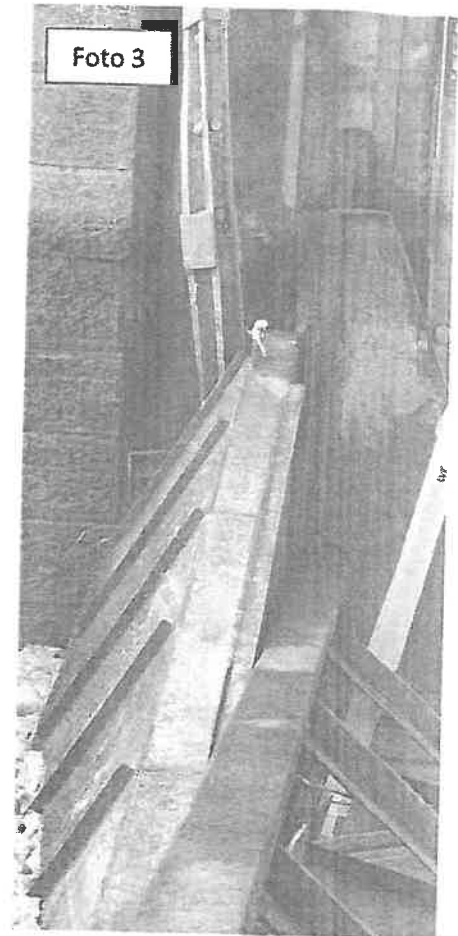
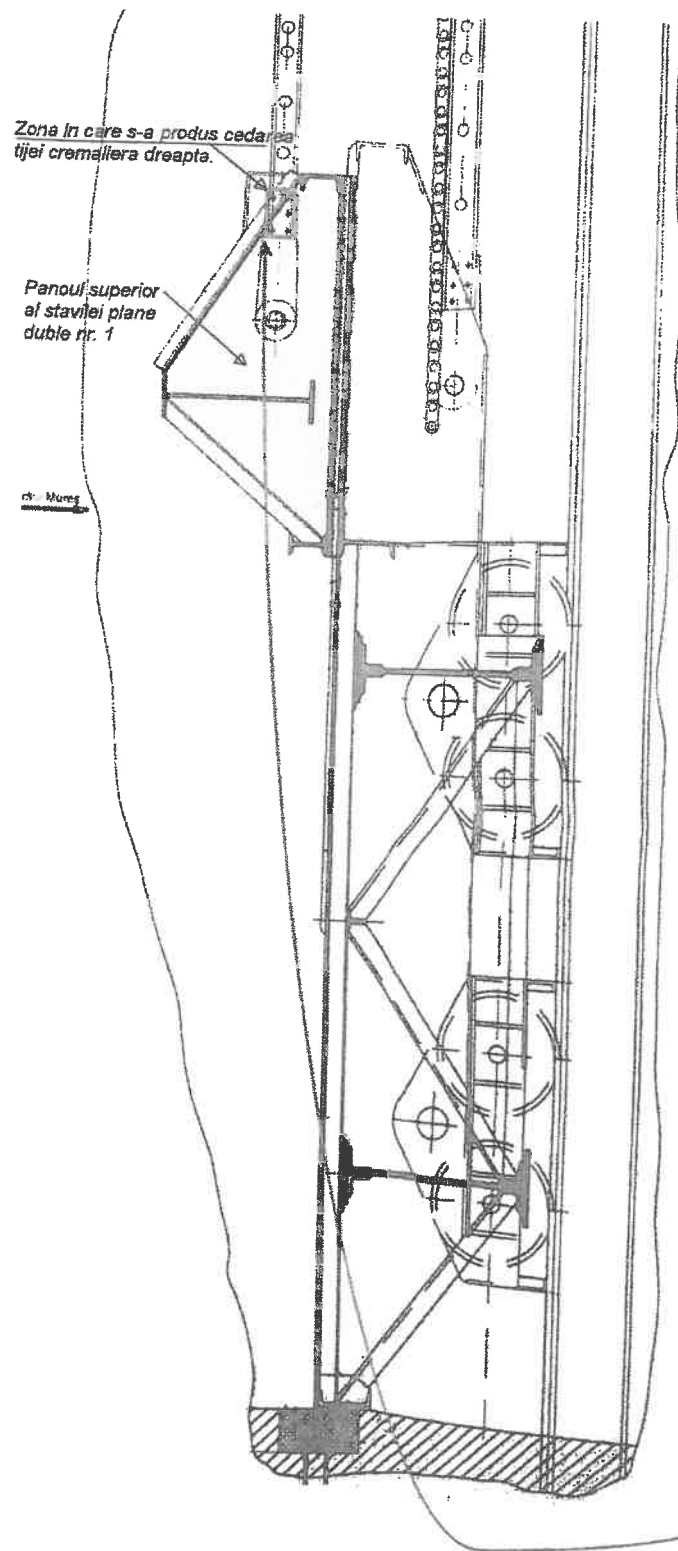


Fig 1 - Secțiune verticală prin stavila plană dublă, cu evidențierea panoului superior și a zonei de cedare.

Poziția înclinată a panoului superior al stavilei nr 1 (foto 3), ca urmare a cedării îmbinării cu șuruburi de la tija cremalieră dreapta (foto 4).

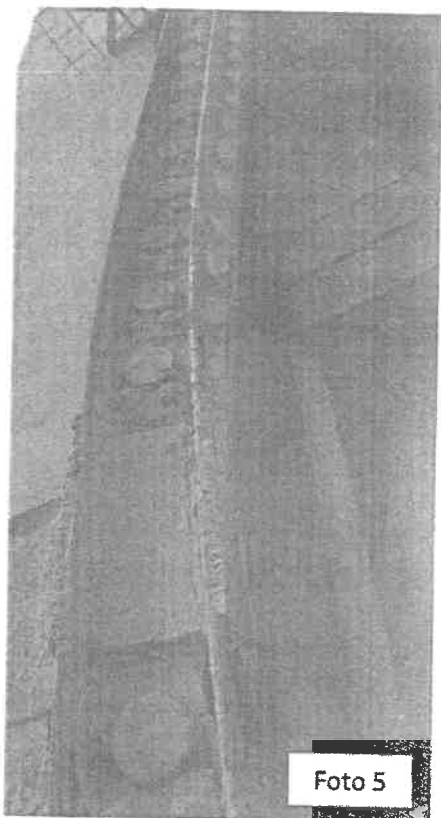


Foto 5. Tija cremalieră stânga este deformată (încovoiată și torsionată).

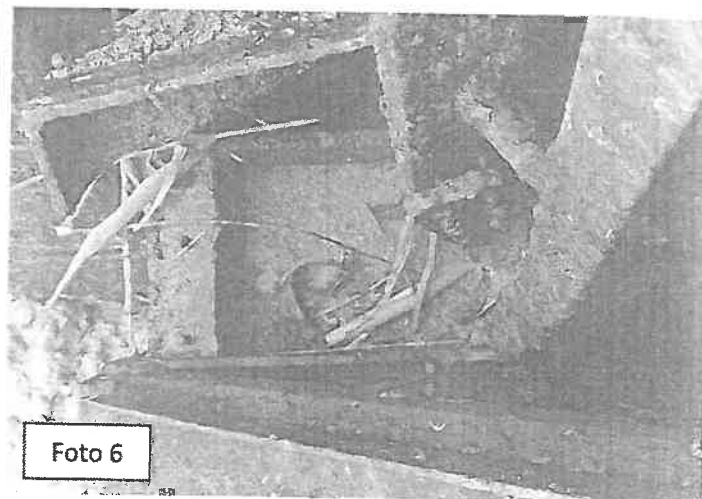


Foto 6

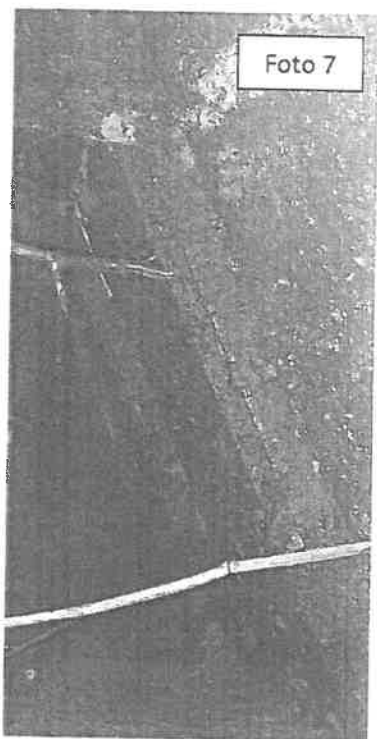


Foto 7

Foto 7. Vedere la interiorul corpului panoului superior al stavilei nr. 1.

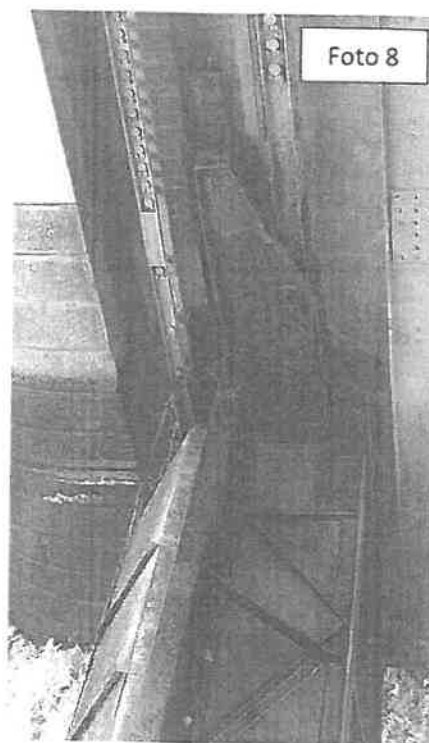


Foto 8

Foto 8. Alcătuirea stavilei plane duble nr 4 (stavilele nr 1 și 4 au alcătuire identică). Se remarcă poziționarea ascunsă (mascată de structura stavilei) a îmbinării de la partea inferioară a tijeii cremalieră.

3. Analiza mecanismului de producere a cedării; principii de alcătuire a noilor îmbinări

În prezentul paragraf se analizează mecanismul cedării tijei cremalieră dreapta, posibilele cauze precum și principiile de alcătuire a noilor tije cremalieră astfel încât să fie eliminați factorii care au contribuit la producerea cedării.

Pentru a formula aprecieri obiective, au fost efectuate și calcule privind eforturile capabile ale elementelor componente ale tijelor cremalieră, atât în varianta actuală cât și în varianta propusă. Valorile la care se face referire în continuare sunt detaliate în notele de calcul, cuprinse în Anexa I a prezentului Raport Tehnic.

Eforturi capabile ale elementelor cremalierii existente

Comparând eforturile capabile ale tijeii cremalieră (256 kN) și ale îmbinării de la partea inferioară a acesteia (294,6 kN) se observă o bună compatibilitate a acestora, cu un spor de circa 15% pentru efortul capabil al îmbinării cu șuruburi.

Mecanismul cedării

Faptul că cedarea tijeii a avut totuși loc prin îmbinarea cu șuruburi a fost determinat de următorii factori:

- Poziționarea îmbinării cu șuruburi într-o zonă imersată pe perioade foarte îndelungate;
- Amplasarea îmbinării într-o zonă mascată (ascunsă) de elementele componente ale structurii metalice a panoului superior (a se vedea foto 8 - pag 7, unde îmbinarea cu șuruburi de la partea inferioară a tijeii cremalieră a stavilei 4 nu este vizibilă);

(Acești primii doi factori, coroborați, au permis dezvoltarea în zonă a unei coroziuni puternice, imposibil de observat fără punerea la uscat a stavilei și inspectarea detaliată a acesteia)

- Conformarea îmbinării cu șuruburi astfel încât tablele îmbinate (inima profilului U și eclisa) sunt dezaxate, fiind îmbinate prin suprapunere. Acest mod de îmbinare generează solicitări parazite (momente încovoietoare cauzate de dezaxarea elementelor îmbinate - a se vedea figura alăturată). Odată cu avansarea fenomenului de coroziune în îmbinare, rotirea șuruburilor față de direcția lor normală (perpendiculară pe planul elementelor îmbinate) s-a accentuat și a condus la apariția unor solicitări complexe în tija șurubului, solicitări foarte defavorabile și imposibil de preluat în cazul unor tije corodate.

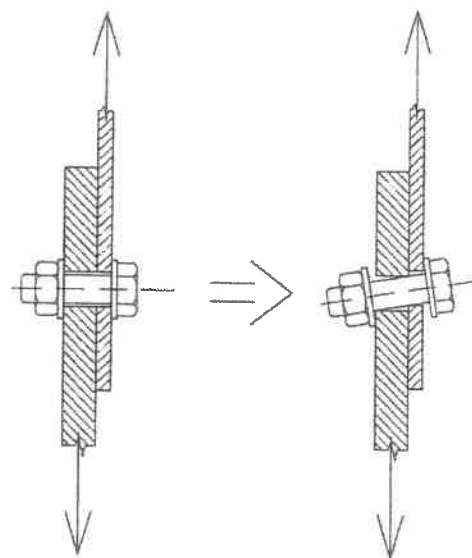


Fig. 2. Modul de lucru al unei îmbinări cu șuruburi realizate prin suprapunerea a două piese.

Principii de alcătuire ale noilor îmbinări

Principiile care stau la baza propunerii de alcătuire a noii îmbinări au ca scop eliminarea factorilor favorizanți ai cedării, prezentați anterior. Astfel, noua îmbinare va avea următoarele caracteristici:

- Eclisele de îmbinare dintre corpul panoului superior al stavilei și tija cremalieră vor avea o lungime suficientă astfel încât îmbinarea cu șuruburi de la partea superioară a acestor eclise să fie poziționată într-o zonă vizibilă și accesibilă, deasupra corpului panoului superior. Se elimină astfel imersarea cvasipermanentă a îmbinării și accesul dificil la îmbinare pentru inspectarea acesteia.
- Eclisele aferente fiecărui profil laminat U vor fi eclise duble (câte o pereche de piese care vor flanca inima profilului U pe ambele părți. Se elimină astfel modul dezavantajos de lucru al îmbinării realizate din doar două table suprapuse.
- Pe inima fiecărui profil U se va monta câte o tablă de ranforsare pentru creșterea grosimii inimii în zona îmbinării; tabla de ranforsare va avea ca efect creșterea efortului capabil la strivire laterală al șuruburilor din îmbinare (efort capabil limitat ca urmare a grosimii reduse - 6 mm - a inimii profilului U).
- La realizarea îmbinării se recomandă utilizarea unui tip de șurub care să minimizeze efectele coroziunii. Astfel, prin creșterea diametrului nominal al șuruburilor folosite se diminuează efectul coroziunii (întrucât coroziunea afectează procentual elementele invers proporțional cu grosimea acestora). În plus, se recomandă utilizarea unor șuruburi din oțel inox, rezistent la coroziune.
- Toate piesele componente ale îmbinării (eclise și tijele cremalieră propriu-zise) vor fi protejate anticorosiv în concordanță cu gradul crescut de expunere la umiditate.

Se remarcă faptul că, pe lângă beneficiile de ordin constructiv oferite de acest tip de îmbinare, se obține în paralel și o creștere a efortului capabil al îmbinării (a se vedea Anexa 1 - Note de calcul).

În Anexa 2 a prezentului Raport Tehnic poate fi urmărită o propunere de alcătuire a sistemului de îmbinare dintre tija cremalieră și corpul panoului superior al stavilei, cu respectarea principiilor de alcătuire enumerate anterior.

4. Măsuri de remediere

Măsurile de remediere menționate în continuare se bazează pe observațiile efectuate cu ocazia vizitei efectuate pe data de 31 Mai 2021, pe analiza modului de producere a cedării (paragraful 3) și pe calculele efectuate pentru elementele componente ale tijelor cremalieră și ale îmbinărilor acestora (Anexa 1).

Măsurile ce urmează a fi luate cu privire la incidentul apărut la panoul superior al stavilei plane duble nr. 1 care echipează barajul Târgu Mureș Priză 1 în data de 30 mai 2021 se încadrează în trei categorii, și anume:

➤ **Măsuri urgente imediate:**

- **Interzicerea manevrelor stavilei plane nr. 1, inclusiv interzicerea manevrării panoului inferior** întrucât prin manevrarea acestuia se poate dezechilibra panoul superior, cu posibilitatea deplasării acestuia înspre aval și blocării manevrei de închidere a panoului inferior.

➤ **Măsuri legate de refacerea funcționalității stavilei afectate de incident:**

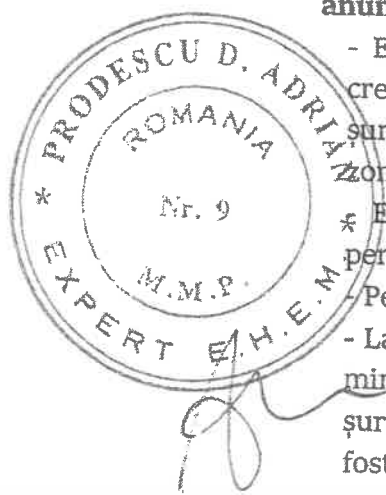
- **Confecționarea a două noi tije de cremalieră care vor înlocui tijele afectate în urma incidentului.** Tijele noi vor avea geometrie și alcătuire identică cu cea a tijelor actuale pentru a permite angrenarea acestora cu ajutorul roților dințate finale ale mecanismelor reductoare. Tijele vor fi confecționate din profile laminate din oțel cu caracteristici bune de rezistență și reziliență (oțel S355J2+N). Profilele laminate U care alcătuiesc tijele vor fi continue, fără îmbinări pe lungimea lor. Îmbinarea dintre profilele laminate și bolțuri se va realiza în același mod în care este realizată în prezent - prin introducerea bolțurilor în găuri practice în inima profilelor și securizarea bolțurilor cu plăcuțe metalice prinse de inimă cu șuruburi. Se subliniază importanța execuției precise a noilor tije, astfel încât să fie posibilă racordarea acestora la mecanismele de acționare existente.
- **Înlocuirea sistemului actual de prindere a ecliselor de la partea inferioară a tijelor.** Noul sistem va fi alcătuit conform principiilor prezentate în paragraful 3 și în Anexa 2 al prezentului Raport Tehnic, și anume:

- Eclisele de îmbinare dintre corpul panoului superior al stavilei și tija cremalieră vor avea o lungime suficientă astfel încât îmbinarea cu șuruburi de la partea superioară a acestor eclise să fie poziționată într-o zonă vizibilă și accesibilă, deasupra corpului panoului superior.

* Eclisele aferente fiecărui profil laminat U vor fi eclise duble (câte o pereche de piese care vor flanca inima profilului U pe ambele părți).

- Pe inima fiecărui profil U se va monta câte o tablă de ramforsare.

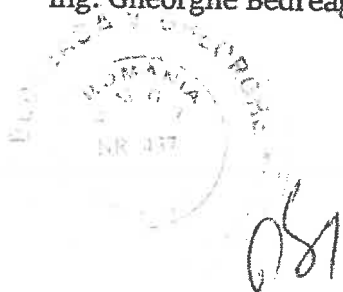
- La realizarea îmbinării se recomandă utilizarea unui tip de șurub care să minimizeze efectele coroziunii, atât prin creșterea diametrului folosit (4x2 șuruburi M20), cât și prin proprietățile anticorrosive ale materialului. A fost luată în considerare utilizarea unor șuruburi din oțel inox cu clasa de proprietăți 70 conf. EN ISO3506, cu caracteristicile de material limita de curgere $f_y = 450 \text{ N/mm}^2$ și rezistența la rupere $f_u = 700 \text{ N/mm}^2$.



- Eclisele și tablele de ranforsare din îmbinări vor fi alcătuite din oțel cu caracteristici bune de rezistență și reziliență (oțel S355J2+N).
 - Toate piesele componente ale îmbinării (eclisele și tijele cremalieră propriu-zise) vor fi protejate anticorosiv în concordanță cu gradul crescut de expunere la umiditate (clasa de corozivitate C5I conform SR EN ISO12944-2).
 - **Sablarea structurii metalice a panoului superior al porții nr. 1, urmată de inspectarea acesteia și de înlocuirea porțiunilor afectate de incident sau/și de coroziune.** Se vor inspecta și eventual se vor înlocui elementele metalice din structura panoului superior prin care trece bolțul de legătură cu tija cremalieră. Capacitatea portantă a acestor elemente va fi cel puțin egală cu cea a bolțului.
 - **Refacerea protecției anticorosive a panoului superior.**
 - **Înlocuirea, cu ocazia acestei intervenții, a tuturor elementelor metalice la care se constată deformații sau coroziune avansată - de exemplu zona inferioară a profilelor metalice verticale de ghidare a contragreutăților.**
- **Măsuri legate de prevenirea apariției de evenimente similare la celelalte stavile:**
- **Având în vedere durata mare de serviciu a stavilelor barajului, se recomandă a se avea în vedere măsuri de remediere similare celor prezentate anterior și la celelalte stavile, prioritar la stavila nr. 4 care are alcătuire identică cu stavila nr. 1. Această alcătuire (stavilă plană dublă) are ca efect menținerea cvasipermanentă în stare imersată a zonelor de îmbinare dintre corpul panoului superior al stavilei și tijele cremalieră ale panoului respectiv.**
 - **Se recomandă dotarea barajului cu două electropalane pentru manevrarea structurilor metalice ale stavilelor pe parcursul lucrărilor de reparații. Necesitatea acestui sistem de intervenție asupra stavilelor provine în special din lipsa unui sistem de batardouri la barajul Târgu Mureș Priză 1.**

Lucrările de intervenție enumerate anterior, precum și eventualele lucrări suplimentare rezultate în urma inspectării structurii sablate a stavilei sau care impun intervenții asupra structurii barajului, se vor executa pe bază de proiect și cu avizul expertului EHEM și al expertului de baraj.

Expert baraj
ing. Gheorghe Bedreagă



Expert EHEM
conf. dr. ing. Adrian Prodescu



Iunie 2021

ANEXA 1 - NOTE DE CALCUL

- Calculul eforturilor capabile ale elementelor componente ale tije cremalieră existente

Tija cremalieră se compune din (a se vedea și foto 2 - pag. 4):

- tija propriu-zisă, formată din două profile laminate U10 prin inimile cărora trec bolțuri din oțel plin $\phi 50\text{mm}$;
- îmbinarea cu șuruburi dintre capătul inferior al tije propriu-zise și perechea de eclise care face legătura cu corpul stavilei;

- Efortul capabil la întindere al tije cremalieră propriu-zise:

- Efortul capabil la întindere al celor două profile laminate U10 (aria netă a acestora):

$$N_{\text{cap,înt crm}} = n_{\text{pr}} \times A^0 \times f_y / \gamma_{m0} = 2 \times (1350 - 50 \times 6) \text{mm}^2 \times 235 / 1,1 \text{N/mm}^2 \approx 448000 \text{ N}$$

- Efortul capabil la strivire laterală în zona bolțului:

$$N_{\text{cap,str bolt}} = d_{\text{bolt}} \times (\sum t)_{\text{min}} \times R_{\text{str}} = 50 \text{ mm} \times 2 \times 6 \text{ mm} \times (2,0 \times 235 / 1,1) \text{ N/mm}^2 = \\ = 600 \text{ mm}^2 \times 427 \text{ N/mm}^2 \approx 256200 \text{ N}$$

- Rezultă efortul capabil al tije cremalieră egal cu $\min(N_{\text{cap,înt crm}}, N_{\text{cap,str bolt}}) = 256200 \text{ N}$

- Calculul efortului capabil al îmbinării cu șuruburi dintre tija propriu-zisă și eclise:

- Efortul capabil la forfecare al unui șurub M12 gr. 8.8:

$$N_{\text{cap,forf}} = n_f \times A_s \times R_{f,s} = 1 \times (\pi \times 12^2 / 4) \text{mm}^2 \times (0,6 \times 640 / 1,1) \text{ N/mm}^2 = \\ = 1 \times 113 \text{ mm}^2 \times 349 \text{ N/mm}^2 \approx 39440 \text{ N}$$

- Efortul capabil la strivire laterală al unui șurub M12 gr. 8.8 în îmbinare:

$$N_{\text{cap,str}} = d \times (\sum t)_{\text{min}} \times R_{\text{str}} = 12 \text{ mm} \times 6 \text{ mm} \times (1,6 \times 235 / 1,1) \text{ N/mm}^2 = \\ = 72 \text{ mm}^2 \times 341 \text{ N/mm}^2 \approx 24550 \text{ N}$$

- Efortul capabil al unui șurub M12 gr. 8.8 în îmbinarea inițială (existentă) este:

$$N_{\text{cap,șurub}} = \min(N_{\text{cap,forf}}, N_{\text{cap,str}}) = 24550 \text{ N}$$

- Rezultă astfel efortul capabil al îmbinării formate din 2x6 șuruburi M12:

$$N_{\text{cap,îmb}} = n_s \times N_{\text{cap,șurub}} = 12 \text{ șuruburi} \times 24550 \text{ N} = 294600 \text{ N}$$

▪ **Calculul eforturilor capabile ale elementelor componente ale tijei cremalieră în soluția propusă**

În soluția propusă (prezentată principial în paragraful 3 și în detaliu în înanexa B a prezentului Raport Tehnic) tija cremalieră se compune din:

- Tija propriu-zisă, formată din două profile laminate U10 din oțel S355 J2+N prin inimile cărora trec bolțuri din oțel plin $\phi 50\text{mm}$;

- Îmbinarea cu 2x4 șuruburi M20 dintre capătul inferior al tije propriu-zise și perechea de eclise care face legătura cu corpul stavilei. Fiecare eclisă este constituită dintr-o pereche de piese (table) care flanchează inima profilului U pe ambele părți. Inima este ranforsată pe zona îmbinării cu o piesă metalică necesară creșterii efortului capabil la strivire laterală a șuruburilor în îmbinare. Șuruburile vor fi din inox, din material cu rezistențe cel puțin egale cu cele ale șuruburilor grupa 5.6. Se recomandă utilizarea șuruburilor cu clasa de proprietăți 70 (conf. EN ISO 3506), cu caracteristicile de material: limita de curgere $f_y = 450\text{N/mm}^2$ și rezistența la rupere $f_u = 700\text{ N/mm}^2$.

• Efortul capabil la întindere al tije propriu-zise:

- Efortul capabil la întindere al celor două profile laminate U10 (aria netă a acestora):

$$N_{\text{cap,înt crm}} = n_{\text{pr}} \times A^0 \times f_y / \gamma_{m0} = 2 \times (1350 - 50 \times 6)\text{mm}^2 \times 355 / 1,1\text{N/mm}^2 \approx 677700\text{ N}$$

- Efortul capabil la strivire laterală în zona bolțului:

$$N_{\text{cap,str bolt}} = d_{\text{bolt}} \times (\sum t)_{\text{min}} \times R_{\text{str}} = 50\text{ mm} \times 2 \times 6\text{mm} \times (2,0 \times 355 / 1,1)\text{ N/mm}^2 = \\ = 600\text{ mm}^2 \times 645\text{ N/mm}^2 = 387000\text{ N}$$

- Rezultă efortul capabil al tije cremalieră egal cu min ($N_{\text{cap,înt crm}}$, $N_{\text{cap,str bolt}}$) =

• Calculul efortului capabil al îmbinării cu șuruburi dintre tija propriu-zisă și eclise:

- Efortul capabil la forfecare al unui șurub M 20 gr. 5.6:

$$N_{\text{cap,forf}} = n_f \times A_s \times R_{f,s} = 2 \times (\pi \times 20^2 / 4)\text{mm}^2 \times (0,6 \times 300 / 1,1)\text{ N/mm}^2 = \\ = 2 \times 314\text{ mm}^2 \times 163\text{ N/mm}^2 \approx 102300\text{ N}$$

- Efortul capabil la strivire laterală al unui șurub M20 gr. 5.6 în îmbinare:

$$N_{\text{cap,str}} = d \times (\sum t)_{\text{min}} \times R_{\text{str}} = 20\text{ mm} \times 20\text{mm} \times (1,6 \times 235 / 1,1)\text{ N/mm}^2 = \\ = 400\text{ mm}^2 \times 341\text{ N/mm}^2 \approx 136400\text{ N}$$

- Efortul capabil al unui șurub M20 gr. 5.6 în îmbinarea propusă este:

$$N_{\text{cap, șurub propus}} = \min (N_{\text{cap,forf}} , N_{\text{cap,str}}) = 102300\text{ N}$$

- Rezultă astfel efortul capabil al îmbinării formate din 2x4 șuruburi M20:

$$N_{\text{cap, imb}} = n_s \times N_{\text{cap, șurub}} = 8\text{ șuruburi} \times 102300\text{ N} =$$

ANEXA 2 - Propunere de alcătuire a noului sistem de prindere a tijelor cremalieră de stavilă

Propunerea de îmbinare prezentată în continuare respectă principiile de alcătuire expuse în paragraful 3 al prezentei lucrări, și anume:

- Eclisele de îmbinare dintre corpul panoului superior al stavilei și tija cremalieră vor avea o lungime suficientă astfel încât îmbinarea cu șuruburi de la partea superioară a acestor eclise să fie poziționată într-o zonă vizibilă și accesibilă, deasupra corpului panoului superior.
- Eclisele aferente fiecărui profil laminat U vor fi eclise duble (câte o pereche de piese care vor flanca inima profilului U pe ambele părți).
- Pe inima fiecărui profil U se va monta câte o tablă de ranforsare.
- La realizarea îmbinării se recomandă utilizarea unui tip de șurub care să minimizeze efectele coroziunii, atât prin creșterea diametrului folosit (4x2 șuruburi M20), cât și prin proprietățile anticorozive ale materialului. A fost luată în considerare utilizarea unor șuruburi din oțel inox cu clasa de proprietăți 70 conf. EN ISO3506, cu caracteristicile de material: limita de curgere $f_y = 450\text{N/mm}^2$ și rezistența la rupere $f_u = 700\text{N/mm}^2$.

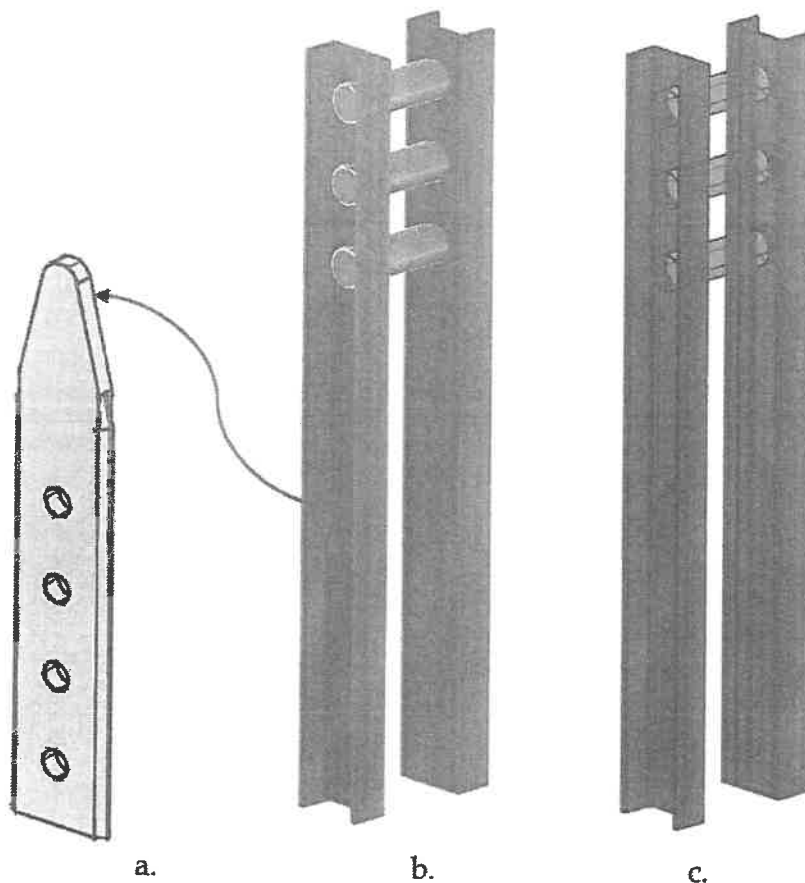


Fig. 3 - Alcătuirea extremității inferioare a tijeii cremalieră propriu-zise.
a - tablă de ranforsare a inimilor profilelor; b, c - vedere, respectiv radiografie axonometrică.

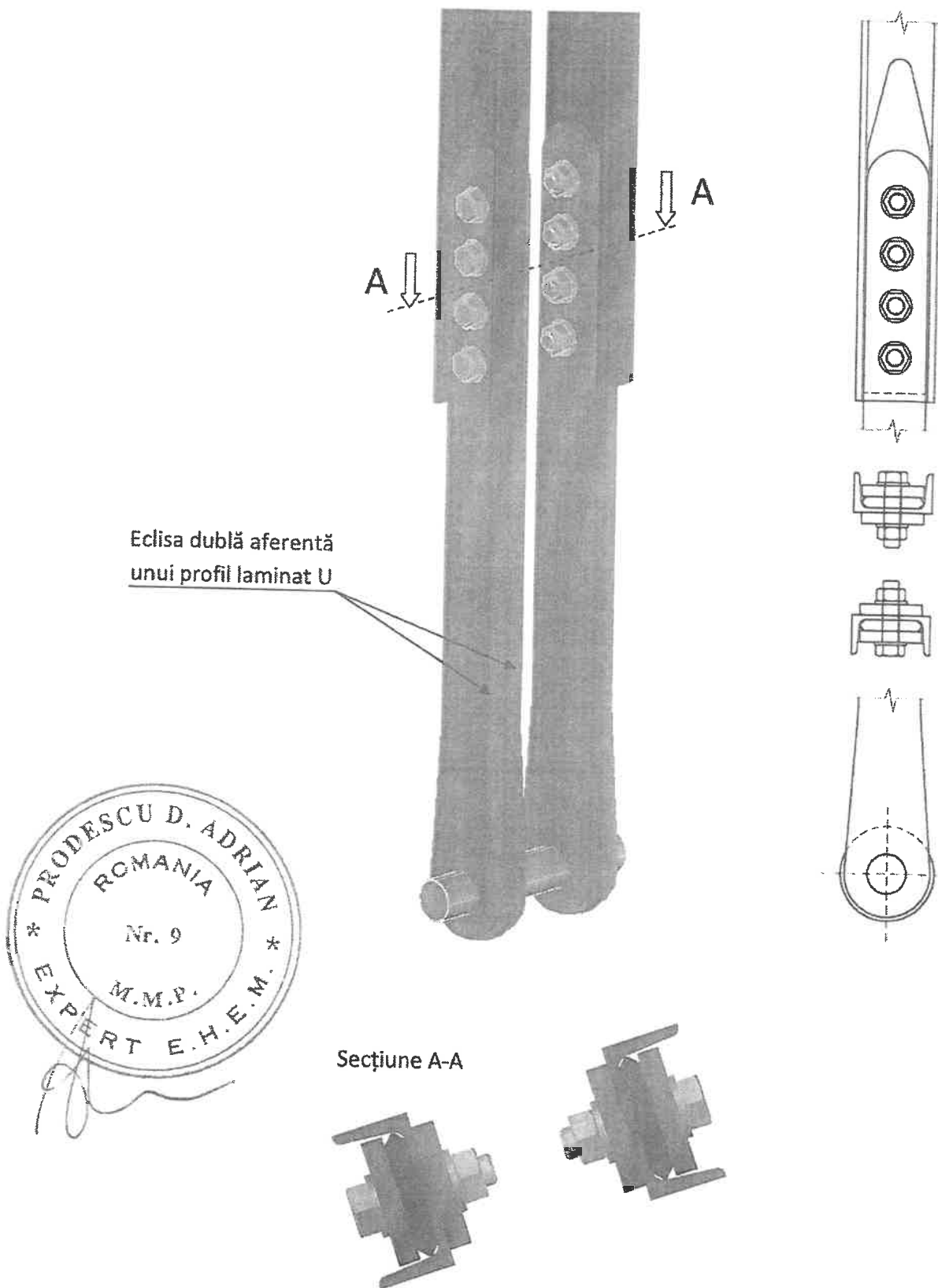


Fig. 4 - Vedere de ansamblu a îmbinării dintre tija cremalieră și corpul panoului superior - vedere axonometrică, vedere laterală și secțiune.