

## CARACTERISTICI ALE SISTEMULUI DE SALVARE PENTRU LUCRU LA ÎNĂLȚIME

**GHERGHE Daniel, RADU Constantin, CREAC ( GHERGHE) Marinela**

Conducător științific: Prof. dr. ing. Adriana COMĂNESCU, Ș.l. dr. ing. Ileana DUGĂEȘESCU

**REZUMAT:** Lucrarea abordează un sistem mecanic complex destinat intervenției și salvării persoanelor aflate în dificultate aflate la diverse înălțimi.

Sistemul mecano-hidraulic are 6 grade de mobilitate după cum urmează:

- 5 grade de mobilitate pentru elementele situate în același plan, din care asigură extensia domeniului de lucru.

- al 6-lea grad de mobilitate fiind o rotație a platformei, axa fiind plasată în plan vertical.

Lucrarea analizează principiile de modelare directă și inversă ale sistemelor de intervenție și salvare.

### 1 INTRODUCERE

Autoscările sunt destinate în special pentru salvarea persoanelor de la înălțime și pentru asigurarea pătrunderii rapide a pompierilor la părțile superioare ale clădirilor, când căile de acces cu care acestea sunt prevăzute (scări exterioare și interioare, ascensoare, etc.) devin impracticabile ca urmare a incendiilor, catastrofelor sau calamităților.

Autoscările mai pot fi folosite ca macara, pentru refularea de la înălțime a substanțelor de stingere, ridicarea unor proiectoare în scopul iluminării anumitor zone, salvarea bunurilor materiale și altele.

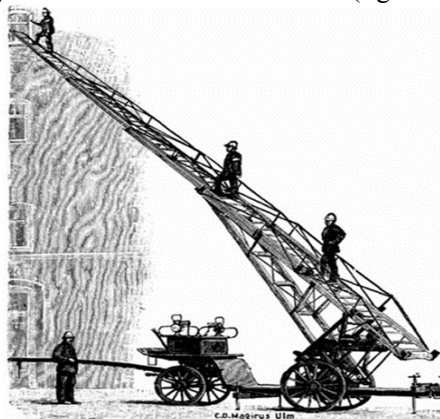
### 2 CARACTERISTICI FUNCȚIONALE ȘI CONSTRUCTIVE ALE UNEI AUTOSPECIALE DESTINATE INTERVENȚIEI ȘI SALVĂRII DE LA ÎNĂLȚIME

În 1868, Daniel D. Hayes, un mecanic inventiv ce lucra la Departamentul de Pompieri din San Francisco, a patentat cu succes prima autoscară din America. La început, aceste scări grele au fost ridicate manual de pompierii care roteau cu forță manivele și roți de mână.

Conrad Dietrich Magirus (26 septembrie 1824, Ulm - 26 iunie 1895, Ulm) a fost un pionier al pompierilor germani și antreprenor. El este creditat cu inventarea scării mobile de incendiu.

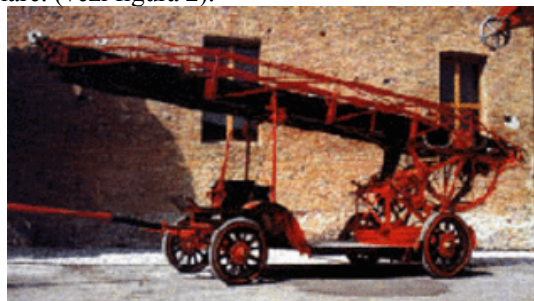
În anul 1872 CD Magirus construiește prima scara pentru pompieri " ULMER LEITER " (capul Ulmer).

Era o scară pe roți cu o lungime de 14 m. La Expoziția Mondială de la Viena din 1873 acestui utilaj i-a fost acordat medalia de aur. (figura 1).



**Fig. 1 – Scara C.D. Magirus Ulm**

Pentru intervenția la înălțimi, în anul 1912 pompierii bucureșteni primesc o scară Magirus -model 1882, tractată hipo. Scara putea fi rotită 360° și înclinată la un unghi 75-78°. Avea trei tronsoane (confectionate din lemn) și era dotată cu dispozitiv de indicare a lungimii de întindere, avertizor sonor (cu clopoțel) la întinderea completă și mecanism de nivelare. (vezi figura 2).



**Fig. 2 – Scara Magirus - model 1882**

## CARACTERISTICI ALE SISTEMULUI DE SALVARE PENTRU LUCRU LA ÎNĂLȚIME

În 1904 este construită prima autoscară mecanică din lume, scara era cu acționare electrică. (figura 3).



Fig. 3 – MAGIRUS Koln, DL 26 -1904



Fig. 4 – Autoscări folosite de pompierii bucureșteni în anul 1924

La începutul secolului trecut, arcurile elicoidale au înlocuit forța musculară necesară ridicării scârilor și curând puterea hidraulică a înlocuit-o în întregime (figura 4).

Un model de autoscară Magirus pe un șasiu Daimler a făcut parte din prima combinație de stingere a incendiilor formată din 3 vehicule cu motor cu benzină din Germania. În cei 140 de ani de când au fost introduse, autoscările au suferit evoluție continuă și perfecționare. La sfârșitul anilor 1950, autoscările de stingere a incendiilor în America au fost revoluționate prin introducerea platformei de ridicare.

Astăzi, pompierii luptă în incendii majore cu turnuri aeriene masive și scări telescopice aeriene.

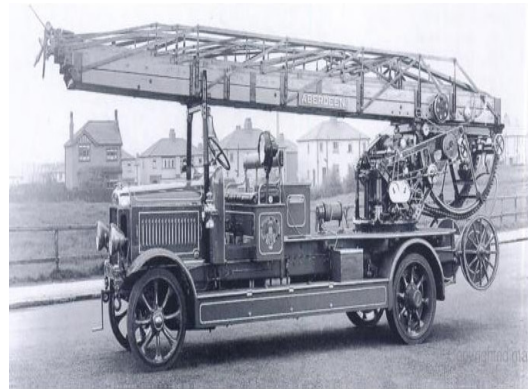


Fig. 4 – Scara Magirus - model 1910

Firma Bronto Skylift a realizat cea mai înaltă autoscară din lume HLA 112, care are înălțimea maximă de 112 m. (vezi figura 5 și 6).

Autoscară este construită pe un șasiu Mercedes-Benz Actros 7660.

Date tehnice:

Lungime de transport: 19 m

Înălțime de transport: 4 m

■ max. Înălțime de lucru: 112 m

■ max. Interval: 32 metri

■ max. încărcare permise: 500 kg

■ capacitatea de conducere: 26 m

În oferta firmei Bronto Skylift care este lider mondial în proiectarea, producerea și comercializarea de platforme destinate salvării la înălțime, stingere a incendiilor, precum și lucrări de construcții (scară cu platformă pentru lucrul la înălțimi de lucru cuprinse între 32 – 70 metri).



Fig. 5 – Mercedes-Benz Actros 7660 - Bronto Skylift - TM 112





Fig. 6 – Mercedes-Benz Actros 7660 - Bronto Skylift - TM 112

## 2.1 Moduri de utilizare a autospecialelor pentru lucrul la înălțime

Autoscările permit utilizarea lor imediată după sosirea la locul de intervenție, precum și deplasarea vârfului scării în funcție de nevoi, prin manevre de înclinare și extindere fără a fi necesară schimbarea locului de acționare al autovehiculului.

Autoscările moderne sunt prevăzute cu dispozitive automate pentru controlul mișcărilor executate, fapt ce asigură un înalt grad de securitate celor ce lucrează pe tronsoanele de scară, cât și pentru agregatele din componență.

Ele sunt utilizate pentru a accesa la etajele superioare ale clădirilor, sau la acoperiș ale echipelor de pompieri, pentru a executa operațiunile specifice din timpul intervențiilor, cum ar fi: deschiderea unui orificiu de ventilație eficient pentru ca căldura și fumul degajate în timpul unui incendiu să fie evacuate eficient, decopertarea parțială sau totală a acoperișurilor, pentru a avea acces la focarul incendiului, salvarea / evacuarea persoanelor sau animalelor surprinse de incendiu la etajele superioare sau acoperiș, precum și a bunurilor materiale.

De asemenea, autoscările pot fi folosite cu succes ca turnuri de apă (sursă de apă), pentru refularea substanțelor de stingere sau apei cu presiune la etajele superioare, alimentarea putându-

se face din rezervoare proprii, atunci când sunt dotate, sau dintr-o altă autospecială folosită ca cisternă și / sau autopompă, sau rețea de hidranți. (figura 7).



Fig. 7 – Autoscară folosită ca turn de apă (sursă de apă)

O altă utilizare este ridicarea de proiectoare în scopul iluminării anumitor zone, sau ridicarea de greutatea (până la 1000 kg), sau în operațiuni de salvare pentru ridicarea coșurilor / târgilor de salvare, fiind folosite pe post de macara (figura 8).



Fig. 8 – Autoscară folosită pentru ridicarea târgilor

Brațul autoscării se poate extinde și pe orizontală, dar și sub cota mașinii, atunci când situația o impune (sub poduri, maluri etc.).

În timp ce scările sunt utilizate doar ocazional pentru salvările din apă, există situații unde platforma sau scara poate fi așezată la marginea unui drum pe un râu și extinde către cineva blocat pe un obiect sau venind din aval (figura 9).



Fig. 9 – Autoscară folosită pentru salvările din apă

# CARACTERISTICI ALE SISTEMULUI DE SALVARE PENTRU LUCRU LA ÎNĂLȚIME LA ÎNĂLȚIME



Fig. 10



Fig. 11

Seria de platforme Rosenbauer / Cobra și scările Viper se pot înclina la un unghi negativ mai jos de 12 grade. Platforma T-Rex, telescopică și cu braț articulat, poate lucra cu circa 6 metri mai jos de nivelul suprafeței de susținere, ceea ce o face utilă pentru salvarea din apă. (vezi figurile 10 și 11).

## 2.2 Autospeciale pentru lucrul la înălțime utilizate în prezent în România

### 2.2.1 Autoscară Roman 8135 FA

Producător: ROMPRIM S.A. București în colaborare cu FEUERLOSCHGERATEWERK - Luchenwalde (Germania), partea română executând autoșasiul, scheletul podelei, podeaua și prizele de putere (figura 12).

Caracteristici tehnice:

- motor 797-05, 135CP la 3000 rot/min;
- agregate motoare pentru: rotire, ridicare-coborâre, întindere-strângere, nivelare, care permit executarea celor patru tipuri principale de mișcări în regim de reglaj continuu al vitezei.



Fig. 12 – Autoscară Roman 8135 FA

- viteză maximă 80 Km/oră
- masă totală 8490 Kg;
- masă pe puntea față 3540 Kg
- masă pe puntea spate 4900 Kg
- lungimea autoscării 8,900 m
- lățimea 2,500 m
- înălțimea 3,450 m
- raza minimă de acțiune:
  - în poziție nerezemat 12m,
  - în poziție rezemat 15m;
- rotirea tunului: 360°
- unghiul de înclinare: 0° ... 75°
- înălțimea maximă de ridicare: 30m;

Setul de scări se compune din patru tronsoane de scări culisabile unul într-altul. Mobilitatea este facilitată de ghidajele cu role cu care sunt prevăzute tronsoanele. Fiecare tronson de scară este format din două grinzi cu zăbrele, legate între ele prin îmbinările sudate ale treptelor. Treptele sunt acoperite la exterior cu manșoane de cauciuc profilat.

Pentru asigurarea scării în poziția întins și descărcarea cablurilor, primele trei tronsoane sunt prevăzute cu câte o pereche de clișeeți de blocare.

Urcarea pe tronsonul inferior al scării este facilitată de o scară culisabilă de urcare, amplasată în rama de ridicare.

Autoscară este ridicată și coborâtă folosind o tijă de piston hidraulic.

### 2.2.2 Autoscară Magirus M 42 L – AS

Autospecială de intervenție și salvare de la înălțimi de 42 metri cu braț articulat și o singură extensie. M 42 L – AS este singura autoscară din lume cu înălțime de lucru de 42 metri și braț articulat. (vezi figura 13).





Fig. 13 – Autoscara Iveco Magirus M 42 L-AS

Caracteristici tehnice:

- Autoșasiu: IVECO MAGIRUS EuroCargo 180 E 30 4x2;
- Putere motor: 220 kW/299 CP;
- Ampatament: 5.670 mm;
- Greutate maximă admisibilă: 18.000 kg;
- Înălțime salvare / Înălțime de lucru: 40,7 m / 42,2 m;
- Înălțime negativă: - 7,8 m;
- Braț articulat cu lungime de 4,7 m;
- Platformă de lucru RC 300 (cap. max. 300 kg): 3 persoane;
- Opțional RC 400 (cap. max. 400 kg): 4 persoane;
- Tun pentru apă și spumă manual sau electric montabil în platforma de lucru sau integrat în aceasta;
- Dispozitiv fixare targă în platforma de lucru;

La această autoscară poate fi montate: cușcă de salvare (vezi figura 14), platformă prevăzută cu instalații de apă și spumă, platforme de salvare pentru două persoane.

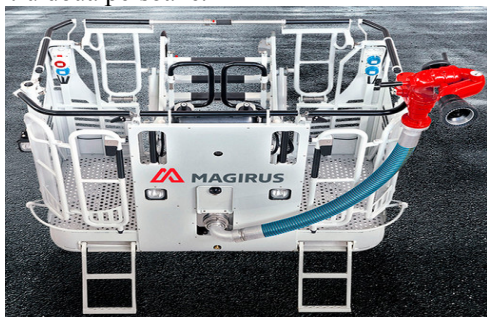


Fig. 14 – Cușcă salvare

### 2.2.3 Autoscara MAN - Bronto Skylif P70 RPX

Acest tip de autoscară se află în dotarea ISU "Dealul Spirii", București și este destinată pentru acțiuni de salvare până la înălțimi de 70 metri. (vezi figura 15).



Fig. 15 – Autoscară MAN – Bronto Skylif P70 RPX

Caracteristici tehnice:

- Autoșasiu: MAN cu scară Bronto Skylif
- Încărcarea maximă a cabinei 500 kg (6 persoane)
- Forța maximă laterală 500 N
- Mișcarea de rotație este continuă 360°
- Lungime totală cca. 12,4 m
- Înălțime totală cca. 4 m
- Lățime totală < 4 m
- Greutate Skylift cca.25 t
- Masa maximă autorizată (Typical GVW) 35000 kg
- Lățime maximă consolă (C/C) 8 m
- Forță maximă consolă 250 N
- Presiune maximă placă picior 13,9 kg/cm<sup>2</sup>
- Presiune maximă placă picior cu suport din placaj (50x750x950) 3,5 kg/cm<sup>2</sup>
- Distanța(înălțimea) de lucru în condiții de siguranță - 11 m
- Distanța (înălțimea) de lucru pentru salvări în condiții de siguranță -33 m

Acțiunea platformei de intervenție și salvare la înălțime, susținută de brațul telescopic este controlată de un computer.

Mișcările principale ale autoscării sunt prezentate în următoarele figuri. (vezi figurile 16, 17, 18, 19)



Fig. 16

# CARACTERISTICI ALE SISTEMULUI DE SALVARE PENTRU LUCRU LA ÎNĂLȚIME



Fig. 17



Fig. 18

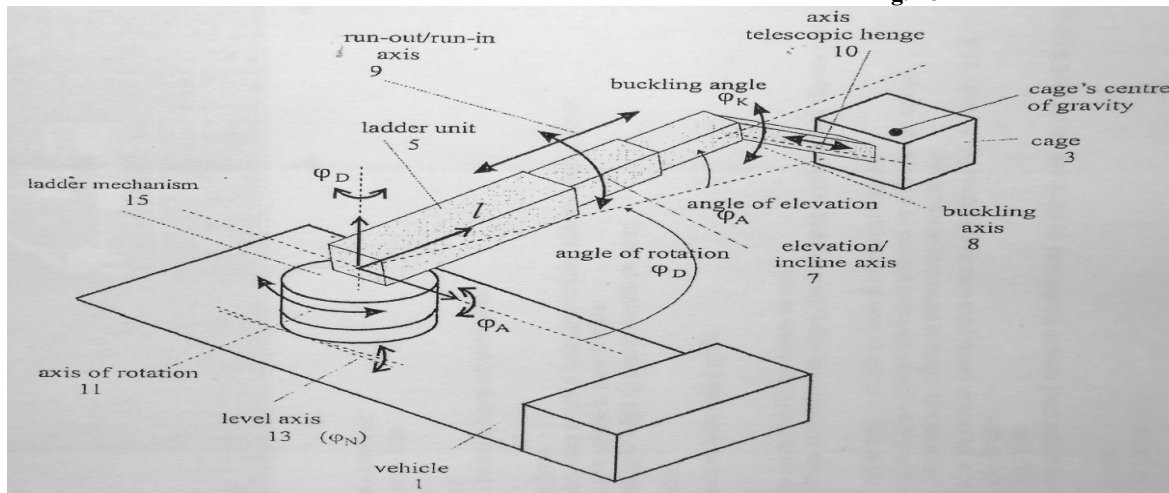


Fig. 19

În figura 17 se observă componentele principale ale unei autoscări destinate operațiunilor de salvare de la înălțime:

- cabina șoferului și echipajului de salvare;
- placa turnantă;
- suportul sistemului de bază;
- brațul telescopic;
- braț articulată;
- cușca.

În figurile 16,18 și 19 se observă mișcările de rotație și translație ale unei autoscări destinate operațiunilor de salvare de la înălțime. Vom studia mișcările scării în plan vertical, eliminând mișcarea de rotație în jurul axei verticale.

### 3 MODELUL DIRECT AL SCĂRII PENTRU INTERVENȚIE ȘI SALVARE DE LA ÎNĂLȚIME

Modul de fixare al platformei de lucru (al nacelei) este realizat în diferite variante constructive. Schema cinematică a sistemului mecanic din figura 20

pune în evidență principalele caracteristici ale acestuia.

Se observă că schema include 11 elemente cinematice mobile în raport cu platforma de lucru a autospecialiei notată cu 0 și 14 cuple cinematice după cum urmează:

- A (0,1), B (2,0), C (2,3), D (1,3), E (1,4),  
 F (4,5), G (4,7), H (5,6), I (6,7), J (7,8),  
 K (8,9), P (9,10), M (10,11), L (8,11).

Gradul de mobilitate care exprimă numărul parametrilor independenți ai mecanismului și în același timp numărul cuplelor cinematice active (de acționare) are expresia:  $M = 3m - 2i$ , unde:

”m” este numărul elementelor cinematice mobile și ”i” numărul cuplelor cinematice de rotație sau de translație.

Pentru  $m=11$  și  $i=14$  rezultă  $M=5$  acesta fiind asociat cu cele 5 cuple active de translație din sistem, respectiv:

- C (2,3), E (1,4), H (5,6), J (7,8), P (9,10).

Se remarcă faptul că două grade de mobilitate datorate cuplelor active din E (1,4) și J (7,8) au rolul de a modifica spațiul de lucru al mecanismului și nu modifică cinematica poziționării într-un plan al nacelei – elementul final al sistemului.

Cele trei grade de mobilitate au rolul de a poziționa elementul final în orice punct al domeniului

de lucru cu o caracteristică unghiulară necesară (plasarea nacelei într-un anumit punct – 2 coordonate și 1 parametru unghiular pentru plasarea unghiulară convenabilă a acesteia).

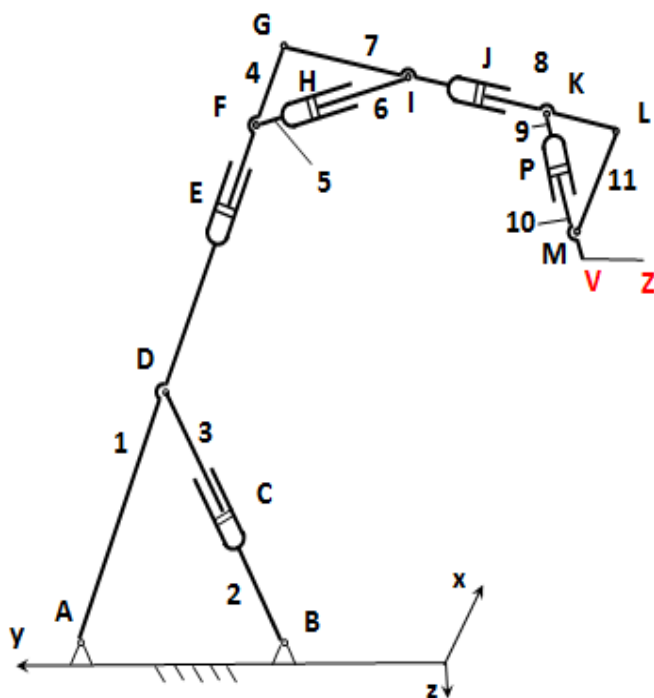


Fig. 20 – Schema cinematică

Modelul structural direct este redat în figura 21 și relevă cele 5 cuple cinematice active menționate anterior.

Acesta pune în evidență cele 5 grupe modulare active monomobile ( figura 22).

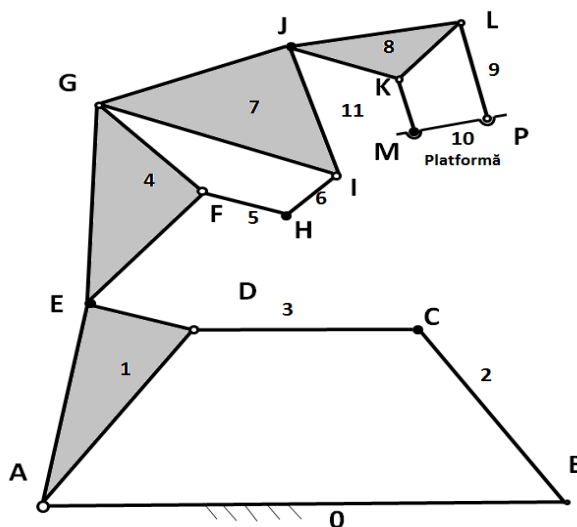


Fig. 21 – Modelul structural direct

## CARACTERISTICI ALE SISTEMULUI DE SALVARE PENTRU LUCRU LA ÎNĂLȚIME

Conexiunea grupelor modulare corespunzătoare modelului direct este prezentată în figura 20.

Modelul direct conține trei grupe modulare active monomobile de tipul RTRR respectiv:

- RTRR (1,2,3),
- RTRR (5,6,7),
- RTRR (9,10,11)

Pentru poziționarea adecvată a elementului final – nacela și două grupe modulare active inițiale

GMAI (E,4) și GMAI (J,8) utilizate pentru modificarea spațiului de lucru.

În mod curent acestea sunt anulate astfel încât are loc solidarizarea elementelor  $1 \equiv 4$  și  $7 \equiv 8$  și sistemul devine unul clasic cu trei grade de mobilitate, adică

$$M = 3 \cdot 9 - 2 \cdot 12 = 27 - 24 = 3$$

unde  $m = 9$  și  $i = 12$

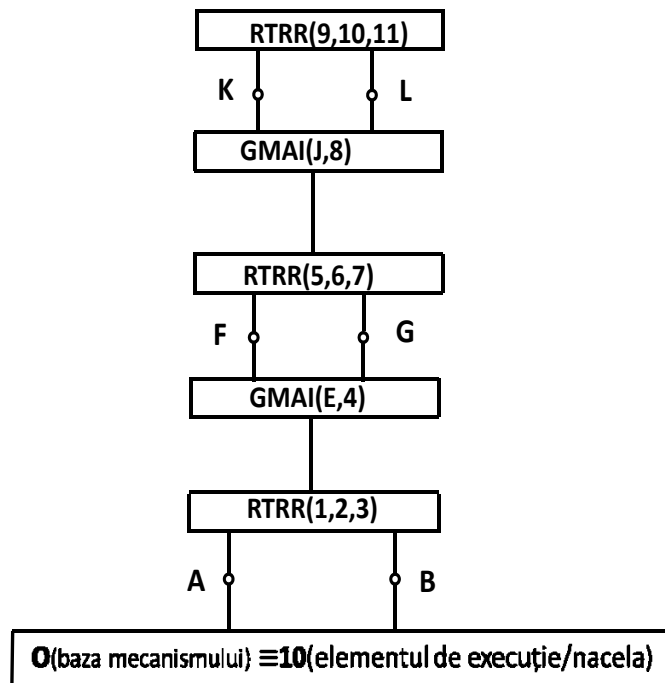


Fig. 22 – Conexiunea grupelor modulare ( modelul direct )

#### 4 MODELUL INVERS AL SCĂRII PENTRU INTERVENȚIE ȘI SALVARE DE LA ÎNĂLȚIME

Modelul invers are drept scop stabilirea parametrilor caracteristici ai cuplelor active în funcție de parametrii impuși elementului final – nacela în acest caz. Impunerea celor trei parametri ai elementului final este echivalentă cu solidarizarea

instantanee a acestuia cu baza mecanismului, astfel că numărul de elemente mobile devine  $m = 8$  și

$$M_{\text{instantaneu}} = 3 \cdot 9 - 2 \cdot 12 = 27 - 24 = 0$$

Modelul structural invers este redat în figura 23. Se observă faptul că acesta este format exclusiv din grupe modulare pasive.



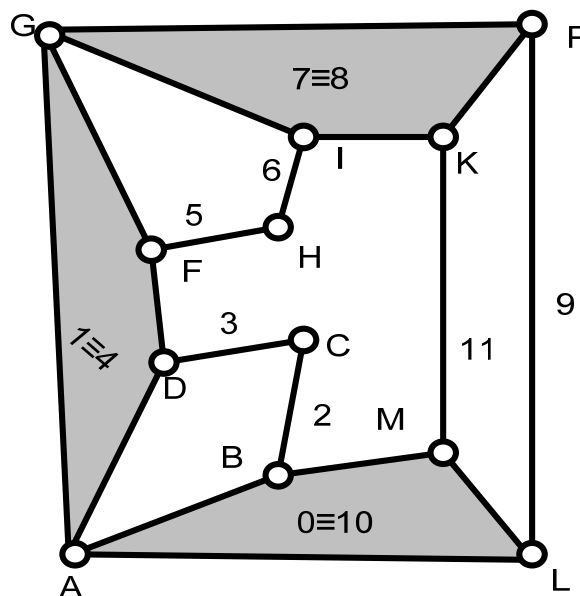


Fig. 23 – Modelul structural invers

Conexiunea grupelor modulare corespunzătoare modelului invers în care s-a făcut solidarizarea elementelor  $1 \equiv 4$  și  $7 \equiv 8$  se pune în evidență existența unei triade formată din elementele  $(1 \equiv 4, 7, 9, 11)$  și a două diade - RTR  $(5,6)$  și RTR  $(2,3)$  (figura 24).

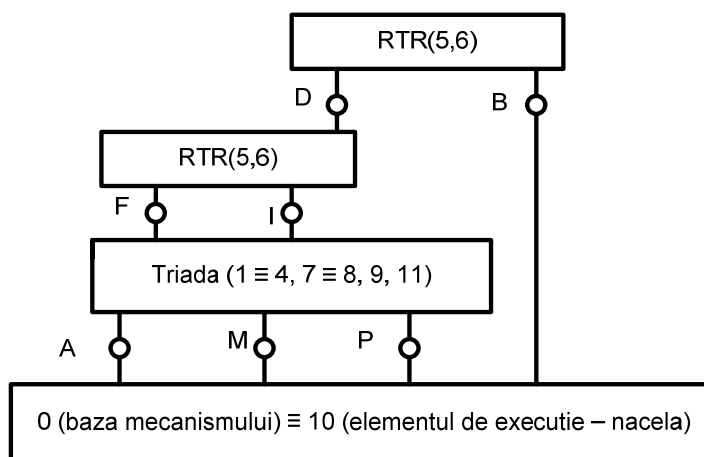


Fig. 24 – Conexiunea grupelor modulare ( model invers )

## 5 MODELUL DIRECT AL SCĂRII PENTRU INTERVENȚIE ȘI SALVARE DE LA ÎNĂLȚIME –VARIANTĂ CONSTRUCTIVĂ

O altă varianta constructivă a scării de intervenție și salvare de la înălțime este studiată în continuare.

Schema cinematică a sistemului mecanic din figura 23 pune în evidență principalele caracteristici ale acestuia.

Astfel se observă că schema include 11 elemente cinematice mobile în raport cu platforma de lucru a autospecialei notată cu 0 și 14 cuple cinematice după cum urmează:

A (0,1), B (2,0), C (2,3), D (1,3), E (3,4),

F (4,5), H (5,6), G (4,7), I (6,7), J (7,8),  
K (8,9), P (9,10), M (10,11), L (8,11).

Gradul de mobilitate care exprimă numărul parametrilor independenți ai mecanismului și în același timp numărul cuplelor cinematice active (de acționare) are expresia  $M = 3 \cdot m - 2 \cdot i$ , "m" fiind numărul elementelor cinematice mobile și "i" numărul cuplelor cinematice de rotație sau de translație.

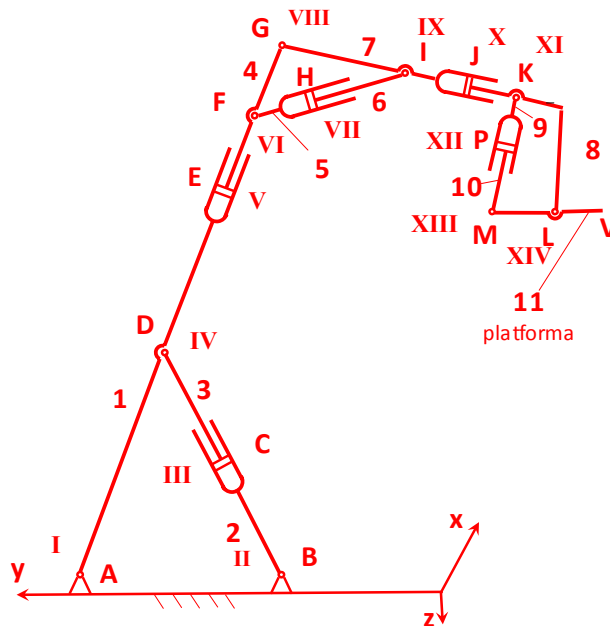
## CARACTERISTICI ALE SISTEMULUI DE SALVARE PENTRU LUCRU LA ÎNĂLȚIME

Pentru  $m=11$  și  $i=14$  rezultă  $M=5$  acesta fiind asociat cu cele 5 cuple active de translație din sistem, respectiv: C (2,3), E (1,4), H (5,6), J (7,8), P (9,10).

Se remarcă faptul că două grade de mobilitate datorate cuplelor active din E (1,4) și J (7,8) au rolul de a modifica spațiul de lucru al mecanismului și nu modifică cinematica poziționării într-un domeniu

plan al nacei – elementul final al sistemului.

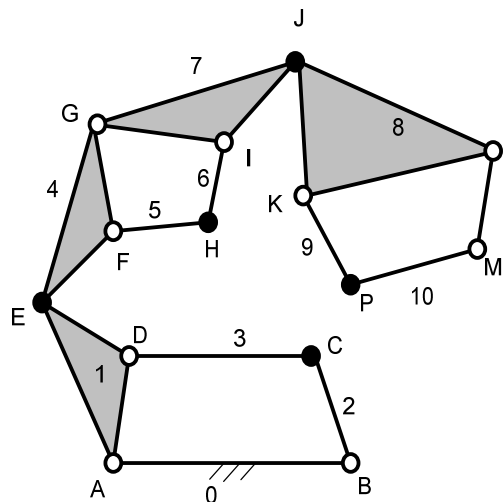
Cele trei grade de mobilitate au rolul de a poziționa elementul final 11 ( platforma de lucru ) în orice punct al domeniului de lucru cu o caracteristică unghiulară necesară (plasarea nacei într-un anumit punct – 2 coordonate și 1 parametru unghiular pentru plasarea unghiulară convenabilă a acesteia).



**Fig. 23 – Schema cinematică a sistemului mecanic**

Modelul structural direct este redat în figura 24 și relevă cele 5 cuplele cinematice active menționate

anterior. Acesta pune în evidență cele 5 grupe modulare active monomobile. (figura 24).



**Fig. 24 – Modelul structural direct**

Conexiunea grupelor modulare corespunzătoare modelului direct este prezentată în figura 25.

Modelul direct conține trei grupe modulare active monomobile de tipul RTRR respectiv RTRR (1,2,3), RTRR (5,6,7), RTRR (9,10,11) pentru poziționarea adecvată a elementului final – nacela și două grupe modulare active inițiale GMAI (E,4) și

GMAI (J,8), utilizate pentru modificarea spațiului de lucru. În mod curent acestea sunt anulate astfel încât are loc solidarizarea elementelor  $1 \equiv 4$  și  $7 \equiv 8$  și sistemul devine unul clasic cu trei grade de mobilitate, adică  $M = 3 \times 9 - 2 \times 12 = 27 - 24 = 3$ , unde  $m = 9$  și  $i = 12$ .

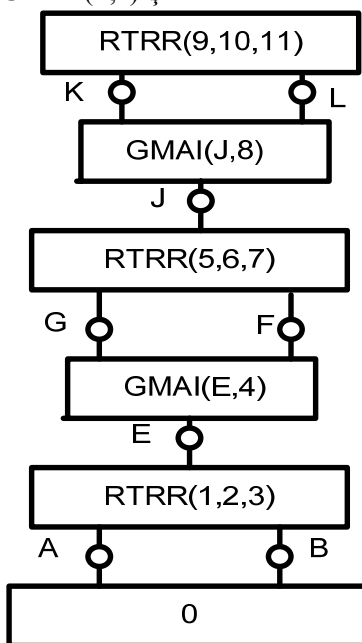


Fig. 25 – Conexiunea grupelor modulare corespunzătoare modelului direct

**6 MODELUL INVERS AL SCĂRII PENTRU INTERVENȚIE ȘI SALVARE DE LA ÎNĂLȚIME – VARIANȚĂ CONSTRUCTIVĂ**

Modelul invers are drept scop stabilirea parametrilor caracteristici ai cuplelor active în funcție de parametrii impuși elementului final – nacela în acest caz. Impunerea celor trei parametri ai

elementului final este echivalentă cu solidarizarea instantanee a acestuia cu baza mecanismului, astfel că numărul de elemente mobile devine  $m = 8$  și  $M_{instantaneu} = 3 \times 8 - 2 \times 12$ .

Modelul structural invers este redat în figura 26. Se observă faptul că acesta este format exclusiv din grupe modulare pasive.

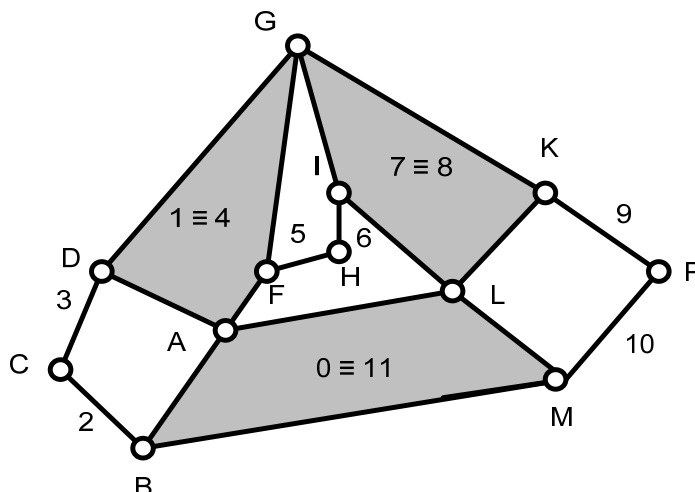
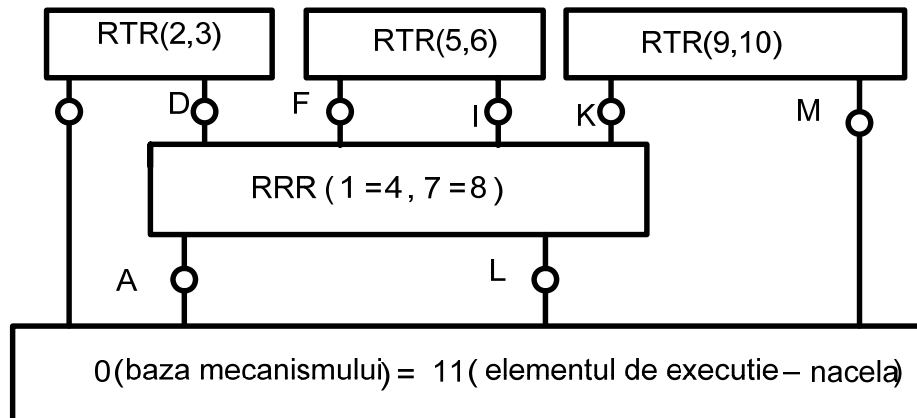


Fig. 26 – Modelul structural invers



## CARACTERISTICI ALE SISTEMULUI DE SALVARE PENTRU LUCRU LA ÎNĂLȚIME



**Fig. 27 – Conexiunea grupelor modulare corespunzătoare modelului invers**

În conexiunea grupelor modulare corespunzătoare modelului invers (Fig.27) în care s-a făcut solidarizarea elementelor  $1=4$  și  $7=8$  se pun în evidență patru grupe modulare pasive, și anume: RRR  $1=4, 7=8$  și RTR(2,3), RTR(5,6) și RTR(9,10).

### 7 CONCLUZII.

Studiul sistemului de intervenție și salvare la înălțime va fi continuat în viitor cu analiza cinematică și cinetostatică pentru a înțelege mai bine modul de comportare în exploatare și condițiile pe care trebuie să le îndeplinească în cadrul proiectării.

### 8 BIBLIOGRAFIE

- [1]. Comănescu, Adr., Comănescu, D., Dugăeșescu I., Boureci, A., *Bazele modelării mecanismelor*, Editura Politehnica Press, București, 2010;
- [2]. Pelecudi, Chr., Comănescu, Adr., s.a., *Analiza cinematică a mecanismelor - probleme*, UPB, 1985.
- [3]. Comănescu, Adr., Grecu, B., Terme, D., *Mecanisme – modele structurale și cinematice*, Edit.Bren, București, 2001, ISBN 973-8154-36-5
- [4]. Comănescu, Adr., Comănescu, D., Georgescu, L., *Bazele analizei și sintezei mecanismelor cu memorie rigidă*, Editura Politehnica Press, 2008;
- [5]. Tempea, I., Dugăeșescu, I., *Proiectarea*

*Mecanismelor*, Ed. Printech, 2005, ISBN 973-718-246-4

[6]. Tempea, I., Dugăeșescu, I., Neacșa, M., *Mecanisme*, Ed. Printech, 2006, ISBN (10) 973-718-560-9

[7]. Manolescu N., Maroș, D., *Teoria mecanismelor și a mașinilor. Cinetostatica și dinamica*, Editura tehnică, 1958;

[8]. Manolescu, N.I., *Teoria mecanismelor și a mașinilor (Note de curs)*, 4 volume, Litografia Institutului de Cai Ferate, Bucuresti, 1955-1956

[9]. Pelecudi, Chr., *Precizia mecanismelor*, Editura Academiei Republicii Socialiste Romania, 1975,

[10]. Pelecudi, Chr., *Bazele analizei mecanismelor*, Editura Academiei Republicii Socialiste Romania, 1967

[11]. James Burrell, Ph.D. –*Physics of Aerials For Operators* 2006

[12]. Ladder 15 BFD, Collapse, *Fire Apparatus and Emergency Equipment Magazine* 2007

[13]. John Mittendorf, *Methods for Safe Aerial Device Operations* 1996

[14]. Ralph Craven & James Steffens, *The contributing Causes To Aerial Failures*, July 1996

[15]. Stokes Basket Operations Using Aerial Devices - *Montgomery County Fire Rescue Driver Trening*

[16]. *Failure Analysis of a 100-foot Aerial Ladder - Report to Fire Dept. New York* February 7, 1995.