

SCHELA FIXA UNIVERSALA PENTRU LUCRARI DE CONSTRUCTII SI INTRETINERE LA CLADIRI SI EDIFICII CU INALTIMI DE LUCRU PANA LA 20 M. PROIECTARE SI SIMULARE CU AJUTORUL METODEI ELEMENTULUI FINIT.

Autor: Zlateanu Tudor, prof. univ. dr. ing. Universitatea Tehnica de Constructii Bucuresti

1. CARACTERISTICI TEHNICE PRINCIPALE

Schela fixa universala este destinat accesului lucrătorilor la înălțime pentru efectuarea unor lucrări ușoare de construcții, intervenție și întreținere din exteriorul clădirilor precum și în interiorul halelor industriale, lucrari de arta, depozite etc. Schela fixa universala este construita din elemente tipizate, constituite in tronsoane care montate prin repetitie, permit obtinerea de înălțimi diferite de lucru. Principalul avantaj al acestor tipuri de schele îl constituie greutatea relativ mica a elementelor si montarea rapidă a tuturor elementelor constructiei metalice.

Scările folosite pentru urcarea/coborarea pe/de pe podina de lucru sunt dimensionate pentru o sarcină maximă pe treaptă de 150 kg (1 lucrător și echipamentul de lucru). Pentru fiecare nivel este prevazuta o scara de acces si o podina cu trapa pentru muncitori. Pe podina de lucru pot lucra doi lucrători și echipamentul lor de lucru.

Fiecare nivel are 2 podine de lucru sau o podina de lucru si o podina cu trapa.

Caracteristici constructive:

- clasa de incarcare: 4 (cea mai dezavantajoasa situatie de incarcare dintre cele prezentate in tab. 1.

- clasa de latime utila pe platforma de lucru: 2 podine x 0,6 m)

- cota maxima a ultimei platforme de lucru: 20 m

- distanta dintre cadrele portal ale schelei (traveea): 1,8 m

- distanta dintre montantii unui cadru portal (deschiderea): 1,05 m

- dimensiuni principale:

- înălțime schelă: cu 1 nivel: max. 2 000 mm, la nivelul platformei de lucru;

- cu 2 nivele: max. 4 000 mm la nivelul platformei de lucru;

- ... cu 10 nivele: max. 20 000 mm la nivelul platformei de lucru.

2. PARTI CCOMPONENTE

Schela fixa universala compusă din urmatoarele subansamble si elemente tipizate executate din teava de otel cu sectiunu rotunda, patrata sau dreptundhiulara, profile cornier, otel rotund si tabla subtire:

Cadrul portal, care constituie structura de rezistenta a schelei, este compus din 2 montanti solidarizati prin sudura de o traversa (asemenea literei "H"). Pe fiecare montant sunt sudate cate 3 agrafe pe care se prind diagonalele, miinile curente sau a diagonalele de nivel.

Supportii reglabili, care sprijina intreaga structura a schelei permit reglarea pe inaltime a coloanei de montanti.

Podina de lucru are prevazute la fiecare capat cate un reazem sudat, de forma semicirculara ce serveste la rezemarea podinei la cele 2 capete pe traversele a 2 cadre portale vecine. Podeaua este executata din tabla subtire profilata.

Podina cu trapa are constructia asemanatoare cu podina de lucru in plus este prevazuta cu o trapa cu balamale.

Scara de acces are prevazuta la partea de reazem pe podeaua cu suportii antiderapanti iar la partea superioara 2 carlige cu care se fixeaza de bridele prevazute in acest scop pe podina cu trapa.

Panoul de protectie picior este format dintr-o aparatoare de picior si 2 reazeme laterale pentru montarea pe 2 montanti vecini si asigurarea pozitiei sale verticale.

Panoul protectie capat serveste pentru protejarea la cadere a muncitorilor in timpul lucrului la capatul schelei, este format dintr-un cadru de protectie, si 2 bare de protectie (mana curenta) si 0 aparatoare de protectie picior. Pentru siguranta impotriva desfacerii accidentale a panoului de protectie capat, sunt prevazute la mana curenta superioara, 2 zavoare gravitationale.

Parapetul e protectie are rolul de a proteja circulatia oamenilor din vecinatatea si dedesubtul exteriorului schelei montate. Este compus din console inclinate la 45° sustinute de un tirant. Pe 2 console vecine se monteaza un numar de 4 podine de lucru pentru protectia trecatorilor impotriva caderilor de obiecte sau materiale de pe schela.

Ancorajul schelei de cladirea pe care o deserveste este destinat mentinerii stabilitatii schelei pana la inaltimea maxima de lucru. El este realizat dupa norme si prescriptii obligatorii.

Diagonalele se monteaza in cruce, cate 2 pe acelasi modul de schela pe fatada exterioara a schelei, in plan vertical.

Diagonalele de nivel se monteaza , cate 1 pe acelasi modul de schela in planul orizontal, sub podine, pe fatada exterioara a schelei si servesc la asigurarea legaturii dintre modulele schelei (in plan orizontal).

Mana curenta se monteaza orizontal cate 2 la exterior.

3. BREVIAR DE CALCUL

3.1. STABILIREA MODELULUI DE CALCUL

In vederea calculului structurii schelei fixe pe calculator, s-a adoptat un model de calcul ce permite utilizarea unor softuri de analiza cu elemente finite. Avand in vedere ca structura utilizeaza profile cu pereti subtiri (2 ... 5 mm) si geometria sa este repetativa pe inaltime, s-a utilizat programul de analiza numerica cu elemente finite SAP 2000.

In acest scop nodurile si barele structurii s-au constituit, cu unele mici aproximatii geometrice, in tot atatea noduri, respectiv elemente ale modelului de calcul. Modelul de calcul prezentat in fig. 1, reda configuratia structurii in 2D, inclusiv rezemele acestora doar pentru succesiunea de cadre portal care asigura inaltimea de lucru dorita, deoarece acestea reprezinta structura de rezistenta a intregii schele (montantii si traversele cadrului portal). Fiecare element si nod al structurii este identificat printr-un numar. (fig. 2). Nodurile structurii sunt date de coordonatele carteziane intr-un sistem de coordonate rectangular global xyz.

3.2. MATERIALE. SECTIUNI UTILIZATE SI CARACTERISTICILE ACESTORA

Materialul utilizat este OL 37.2, cu urmatoarele caracteristici de rezistenta:

- rezistenta la rupere la tractiune minima, $\sigma_r = 360$ MPa;
- limita de curgere minima, pentru produs cu grosimea de max 16 mm, $\sigma_c = 240$ MPa;
- tensiunea admisibila: 160 MPa;
- coeficientul de siguranta al elementelor structurii fata de limita de curgere: 1,5;
- alungirea la rupere $A = 25$ %
- rezilienta garantata la 20° C, $KV_{\min} = 27$ J;

- sudabilitate neconditionata.

Pentru proiectarea schelei se utilizeaza profile inchise (tevi rutunde, patrate si dreptunghiulare) si profile deschise (coeniere) si tabla subtire. In programul de calcul, fiecarei bare a modelului i se atribuie o anumita sectiune, al carui simbol este prezentat in fig. 3.

3.3 DETERMINAREA INCARCARILOR ASUPRA STRUCTURII

Se va prezenta un calcul al structurii schelei in ipoteza utilizarii schelei in serviciu (fara actiunea zapezii si a vantului maxim). Asupra schelelor de fatada actioneaza sollicitarile:

- sarcini permanente: greutatea proprie;
- sarcini variabile: - sarcini de exploatare (incarcarea podinei in timpul lucrului si elementelor laterale de protectie);
- actiunea vantului;
- sarcini accidentale: incarcarea verticala de sus in jos asupra elementelor de protectie
- *Sarcini permanente*: greutatea proprie a structurii.

Greutatea totala a unui modul de schela, $G_{MS} = 1280 \text{ N}$

- *Sarcinile de exploatare*: greutatea medie a unui muncitor cu echipamentul de protectie, greutatea uneltelor, sculelor si materialelor depozitate pe podina schelei in timpul lucrului, efectul dinamic ce rezida din positionarea sculelor si materialelor pe platforma de lucru, operatii tehnologice efectuate de muncitor pe platforma: lucru cu pompa de beton, gauriri, lovituri in frontul de lucru etc. Pentru o schela din clasa 4 de incarcare, podina de lucru va fi incarcata, in afara greutatii proprii, cu o singura sarcina dintre cele prevazute in tab. 1 si tab 2.

Tabelul 1

Sarcinile de exploatare posibile

Tipul de sarcina (actiune necumulativa):			
uniform distribuita pe toata podina, $1,8 \times 0,97 \text{ m}^2$	concentrata pe o arie egala cu $0,5 \times 0,5 \text{ m}^2$	concentrata pe o arie egala cu: $0,2 \times 0,2 \text{ m}^2$	uniform distribuita pe o arie de actiune egala cu $0,40 \times 1,8 \times 0,97 \text{ m}^2$
$q_{e1} = 3000 \text{ N/m}^2$	$F_{e2} = 3000 \text{ N}$	$F_{e3} = 1000 \text{ N}$	$q_{e4} = 5000 \text{ N/m}^2$

Tabelul 2

Determinarea incarcarii asupra traversei

Tipul de sollicitare	Incarcarea repartizata pe intreaga podea, p , [N/m^2]	Incarcarea pe o traverza, $q = 1,8 \cdot p$, [N/m]
Greutatea proprie a celor 2 podine (de lucru si cu chepenghi)	Podina de lucru: $G_{pl} = 216 \text{ N}$ Podina cu chepenghi: $G_{pc} = 274 \text{ N}$ Total: $p_1 = \frac{216 + 274}{1,8 \cdot 1,05} = 259 \text{ N/m}^2$	$q_1 = 466$
Incarcarea de serviciu (clasa 4)	$p_2 = 3000$	$q_2 = 5400$
Greutatea proprie al parapetului de protectie si a 4 podine de lucru	Parapet de protectie: $G_{pp} = 116 \text{ N}$ $p_{pp} = \frac{116}{1,8 \cdot 2,05} \cong 31 \text{ N/m}^2$ Podine de lucru: $4 \cdot G_{pl} = 4 \cdot 216 = 864 \text{ N}$ $p_{pl} = \frac{864}{1,8 \cdot 2,05} = 234 \text{ N/m}^2$ Total: $p_3 = p_{pp} + p_{pl} = 31 + 234 = 265 \text{ N/m}^2$	$q_3 = 477$ $q'_3 = 421$

- *Incarcari din actiunea vantului util* care actioneaza orizontal schelei. Rezultanta incarcarii provenite din presiunea vantului asupra structurii schelei este aplicata in noduri.

Forta normala din vant la nivelul 10 al schelei, pentru montaje ale schelei la inaltime sub 600 m, $F_{vn} = 357 \text{ N}$

- *Sarcini accidentale* care se calculeaza procentual fata de incarcările verticale. Ele servesc pentru dimensionarea protectiei de picior, a balustradelor de protectie (mana curenta), a diagonalelor si diagonalelor de nivel.

In programul de calcul combinatia 1 de incarcari poarta denumirea de COMBIN 1, tab. 3

Tabelul 3

Incarcarea modelului de calcul

Denumirea incarcarii	Simbolul	Combinatia 1 de incarcari	Pozitia sarcinii pe modelul de calcul
Greutatea proprie a structurii fara podine de pe nivele si parapet	GSCHELA	Se atribuie automat	Pe fiecare element al modelului
Greutatea proprie a podinelor de pe nivele (2 podine / nivel)	Q2POD	0,466 N/mm	Distribuit pe fiecare traversa
Incarcarea de serviciu (clasa 4)	QSARCINA	5,400 N/mm	Distribuit pe traversa nivel 10
Incarcarea suplimentara de serviciu (clasa 4)	QAUXILIA	2,700 N/mm	Distribuit pe traversa nivel 9
Greutatea proprie a 4/2 podine de pe parapetul de protectie	QPODPAR	0,421 N/mm	Distribuit pe traversa parapet
Vant util normal pe fatada	FVUTIL	357 N	In fiecare nod ext.

In fig. 1 este prezentat modelul de calcul si sarcinile care actioneaza asupra structurii schelei.

3.4. CALCUL DE REZISTENTA AL STRUCTURII

Pentru calculul de rezistenta al structurii schelei, se impune verificarea tuturor categoriilor de elemente componente ale structurii prezentate in fig. 1: montantii, traversele, lonjeroanele, diagonalele si parapetul de protectie si protectia de picior.

Calculul de verificare se va face pentru toti mantantii structurii, cel mai solicitat element din fiecare component al structurii. Pentru calculul de rezistenta se utilizeaza combinatia de incarcari cea mai defavorabila: COMBIN1, varianta de montaj cu 10 nivele si cu ancoraje prevazute ca in modelul de calcul (fig. 1).

In urma analizei structurii utilizand metoda elementului finit rezulta pentru intreaga structura urmatoarele digrame globale de eforturi (torsiunea si fortele taietoare se neglijeaza):

- diagrama de forte axiale, N, [N];
- diagrama de momente de incovoiere pe directia 3-3, M_{33} , [Nmm].

Calculul utilizat este un calcul de verificare, utilizand pentru aceasta metoda tensiunilor admisibile.

In fig. 3 si 4 sunt indicate diagrame globale de eforturi (pentru intreaga structura). Prezentarea acestora permite proiectantului sa decida care dintre elementele cu aceleasi nume (reazeme, montanti, traverse etc) sunt cele mai solicitate.

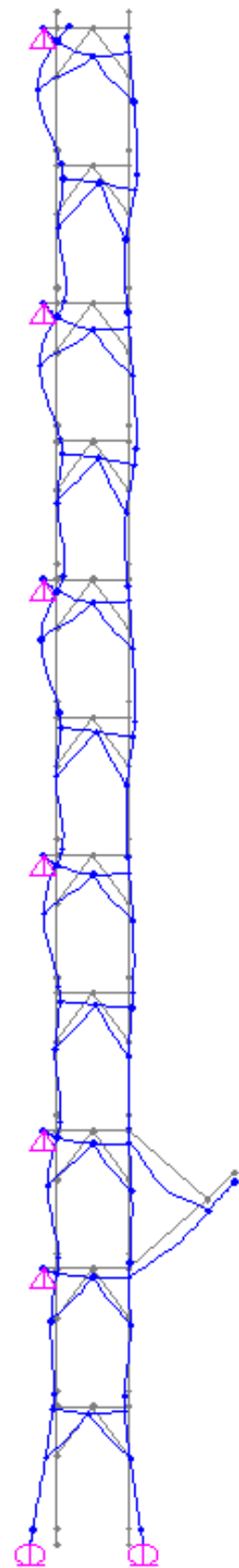
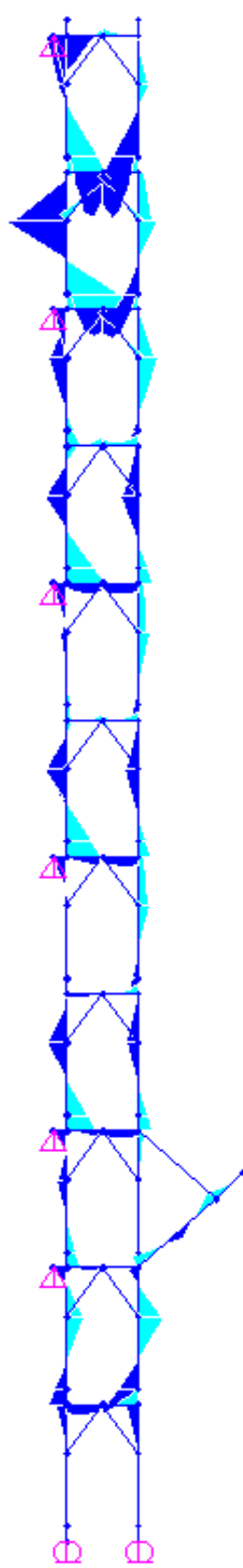
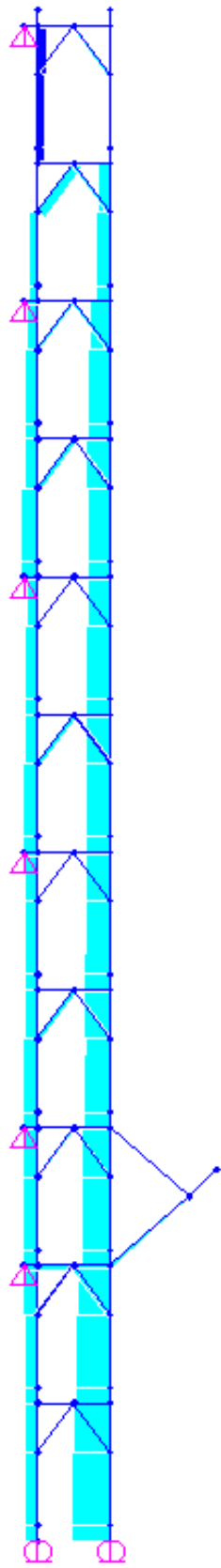


Fig. 3 Diagramele de eforturi axiale

Fig. 4 Diagramele de momente 3-3

Fig. 5 Deformata structurii

Calculul de verificare are pentru fiecare element component al structurii are urmatoarea succesiune:

1. Date initiale referitoare la material, tensiuni admisibile;
2. Caracteristicile sectiunii elementului structurii: forma, dimensiuni, arie, A, momente de inertie, module de rezistenta. W_3 si raze de giratie in jurul axelor sectiunii (3-3);
3. Solicitarile luate din diagramele de eforturi: forte axiale, N (fig. 3) si momente incovoietoare. M_{33} (fig. 4);
4. Calcule de verificare:
 - Tensiunea nominala de calcul la stabilitate elastica se determina cu relatia:

$$\sigma_{sel} = \frac{\omega \cdot N}{A} + \frac{M_{eq}}{W_3 \left(\varphi - \frac{c_a \cdot N}{N_{cr}} \right)} \leq \sigma_{ai}$$

in care: - ω – coeficient de amplificare a efortului axial in functie de sveltetea montantului;

- M_{eq} – momentul echivalent care tine seama de influenta deformatiei de ordinul II asupra stabilitatii elastice, extrase din norma [9]

φ - factor de influenta plastic, stabilit din motive de siguranta la valoarea;

c_a – coeficient de siguranta admisibil;

N_{cr} - efortul axial Euler (37 260 N);

- Tensiunea nominala de calcul din conditia de rezistenta se determina cu relatia:

$$\sigma_n = \frac{N}{A} + \frac{M_{max}}{W_3} \leq \sigma_{ai}$$

Pentru simularea pe computer a comportarii in serviciu a structurii schelei, utilizand programul de simulare SAP 2000 s-a procedat astfel:

- s-a reprezentat structura reala utilizand elemente spatiale de tipul LINK;
- s-au identificat elementele finite si nodurile structurii;
- s-au identificat sectiunile elementelor utilizand simboluri si s-au pus conditiile la limita;
- s-a incarcat structura in conformitate cu combinatia de incarcari cea mai defavorabila;
- s-a determinat raspunsul structurii la actiunile exterioare: diagramele de eforturi, elementele susceptibile de realiza un coeficient de siguranta cel mai apropiat de coeficientul de siguranta admisibil (prescris), stabilitatea generala si deformatia cu deplasările fiecarui punct al structurii fata de structura nedeformata (fig. 5).

In fig. 6 este reprezentata schela fixa cu 3 module si 2 nivele de lucru.

BIBLIOGRAFIE

1. * * * SR EN 1004 – Turnuri mobile pentru acces și lucru, executate din elemente prefabricate; Materiale, dimensiuni, solicitări nominale, cerințe de securitate și performanță;
2. * * * SR EN 12810–1 – Eșafodaje pentru fațade executate din elemente prefabricate; Partea 1; Specificații de produs;
3. * * * SR EN 12810–2 – Eșafodaje pentru fațade executate din elemente prefabricate; Partea 2: Metode specifice pentru calculul de rezistență;
4. * * * SR EN 12811–1 – Echipamente pentru lucrări temporare; Partea 1: Eșafodaje;
5. * * * SR EN 12811–2 – Echipamente pentru lucrări temporare; Partea 2 : Informații referitoare la materiale;
6. * * * SR EN 12811 – 3 – Echipamente pentru lucrări temporare; Partea 3: Încercare în sarcină;
7. * * * SR EN 12812 – Schele; Cerințe de performanță și proiectare generală;
8. * * * SR EN 12813 – Echipamente pentru lucrări temporare; Turnuri portante din componente prefabricate; Metode specifice pentru calculul de rezistență;
9. * * * Instruzioni CNR 1011/97

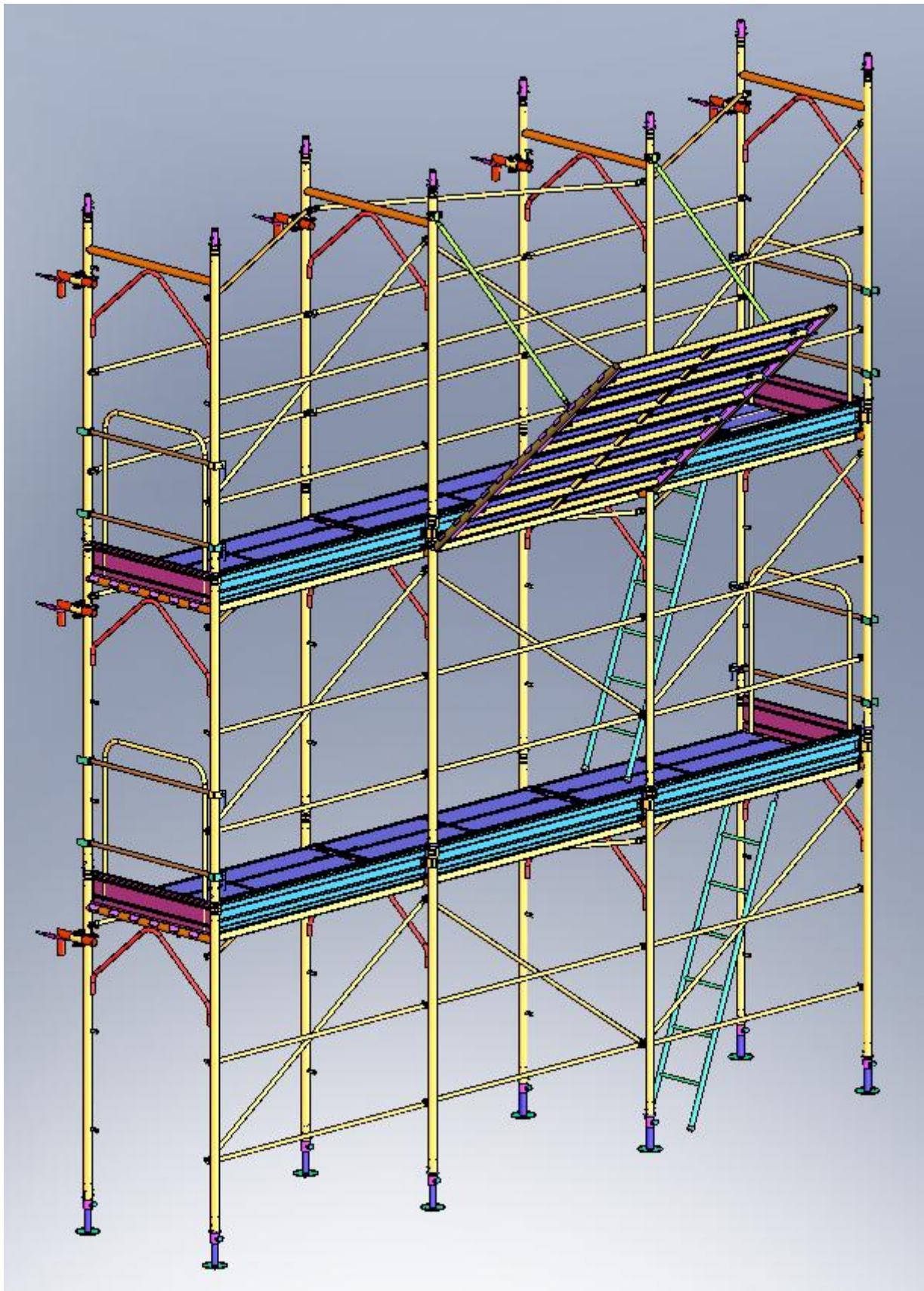


Fig. 6 Schela mobila cu 4 nivele (cu prelungitori)