

CALCULUL SI DIMENSIONAREA GRINZII CU ZĂBRELE	2
1. CERINȚELE TEMEI DE PROIECTARE	2
2. STRUCTURA HALEI INDUSTRIALE	2
⇒ PRINCIPALELE CARACTERISTICI ALE STRUCTURII	2
3. DOMENII DE UTILIZARE A GRINZILOR CU ZĂBRELE	4
4. ELEMENTELE COMPONENTE	4
5. PRINCIPII DE ALCĂTUIRE A UNEI GRINZII CU ZĂBRELE	4
6. FORMA GRINZII CU ZĂBRELE	6
7. SISTEMUL GEOMETRIC AL GRINZII CU ZĂBRELE	8
⇒ ÎNĂLȚIMEA GRINZILOR ÎN CÂMP (H_c) SI PE REAZĂM (H_R)	8
⇒ SISTEMUL DE ÎMPĂRȚIRE INTERIOARA	8
8. ÎNĂLȚIMEA OPTIMĂ	10
9. CALCULUL EFORTURILOR ÎN BARE GRINZILOR CU ZĂBRELE	13
⇒ CALCULUL ÎNCĂRCĂRILOR	13
⇒ STĂRI LIMITĂ ULTIME	15
⇒ STAREA LIMITA DE SERVICIU	18
⇒ CALCULUL STATIC	19
10. DIMENSIONAREA ELEMENTELOR GRINZILOR CU ZĂBRELE	21
⇒ SECȚIUNILE TRANSVERSALE ALE ELEMENTELOR	21
⇒ DIMENSIUNI SI AXE ALE SECȚIUNILOR (NOTAȚII)	21
⇒ EFICIENȚA SECȚIUNILOR TRANSVERSALE	23
⇒ PREDIMENSIONARE:	24
⇒ DISTANȚELE ÎNTRE PROFILELE PUȚIN DEPĂRTATE – GROSIMEA GUSEULUI	24
⇒ SOLIDARIZAREA ELEMENTELOR ÎNTINSE SAU COMPRIATE (PUȚIN DEPĂRTATE SAU DEPĂRTATE):	24
⇒ TIPURI DE OTEL FOLOSITE ÎN MOD UZUAL LA CONSTRUCȚIILE METALICE	27
⇒ VERIFICAREA CLASEI DE SECȚIUNI	27
⇒ FORMULELE DE DIMENSIONARE	27
⇒ DETALII CONSTRUCTIVE SI DE ALCĂTUIRE	34
11. VERIFICAREA RIGIDITĂȚII GENERALE - DETERMINAREA SĂGEȚII MAXIME A FERMEI	34
12. REALIZAREA SI CALCULUL PRINDERILOR ÎN NODURI	34
⇒ SOLUȚII DE REALIZARE:	34
⇒ CALCULUL ÎMBINĂRII (SREN 1993-1-8)	35
⇒ MODUL DE REALIZARE AL GUSEULUI SI CALCULUL:	39
⇒ ÎNĂDIREA BARELOR TĂLPILOR	43
13. DESENE – PENTRU GRINDA CU ZĂBRELE REALIZATA ÎN VARIANTA CU PRINDERE SUDATA	46
14. EXTRASE DE MATERIALE	46
15. COMPONENTE PROIECT	47
⇒ PIESE SCRISE	47
⇒ PIESE DESENATE	47
16. BIBLIOGRAFIE	48
17. ANEXE	50
⇒ ÎNCARCĂRI UTILE	50
⇒ GREUTĂȚI PROPRII	52
⇒ ZĂPADĂ	55
⇒ VÂNT	58

Calculul si dimensionarea grinzii cu zăbrele

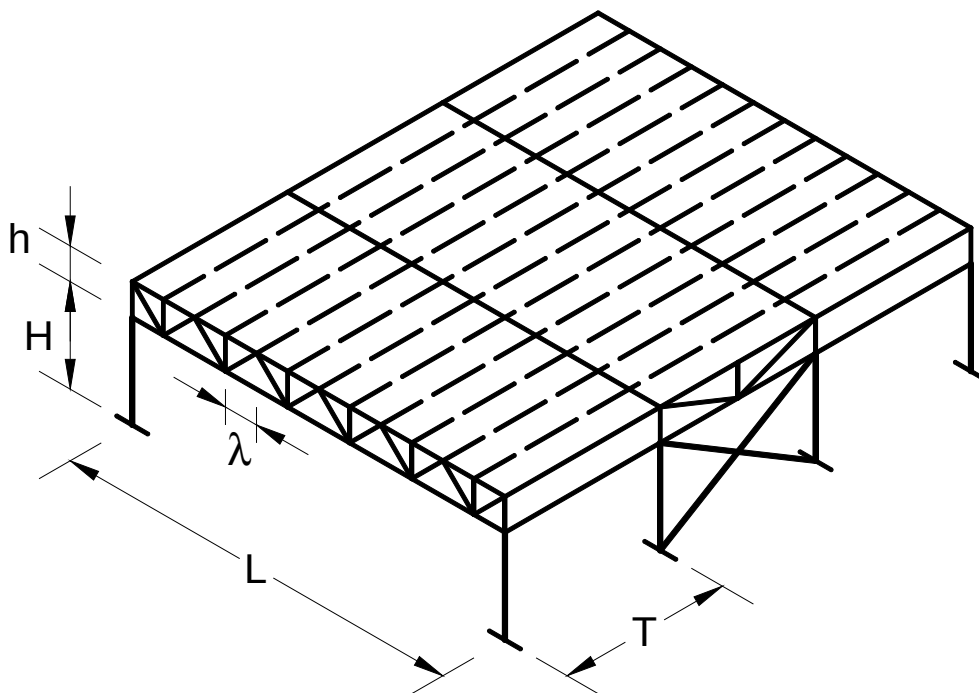
1. Cerințele temei de proiectare

Pentru grinda de acoperiș, ferma metalică, a structurii de mai jos sa se întocmească:

Piese scrise: memoriu justificativ si breviarul de calcul, extrasele de materiale;

Piese desenate: planșa de execuție si detaliile de taiere.

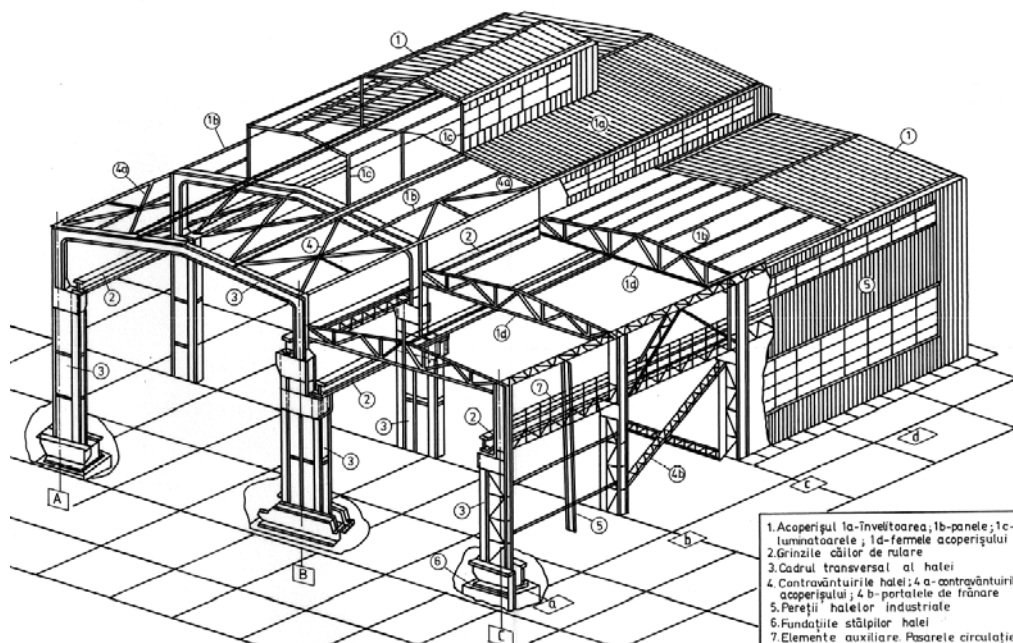
2. Structura halei industriale



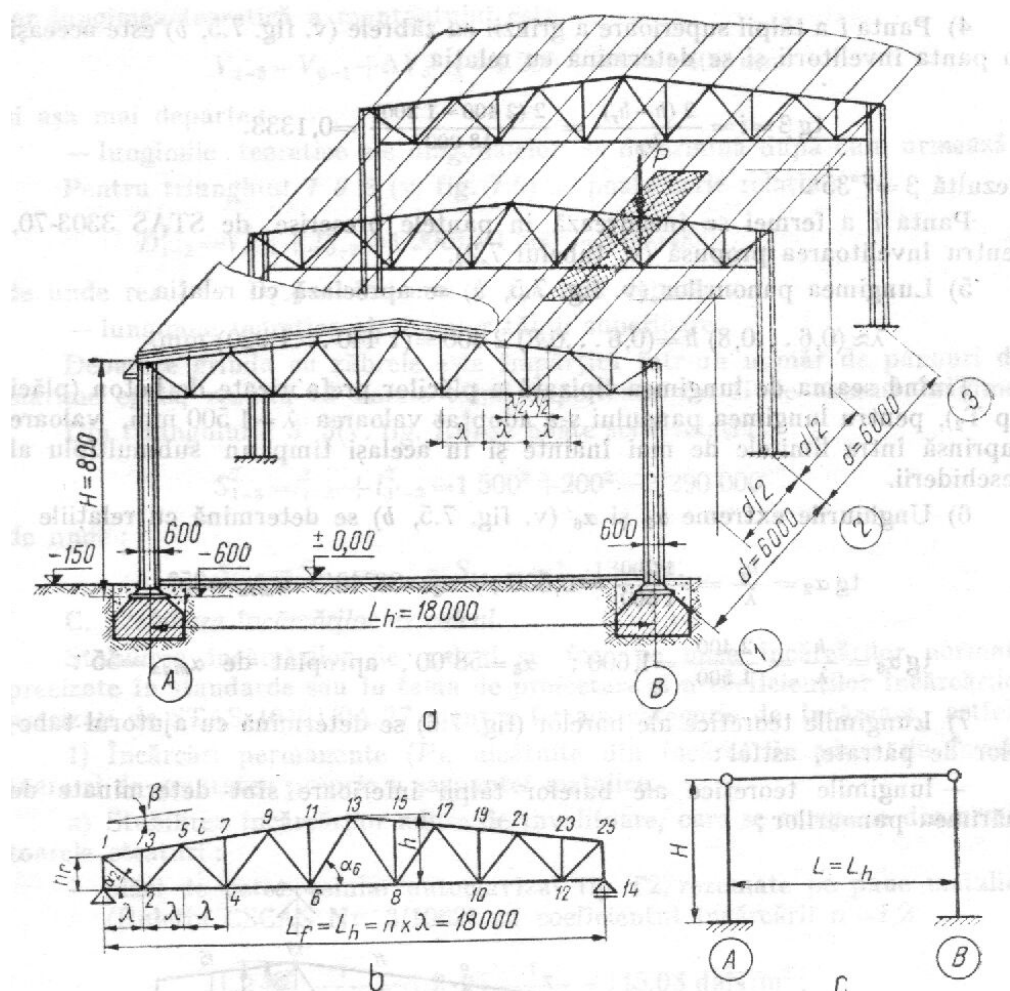
⇒ Principalele caracteristici ale structurii

- | | |
|--|-----------------------------|
| 1. deschiderea | $L =$ _____ [m]; |
| 2. traveea | $T =$ _____ [m]; |
| 3. înălțimea stâlpului | $H =$ _____ [m]; |
| 4. tipul grinzii cu zăbrele: _____; panta $i(\%) = 10$ (daca este cazul); | |
| 5. tipul secțiunii elementelor: _____; | |
| 6. schema statică – grinda cu zăbrele simplu rezemata; | |
| 7. înălțimea grinzii h_c ; h_r = funcție de deschiderea L si tipul grinzii cu zăbrele [m]; | |
| 8. dimensiunea panoului | $\lambda =$ _____ [m]; |
| 9. valoarea încărcării tehnologice | _____ [kN/m ²]; |
| 10. tipul de oțel | S _____; |
| 11. locație: | _____. |

Structura unei hale metalice



1d Ferma acoperișului – grinda cu zabrele (Gh. Mercea)



Cadru transversal și principalele dimensiuni geometrice (valori uzuale) (Mateescu)

Determinarea ariei aferente unui nod, necesară determinării încărcărilor nodale

L – deschidere, d – traveea, H – înălțimea la streșină, h_r – înălțimea la reazăm grinzii cu zabrele, h – înălțimea maximă în câmp (la coama) a grinzii cu zabrele, λ – panoul grinzii cu zabrele, α – unghiul diagonalei

3. Domenii de utilizare a grinzilor cu zăbrele

CCIA – grinda pentru susținerea acoperișului unei hale industriale;
CFDP – grinda principală în alcătuirea unui pasaj pietonal.

4. Elementele componente

Grinzile cu zăbrele sunt alcătuite din 2 tipuri de bare: Barele de contur, care mărginesc structura, și se numesc tălpi (inferioara / superioara), și cele interioare, care leagă tălpile între ele și se numesc zăbrele, (cele normale la axa grinzii, verticale – montanți, iar cele înclinate – diagonale).

Punctele de intersecție ale barelor se numesc noduri, iar intervalul dintre două noduri se numește panou.

5. Principii de alcătuire a unei grinzii cu zăbrele

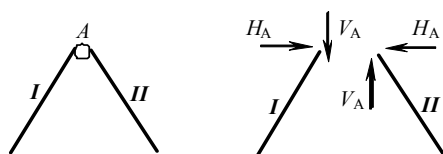
- cel mai simplu ansamblu;
- prinderea elementelor se considera articulată;
 - o ipoteza falsă în cazul îmbinării elementelor cu secțiuni puternice și lungimi relativi mici (rigiditate mare la încovoiere) (valabilă datorită faptului că lungimea barelor este mult mai mare decât dimensiunile secțiunii transversale);
 - o prinderea se realizează cu sudură, nituri sau șuruburi (practic nu se realizează o articulație perfectă);
 - o axele elementelor prinse într-un nod trebuie să fie concurente în același punct, fără a introduce excentricități accidentale. Sau cu alte cuvinte, centrarea barelor la grinzile cu zăbrele trebuie să se facă după linia centrelor de greutate, pentru îmbinarea sudată sau linia centrelor de greutate (tălpile) fie linia niturilor sau șuruburilor (zăbrelele) (în cazul îmbinării cu nituri/șuruburi).
- încărcările se aplică doar în nodurile structurii;
 - o prin intermediul panelor de acoperiș, în cazul acoperișurilor (CCIA);
 - o prin intermediul antretoazelor, în cazul podurilor (CCIA).
- se obține prin alăturarea de triunghiuri indeformabile. Indeformabilitatea geometrică = își păstrează forma și după deformare.

Consecința

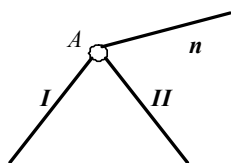
- elementele grinzii cu zăbrele sunt supuse doar la efort axial (întindere sau compresiune)

Mecanica construcțiilor

- *Articulația interioară*
 - o Împiedică orice translație relativă între cele două corpuri în punctul de articulare, dar permite rotirea lor relativă în raport cu acest punct.
 - o Prin suprimarea ei se introduc două necunoscute (perechile de eforturi H_A & V_A).
 - o Introduce două legături simple între cele două corpuri.



- *Articulația interioară multiplă*
 - o Dacă assemblează n corpuri, constituie $(n-1)$ articulații interioare simple (de unul dintre corpuri au fost legate articulat celelalte $(n-1)$).
 - o Prin suprimarea ei se introduc $2(n-1)$ necunoscute.



- *Alcătuirea sistemelor articulate*

În plan, un punct are 2 grade de libertate. Pentru a-l fixa sunt necesare și suficiente 2 legături simple, necoliniare. Notăm cu n numărul nodurilor, inclusiv nodurile de rezemare. Pentru a le fixa sunt necesare $2n$ legături simple. Acestea sunt: barele în număr de b și legăturile simple din rezeme în număr de r . Condiția de invariabilitate geometrică va fi:

$$b + r = 2n$$

6. Reducerea costului (V. Popescu)

STRUCTURA COSTURILOR

- **Costul proiectării** **2 %**
- **Costul materialelor** **35 – 43 %**
 - o Lamine (profile mici mai scumpe +15%)
 - o Taiere, debitare (respectarea toleranțelor +2-4%)
 - o Calitatea de hotel S235 / S355 (+15-20%)
 - o Electrozi (1-2% din greutatea structurii, prețul 3 ori mai mare decât hotel)
 - o Dispozitive de asamblare (2-3 % din greutatea structurii, prețul de 2 ori mai mare)
 - o Vopseaua (1 tona OL / 3kg vopsea)
 - o Pierderi
 - Platbande 4 – 10 %
 - Corniere, profile U 3 – 14 %
 - Erori 1 – 3 %
 - o Transportul laminatelor la uzina – 5 -10 % din valoarea lor (funcție de distanță)
- **Execuția în uzina** **37 – 41 %**
 - Materiale
 - Profile, electrozi, nituri, șuruburi, vopsea
 - Combustibil
 - Energie
 - Cote de amortizare
 - Salarii
 - Regie
 - + Profitul uzinei
 - o Transportul elementelor de la uzina la șantier
 - Distanță
 - Forma și dimensiunea – încărcare compactă
- **Costul montajului** **18 – 22 %**
 - o Asamblare la montaj
 - o Punere la poziție
 - o Funcționarea utilajelor
- **Cheltuieli de întreținere / mentenanță** – reparații, vopsire (la 6 – 8 ani 4 – 5 %)
- **Economicitatea unei soluții** – cheltuieli de întreținere, cota de amortizare

REDUCEREA COSTURILOR

- **Proiectarea** – reducerea consumului – concepția, forma constructivă, schema statică, rezolvarea îngrijită a detaliilor, folosirea elementelor tipizate și uniformizate, reduc de asemenea manopera.

- **Coeficientul de construcție** – *raportul între greutatea construcției și greutatea ei teoretică* – cât mai puține elemente alese pe baza constructivă, adoptarea unor gusee de dimensiuni reduse, eliminarea solidarizărilor și rigidizărilor inutile.
- **Metode de calcul** – cât mai apropiate de modul de comportare a structurii care să folosească rezerva de rezistență
- **Reducerea volumului de muncă pentru execuție și montaj** – îmbinările necesită volum de muncă mare, formele adoptate trebuie să permită folosirea metodelor de lucru și a utilajelor cele mai performante – tăiere automată, sudare sub strat de flux – soluții tip.
- **Otelurile superioare**
- **Laminatelor să fie folosite la lungimea lor maximă de laminare**
- **Alegerea secțiunilor economice**
- **Execuția** – optimizarea, tehnologizare etc
- **Montajul** – organizarea – reduce costul, accelerează procesul de montaj (reduce timpul).

7. Forma grinzii cu zăbrele

Scop: consum redus de oțel și volum minim de manoperă

Forma (conturul) se alege în concordanță cu legea de variație a solicitărilor produse de încărcări. O formă ce corespunde în bună măsură cerinței amintite este cea **bitrapezoidală**.

Înclinația tălpii (i %), numită și pantă, se stabilește în funcție de tipul de învelitoare utilizat (asigure scurgerea apelor meteorice).

La acoperișuri cu pante mari se folosesc grinzele cu zăbrele **triunghiulare**.

Când eforturile nu sunt prea mari sau nu variază prea mult în lungul deschiderii, grinzele cu zăbrele se pot realiza cu tălpi **paralele**.

Grinzele cu zăbrele se pot realiza:

- cu un perete – formate dintr-un profil cu secțiune unitară (laminat sau sudat) sau din două profile laminate așezate apropiat;
 - cu doi pereți – barele sunt alcătuite din secțiuni compuse, formate din două profile așezate depărtat și legate între ele prin plăcuțe sau zăbrelețe.
- În mod obișnuit au o alcătuire simetrică.

ACOPERISURI

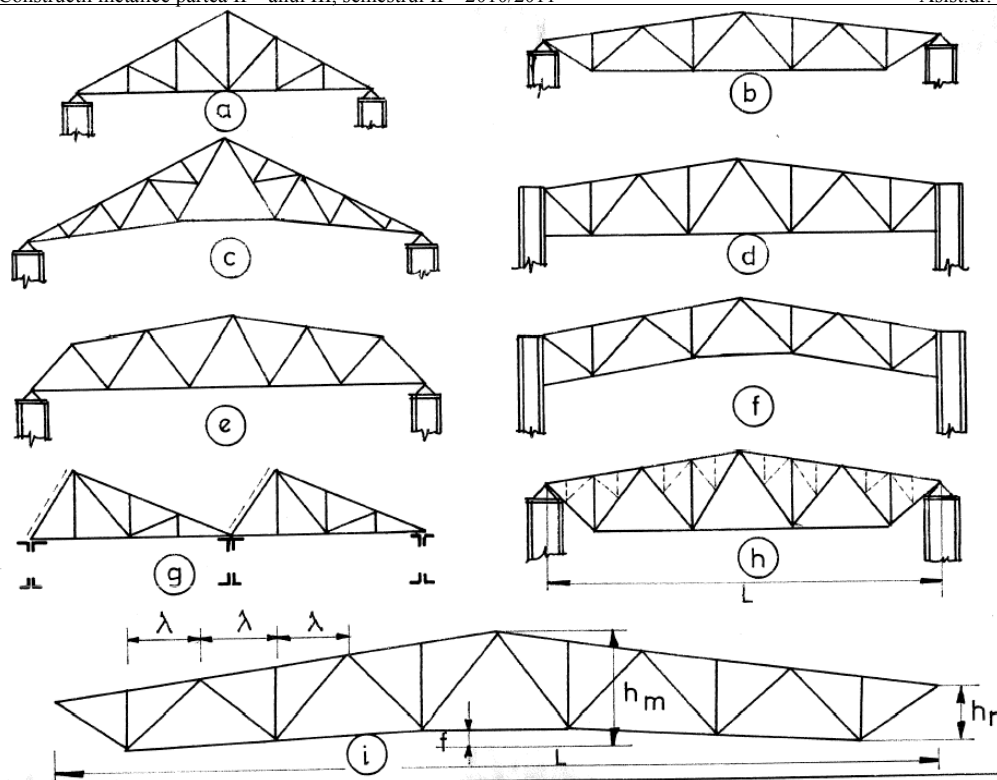
Cel mai vechi sistem folosit este cel triunghiular și c, deschideri mici 10 – 12m, până în max. 15m, învelitori ce necesită pante mari (peste 25%), la hale cu degajări mari de gaze. Înălțimea $1/2 - 1/4 L$.

Grinzele poligonale sunt cele mai folosite pentru deschideri 20-25 m pentru pante 4 – 15% pentru învelitori din tablă cutată sau beton.

Acoperișuri în dinți de fierăstrău pentru hale ce necesită o foarte bună iluminare (industria ușoară).

Deschideri mari, cu distanțele între noduri mai mari de 3 m se folosesc ferme cu împărțire interioară suplimentară h.

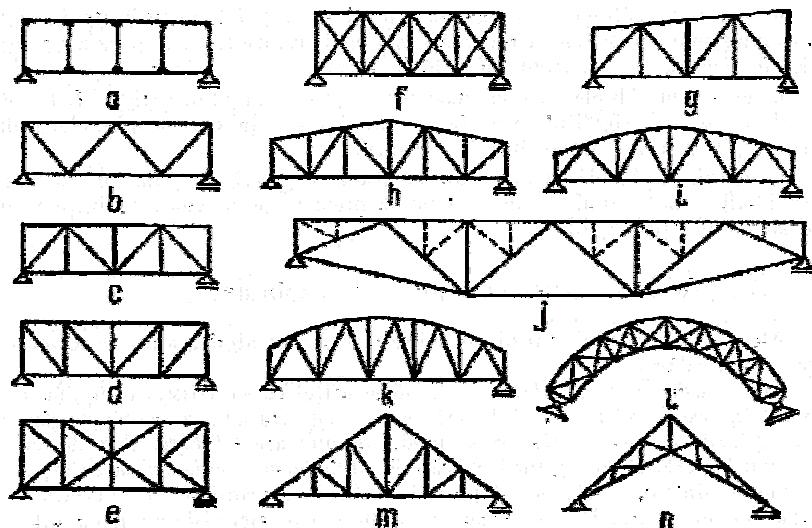
Deschideri peste 24 m, 30 m se recomandă o contrasăgeată i.



Solicitări mici, cu manoperă redusă grinzi cu tălpi paralele (a, b, c, d, e) toate zăbrelele au aceeași dimensiune,

- Sistemul *a* se realizează cu nodurile rigide (Vierendeel)
- Sistemul *b* doar cu diagonale este un sistem simplu cu noduri puține și simple, utilizat în cazul deschiderilor mici și la sarcini mici (pane etc.)
- Sistemul *c* cu montanți necesită un număr mai mare de noduri, însă se execută simplu și ușor, asigură barelor o rigiditate mai mare, prin reducerea lungimii de flambaj a tălpilor. Are diagonalele alternante care sunt cele mai utilizate.
- Sistemul *d* cu diagonale descendente are avantajul că acestea sunt întinse (lucru foarte important datorită lungimii lor), montanții fiind comprimați.
- Sistemul cu diagonalele încrucișate X, nu se folosește decât în cazurile în care este necesară asigurarea unei rigidități sporite a sistemului sau schimbarea sensului încărcării, din cauza dificultăților de execuție.
- Sistemul *e* se folosește când există sarcini între tălpile sistemului.

Contur poligonal, pentru deschideri mari se realizează o uniformizare a eforturilor în tălpile grinzi.



PODURI

Cu deschideri 50 – 70 m au înălțimi $l/5 - l/7$ cu panourile de 5.5m.

8. Sistemul geometric al grinzii cu zăbrele

⇒ Înălțimea grinzilor pe rează (h_r) [în câmp (h_c)]:

- Minima 1200 mm
- Tipul de contur ales
- Panta i% - funcție de tipul de învelitoare

Materialul învelitorii	Pante, în cm/m		
	Minime	Uzuale	Maxime
Tabla planca cu falțuri duble	7	15 – 40	Vertical
Tabla ondulată	15	15 – 40	Vertical
Tabla cutată	5	5 – 20	Vertical
Carton asfalt, pânză asfaltică (bitumată) pe suport rigid	2	3	Vertical
Azbociment ondulat – petreceri simple	25	30 – 50	-
Azbociment ondulat – petreceri duble	10	-	Vertical
Geam – montant în chit	30	70	Vertical
Geam – montant în suport etansat special	15	25	Vertical

(Mateescu)

- Gabaritul de transport (3300-3500 mm)
- Modularea – modul de baza M = 100 mm, preferabil multimodulului 3M = 300 mm

⇒ Sistemul de împărțire interioară

- Poziția forțelor – fiecare punct de aplicare trebuie să-i corespundă un nod;
- Număr minim de noduri pentru a reduce consumul (gusee etc);
- Înclinarea optimă a diagonalelor 45°;
- Distanța „a” constantă $a = (1...1,2)h_c$ [$a = (0,6...0,8)h$ - sistem triunghiular] între noduri (panoul) λ (grinzile cu înălțime variabilă), înclinarea diagonalelor 35-50°;
- Distanța d (pe înclinat panou talpa superioară) $d = 1.5 - 3m$
- Deschideri mari – sisteme secundare cu rolul de-a descărca sistemul principal (sau a reduce distanța între două pane, respectiv distanța de rezemare a învelitorii)

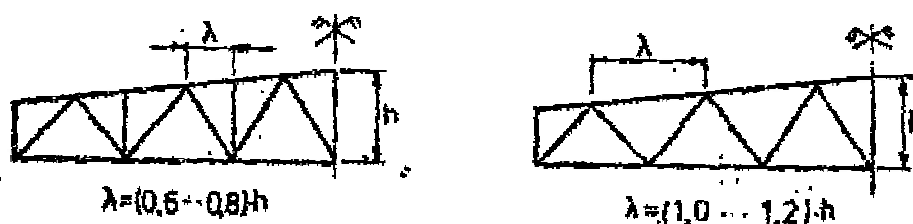
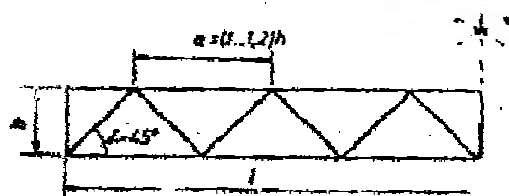


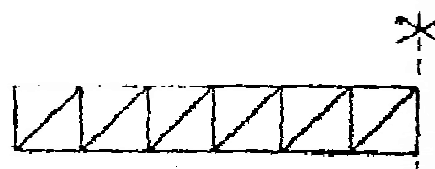
Fig.6.2 Lungimea panourilor la o fermă.

Sisteme funcție de împărțirea interioară:

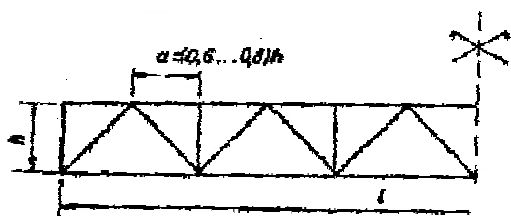
- Triunghiular;
- Diagonale alternante și montanți;
- Diagonale descendente și montanți;
- Diagonale ascendente și montanți;
- Diagonale încrucișate și montanți;
- Montanți și diagonale în K;
- Rombic;
- Rombic cu montanți.



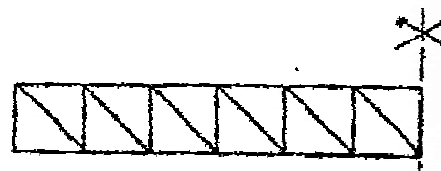
simplu triunghiular



dreptunghiular cu diagonale ascendente



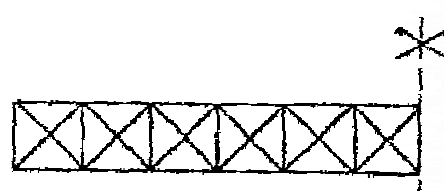
triunghiular cu montanți suplimentari



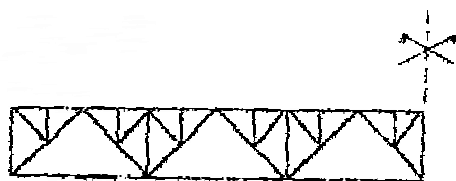
dreptunghiular cu diagonale descendente



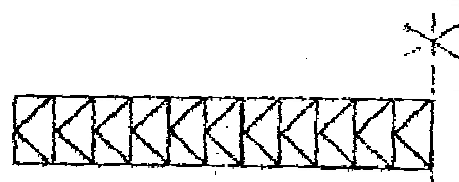
triunghiular cu montanți și tiranți suplimentari



dreptunghiular cu diagonale încrucișate



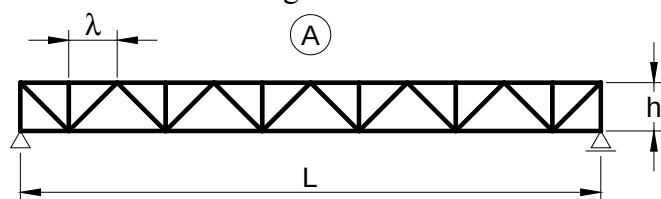
triunghiular cu montanți, semidiagonale și semimontanți



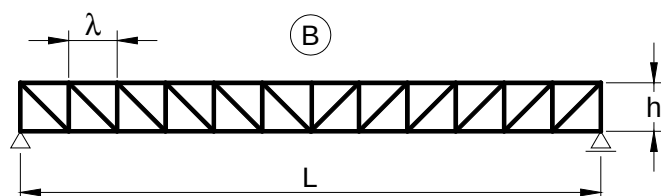
dreptunghiular cu diagonale în K.

Schema grinzii cu zăbrele

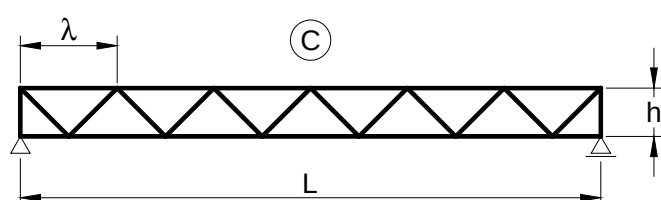
Denumirea



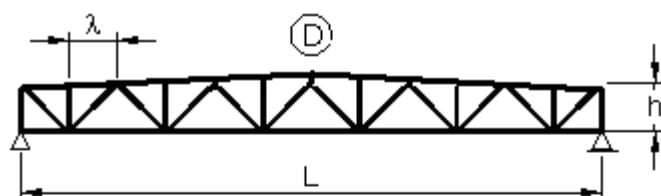
Grinda cu zăbrele cu tălpi paralele cu diagonale alternante și montanți



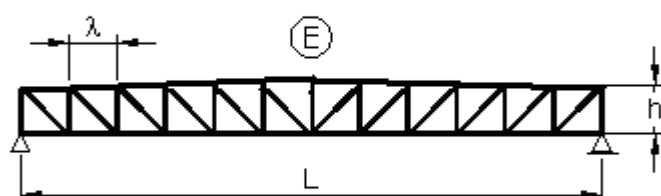
Grinda cu zăbrele cu tălpi paralele cu diagonale descendente și montanți



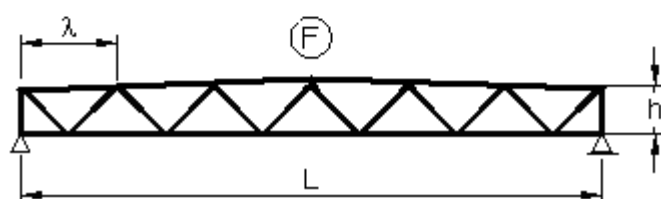
Grinda cu zăbrele cu tălpi paralele cu diagonale alternante



Grinda cu zăbrele bitrapezoidală cu diagonale alternante și montanți



Grinda cu zăbrele bitrapezoidală cu diagonale descendente și montanți

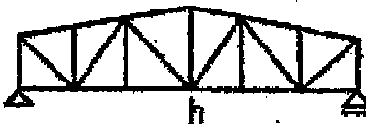
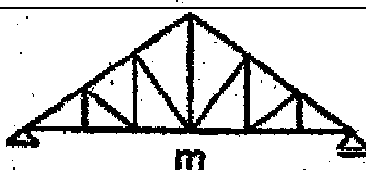


Grinda cu zăbrele bitrapezoidală cu diagonale alternante

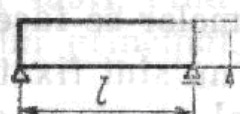
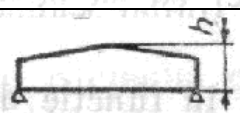
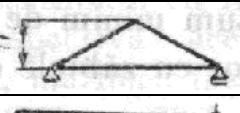
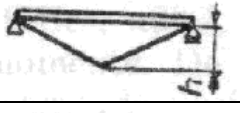
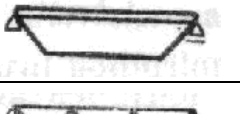
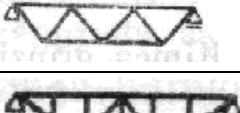
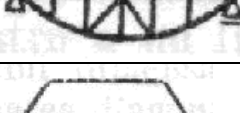
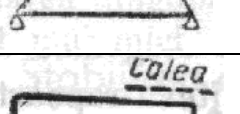
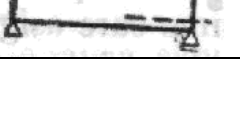
9. Înălțimea optimă

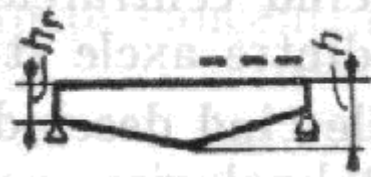
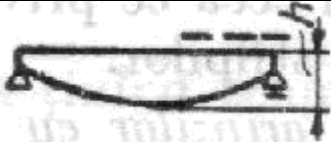
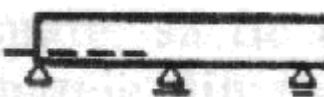
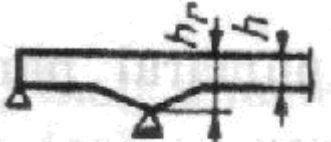
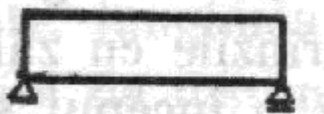
- Condiția de rigiditate (Mateescu)	
$h_s \geq \frac{l}{3.7 \left(\frac{f_a}{l} \right) \frac{E}{\sigma} - 2}$ $h_{\min} \geq \frac{l^2}{5190 f_a - 2l}$ (serbescu)	f_a - săgeata admisă ($l/250$) σ - efortul unitar maxim din tălpi
- Consum minim de otel (Mateescu)	

$h_{op} = k \frac{l}{m} \sqrt{0.7m + 1}$	k – coeficient ce ține seama de sistemul zăbrelelor (l – triunghiular; 0.58 – montanți și diagonale descendente, 0.71 – montanți și diagonale alternante) m – numărul de panouri ale grinzii ($m = l/\lambda$)
--	--

- Grinzi cu zăbrele cu tălpi paralele: $h = \left(\frac{1}{6} - \frac{1}{10} \right) l;$	
- Grinzi cu zăbrele cu tălpi înclinate: $h = \left(\frac{1}{5} - \frac{1}{9} \right) l; \quad h_r = \left(\frac{1}{15} - \frac{1}{18} \right) l$	
- Grinzi cu zăbrele triunghiulare: $h = \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{5} \right) l;$	
- Grinzi continue cu zăbrele: $h = \left(\frac{1}{15} - \frac{1}{20} \right) l.$	

(Mateescu)

Destinația	Elementul	Forma grinzii	Raport indicat h/l
Construcții industriale	Ferre		$h = \left(\frac{1}{6} - \frac{1}{10} \right) l$
			$h = \left(\frac{1}{7} - \frac{1}{9} \right) l$
			$h = \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{4} \right) l$
	Grinzi de rulare		$h = \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{5} \right) l$
			$h = \left(\frac{1}{7} - \frac{1}{10} \right) l$
	Grinzi din otel rotund		$h = \left(\frac{1}{12} - \frac{1}{18} \right) l$
			$h = \left(\frac{1}{12} - \frac{1}{18} \right) l$
Pod rulant	Grinda principala		$h = \left(\frac{1}{12} - \frac{1}{14} \right) l$
Poduri de sosea	Grinda principala		$h = \left(\frac{1}{7} - \frac{1}{10} \right) l$

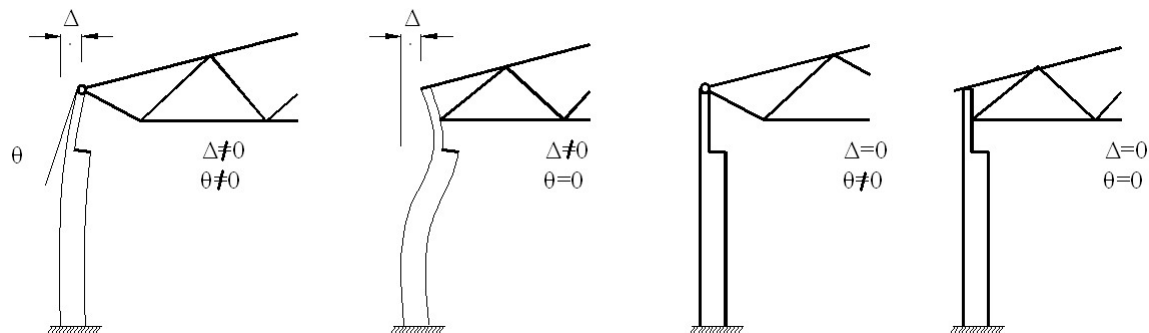
			$h = \left(\frac{1}{7} - \frac{1}{10} \right) l$
			$h = \left(\frac{1}{7} - \frac{1}{10} \right) l$
			$h_r = \left(\frac{1}{13} - \frac{1}{17} \right) l$
			$h = \left(\frac{1}{5.5} - \frac{1}{8} \right) l$
			$h = \left(\frac{1}{6} - \frac{1}{8} \right) l$
			$h = \left(\frac{1}{7} - \frac{1}{10} \right) l$
			$h = \left(\frac{1}{5.5} - \frac{1}{8} \right) l$
			$h = \left(\frac{1}{8} - \frac{1}{12} \right) l$
			$h = \left(\frac{1}{7} - \frac{1}{9} \right) l$
			$h = \left(\frac{1}{8} - \frac{1}{12} \right) l$
			$h_r = (1.2 - 1.5) h$
Poduri cale ferata			$h = \left(\frac{1}{6} - \frac{1}{10} \right) l$

- Pentru prindere articulata

$$h = \left(\frac{1}{15} - \frac{1}{17} \right) l.$$

- Pentru prindere rigida

$$h = \left(\frac{1}{13} - \frac{1}{17} \right) l.$$



Desigur înălțimea se alege și funcție de cerințe funcționale și impuneri de ordin arhitectural.

10. Calculul eforturilor în bare grinzilor cu zăbrele

⇒ Sunt structuri alcătuite din bare drepte, articulate la noduri. Pot fi atât static determinate cât și static nedeterminate.

⇒ Calculul încărcărilor

- Stabilirea ipotezelor de încărcare (acțiuni în construcții);
 - o Permanentă;
 - Greutatea învelitorii;
 - Greutatea panoulor;

Greutatea proprie a panoulor (daN/m ²)		Încărcarea totală (daN/m ²) pe suprafața orizontală						
Deschiderea panoulor, d m	Distanța între panele, λ m	150	175	200	225	250	275	300
4,50	1,5	11	11	11	11	13	13	13
	2,0	8	8	10	10	10	12	12
	2,5	8	8	8	10	10	10	12
	3,0	7	8	8	8	10	10	10
6,00	1,5	13	13	16	16	16	16	19
	2,0	12	12	12	15	15	15	17
	2,5	10	10	12	12	14	14	14
	3,0	8	10	10	12	12	12	13
7,50	1,5	16	16	19	19	19	22	22
	2,0	15	15	17	17	18	20	20
	2,5	12	13	13	16	18	18	18
	3,0	11	13	13	15	15	15	18
9,00	1,5	18	22	22	22	26	26	26
	2,0	17	17	19	19	19	23	23
	2,5	16	16	16	18	18	21	21
	3,0	13	15	15	17	17	19	19
12,00	1,5	22	26	26	26	30	30	30
	2,0	19	22	22	22	26	26	26
	2,5	18	18	21	21	23	23	26
	3,0	15	17	17	19	22	22	24

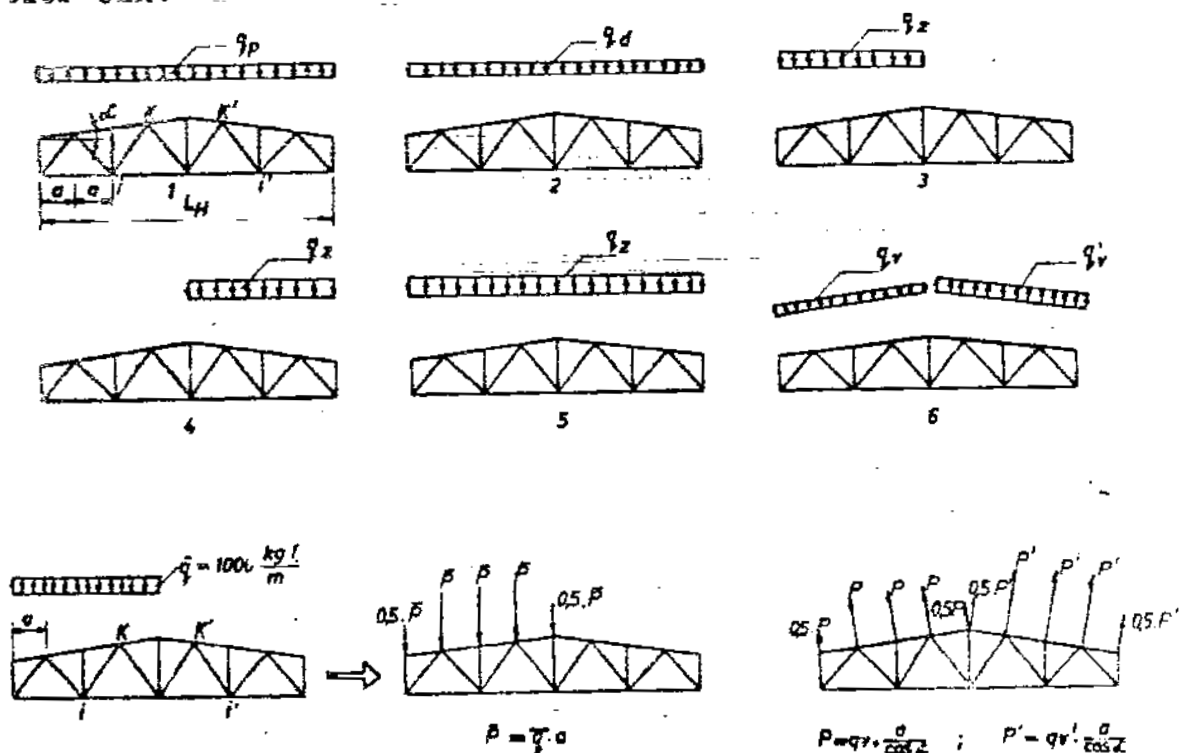
- Greutatea luminatorului;
- Greutatea proprie a fermei;

Greutatea proprie a panelor (daN/m ²)									
Deschiderea paneli, d m	Distanța între pane, λ m	Încărcarea totală (daN/m ²) pe suprafața orizontală							
		150	175	200	225	250	275	300	
4,50	1,5	11	11	11	11	13	13	13	
	2,0	8	8	10	10	10	12	12	
	2,5	8	8	8	10	10	10	12	
	3,0	7	8	8	8	10	10	10	
6,00	1,5	13	13	16	16	16	16	19	
	2,0	12	12	12	15	15	15	17	
	2,5	10	10	12	12	14	14	14	
	3,0	8	10	10	12	12	12	13	
7,50	1,5	16	16	19	19	19	22	22	
	2,0	15	15	17	17	18	20	20	
	2,5	12	13	13	16	18	18	18	
	3,0	11	13	13	15	15	15	18	
9,00	1,5	18	22	22	22	26	26	26	
	2,0	17	17	19	19	19	23	23	
	2,5	16	16	16	18	18	21	21	
	3,0	13	15	15	17	17	19	19	
12,00	1,5	22	26	26	26	30	30	30	
	2,0	19	22	22	22	26	26	26	
	2,5	18	18	21	21	23	23	26	
	3,0	15	17	17	19	22	22	24	

Greutatea proprie a fermelor (daN/m ²)									
Deschiderea fermel, L _f m	Distanța între ferme, d m	Încărcarea totală (daN/m ²) pe suprafața orizontală							
		150	175	200	225	250	270	300	
9,00	6	8	9	9	10	10	11	11	
	7,5	8	8	8	9	9	10	11	
	9	7	7	8	8	9	9	10	
	12	6	7	7	8	8	8	9	
12,00	6	9	10	10	11	11	12	12	
	7,5	9	9	9	10	10	11	11	
	9	8	8	9	9	10	10	11	
	12	7	8	8	9	9	10	10	
15,00	6	9	10	11	12	12	12	13	
	7,5	9	9	10	10	11	11	12	
	9	8	9	9	10	10	11	12	
	12	8	8	8	9	10	11	11	
18,00	6	10	11	12	13	14	15	16	
	7,5	10	10	11	11	12	13	14	
	9	9	10	10	11	11	12	13	
	12	8	9	9	10	11	12	13	
21,00	6	12	13	13	14	15	16	17	
	7,5	11	12	12	13	14	15	16	
	9	10	11	12	12	13	14	15	
	12	9	10	11	12	13	14	15	
24,00	6	14	16	17	19	19	21	21	
	7,5	13	15	16	17	18	19	20	
	9	12	14	15	16	17	18	19	
	12	11	13	14	15	16	17	18	
27,00	6	14	16	17	19	20	21	22	
	7,5	13	15	17	18	18	19	20	
	9	12	14	16	17	17	18	19	
	12	11	13	14	15	16	17	18	
30,00	6	14	17	18	20	20	22	22	
	7,5	13	16	17	18	19	20	21	
	9	12	15	16	17	18	19	20	
	12	11	13	15	16	17	18	19	

- Greutatea depunerilor de praf industrial.

- Tehnologică;
 - Greutatea elementelor de instalații suspendate.
- Climaterice;
 - Vânt;
 - Zăpadă;
 - Variații de temperatură – etc.;
- Stabilirea combinațiilor de calcul SLS (starea limită de serviciu sau a exploatării normale), SLU (starea limită ultimă: de rezistență sau stabilitate)
 - Particular, se vor folosi doar combinațiile din gruparea fundamentală.
- Stabilirea schemei de încărcare (reducerea încărcărilor în nodurile grinzii cu zăbrele).



⇒ Stări limită ultimă

- EQU: Pierderea echilibrului static a structurii sau a unei părți a acesteia considerată ca un corp rigid, unde:
 - variații mici în valoarea distribuției spațiale a acțiunilor de la o singură sursă sunt considerate importante, și
 - rezistențele materialelor de construcție sau ale solului, în general, nu sunt decisive;
 - STR: Cedarea internă sau deformarea excesivă a structurii sau elementelor structurale, inclusiv fundații, piloți, pereți de subsol, etc. unde rezistențele materialelor de construcție a structurii sunt decisive;
 - GEO: Cedarea sau deformarea excesivă a solului unde rezistența pământului sau rocii sunt semnificative în asigurarea rezistenței;
 - FAT: Cedarea la oboseală a structurii sau elementelor structurale.
- Pentru fiecare caz critic de încărcare, valorile de calcul ale efectelor acțiunilor (E_d) trebuie determinate prin gruparea valorilor acțiunilor care sunt considerate să apară simultan.
- Fiecare grupă de acțiuni include:
- o acțiune variabilă importantă, sau
 - o acțiune accidentală.
- Coefficienții parțiali de siguranță:

Valori de calcul

Valori de calcul ale acțiunilor

Valoarea de calcul F_d a unei acțiuni F poate fi exprimată în termeni generali astfel:

$$F_d = \gamma_f F_{rep}$$

cu:

$$F_{rep} = \psi F_k$$

unde:

F_k valoarea caracteristică a acțiunii

F_{rep} valoarea reprezentativă relevantă a acțiunii.

γ_f coeficient parțial pentru acțiune care ține seama de posibilitatea de abateri nefavorabile a valorilor acțiunii de la valorile reprezentative.

ψ este fie 1,00 sau ψ_0 , ψ_1 sau ψ_2 .

Valori de calcul ale efectelor acțiunilor

Pentru o grupare de încărcări, valorile de calcul ale efectelor acțiunilor (E_d) pot fi exprimate în termeni generali astfel:

$$E_d = \gamma_{sd} E\{\gamma_{f,i} F_{rep,i}; a_d\} \quad i \geq 1$$

unde:

a_d valorile de calcul ale datelor geometrice

γ_{sd} coeficient parțial care ține seama de incertitudini:

- în modelarea efectelor acțiunilor;
- în unele cazuri, în modelarea acțiunilor.

grupări fundamentale

Forma generală a efectelor acțiunilor este:

$$E_d = \gamma_{sd} E \{ \gamma_{G,j} G_{k,j}; \gamma_P P; \gamma_{Q,1} Q_{k,1}; \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \} \quad j \geq 1; i > 1$$

Gruparea efectelor acțiunilor considerate se bazează pe:

- valoarea de calcul a acțiunii variabile importante, și
- valorile de calcul grupate a acțiunilor variabile însoțitoare:

$$E_d = E \{ \gamma_{G,j} G_{k,j}; \gamma_P P; \gamma_{Q,1} Q_{k,1}; \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \} \quad j \geq 1; i > 1$$

Gruparea acțiunilor din acolade { }, poate fi exprimată și astfel:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

sau, alternativ pentru stările limită STR și GEO, cea mai defavorabilă dintre următoarele două expresii:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \\ \sum_{j \geq 1} \xi_j \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \end{array} \right. \quad ($$

unde:

„+” înseamnă „în grupare cu”

Σ înseamnă „efectul grupat al”

ξ coeficient de reducere al acțiunilor permanente defavorabile G

Situatii de proiectare permanente și tranzitorii	Încărcări permanente		Încărcare variabilă principală	Încărcări variabile secundare (*)	
	defavorabile	favorabile		principale (dacă este cazul)	altele
(formula 6.10)	$1,35 G_{k,j,sup}$	$1,0 G_{k,j,inf}$	$1,5 Q_{k,1}$ (0 pentru cazuri favorabile)	-	$1,5 \psi_{0,i} Q_{k,i}$ (0 pentru cazuri favorabile)

(*) Încărcările variabile sunt cele prezentate în tabelul NA A1.1.

$\psi_{0,i}$ - coeficient de grupare a încărcării variabile secundare i, aplicat valorii caracteristice a încărcării.

NOTA 1- Pentru determinarea coeficientului parțial de siguranță γ pentru solicitări din deformări impuse, a se vedea EN 1991 până la EN 1999.

NOTA 2- Valorile caracteristice ale încărcărilor permanente dintr-o singură sursă se multiplică cu $\gamma_{G,j,sup}$ dacă efectul încărcării rezultante este defavorabil și cu $\gamma_{G,j,inf}$ dacă efectul încărcării rezultante este favorabil.

NOTA 3- Pentru anumite cazuri de verificare structurală, coeficienții parțiali de siguranță γ_G și γ_Q pot fi divizați în coeficientul încărcării permanente γ_G , coeficientul încărcării variabile γ_Q și coeficientul de incertitudine a modelului γ_{sd} (a se vedea SR EN 1990:2004). De regulă, valoarea coeficientului γ_{sd} poate fi selectată din intervalul 1,05 până la 1,15.

Acțiunea	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
Încărcări din exploatare normală pentru clădiri (a se vedea SR EN 1991-1-1:2004 și anexa națională)			
Categoria A: clădiri rezidențiale	0,7	0,5	0,3
Categoria B: clădiri de birouri	0,7	0,5	0,3
Categoria C: spații cu aglomerări de persoane	0,7	0,7	0,6
C1: Spații dotate cu mese			
C1.1 încăperi în școli, săli de lectură			
C1.2 laboratoare și cabinete medicale, centre de calcul etc.			
C1.3 cafenele, restaurante, cantine, săli de recepție			
C2 Spații dotate cu locuri fixe			
C3 Spații de circulație fără obstacole			
C4 Spații pentru desfășurarea activităților fizice			
C5 Spații destinate aglomerațiilor de persoane			
Categoria D: spații comerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E: spații pentru depozitare	1,0	0,9	0,8
Categoria F: spații destinate traficului de vehicule greutatea vehiculului ≤ 30 kN	0,7	0,7	0,6
Categoria G: spații destinate traficului de vehicule 30 kN < greutatea vehiculului ≤ 160 kN	0,7	0,5	0,3
Categoria H: acoperișuri	0,7 ¹⁾	0	0
Încărcări date de zăpadă (a se vedea SR EN 1991-1-3:2005 și anexa națională)			
Toate amplasamentele	0,7	0,5	0,4
Acțiunea vântului (a se vedea SR EN 1991-1-4:2006 și anexa națională)	0,7	0,2	0
Acțiunea temperaturii, cu excepția incendiilor (a se vedea SR EN 1991-1-5:2005)	*	*	*
¹⁾ A se vedea SR EN 1991-1-1:2004, 3.3.2(1). * Valorile coeficienților ψ se vor specifica după elaborarea anexei naționale la SR EN 1991-1-5:2005.			

⇒ Starea limita de serviciu

a) Gruparea caracteristică:

$$E_d = E\{G_{k,j}; P; Q_{k,1}; \psi_{0,j} Q_{k,j}\} \quad j \geq 1; i > 1$$

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

b) Gruparea frecventă:

$$E_d = E\{G_{k,j}; P; \psi_{1,1} Q_{k,1}; \psi_{2,j} Q_{k,j}\} \quad j \geq 1; i > 1$$

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

c) Gruparea cvasipermanentă:

$$E_d = E\{G_{k,j}; P; \psi_{2,j} Q_{k,j}\} \quad j \geq 1; i \geq 1$$

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Gruparea	Acțiuni permanente G_d		Acțiuni tranzitorii Q_d	
	Defavorabile	Favorabile	Importanța	Altele
Caracteristică	$G_{k,j,sup}$	$G_{k,j,inf}$	$Q_{k,1}$	$\psi_{0,i} Q_{k,i}$
Frecventă	$G_{k,j,sup}$	$G_{k,j,inf}$	$\psi_{1,1} Q_{k,1}$	$\psi_{2,i} Q_{k,i}$
Cvasipermanentă	$G_{k,j,sup}$	$G_{k,j,inf}$	$\psi_{2,1} Q_{k,1}$	$\psi_{2,i} Q_{k,i}$

⇒ Calculul static

- Numerotarea nodurilor din stânga jos spre dreapta și apoi în sus
- Numerotarea barelor din stânga spre dreapta TI; TS; M; D

În bare apar doar eforturi axiale de întindere (+) sau compresiune (-), a căror valoare se calculează utilizând:

- Metoda izolării nodurilor;
- Metoda secțiunilor;
- Calculul automat (Axis, Sap2000, etc.).

Determinarea eforturilor maxime în barele fermei

Se va neglija efectul de cadru

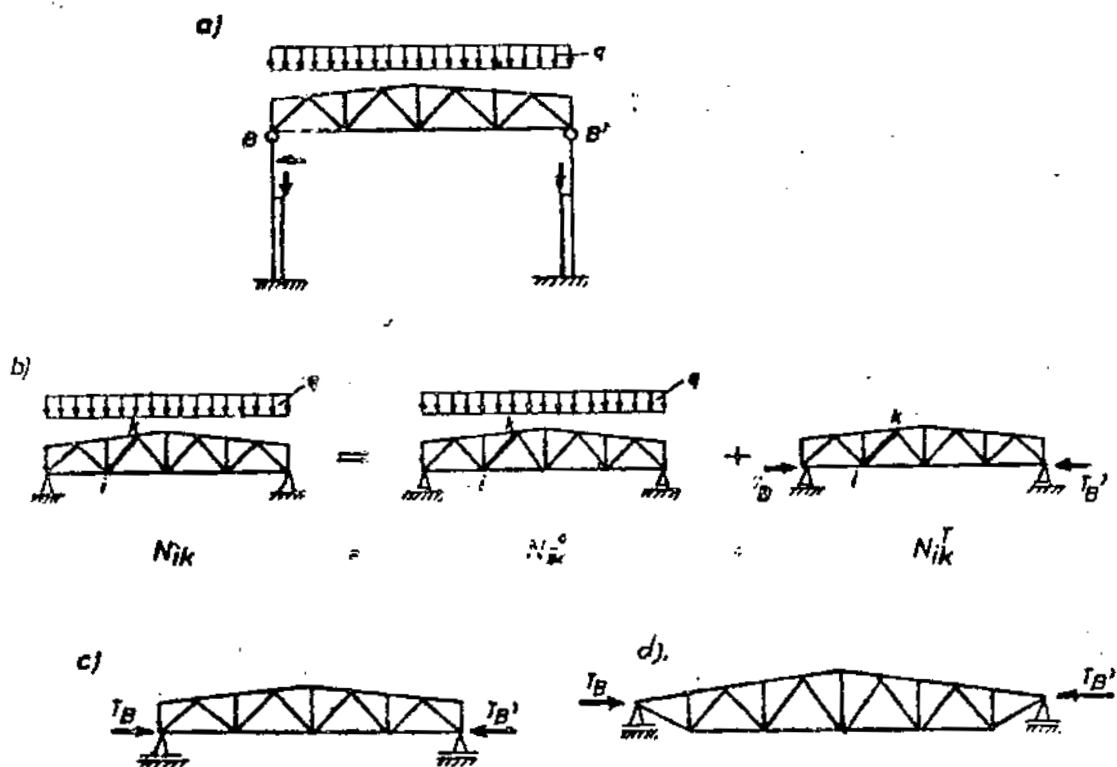


Fig. 6.8. Corectarea eforturilor axiale din barele grinzii cu zăbrele ținând seama de efectul de cadru.

Element	Bara	Eforturi din incarcarea unitara 1kN/m			Eforturi din incarcarea permanenta	Eforturi din incarcarea cu zapada			Eforturi din incarcarea utila	Eforturi din incarcarea data de vant		Eforturi din combinatiile de incarcari (SLS / SLU)			Eforturi maxime	
		1/2s	1/2d	t		I	II	III		V ->	V <-	C1	C2	C3	+	-
1	2	3	4	5	6	7		8	9	10	11	...	...	...	...	..
TI	1-2															
	2-3															

Se folosește principiul proporționalității si al suprapunerii efectelor;

11. Dimensionarea elementelor grinzilor cu zăbrele

Când se consideră o stare limită de rupere sau deformare excesivă a unei secțiuni, element sau îmbinare (STR și/sau GEO), trebuie verificat ca:

$$E_d \leq R_d$$

unde:

E_d valoarea de calcul a efectului acțiunilor cum ar fi forța, momentul sau un vector reprezentând mai multe forțe interne sau momente;

R_d valoarea de calcul a rezistenței corespunzătoare.

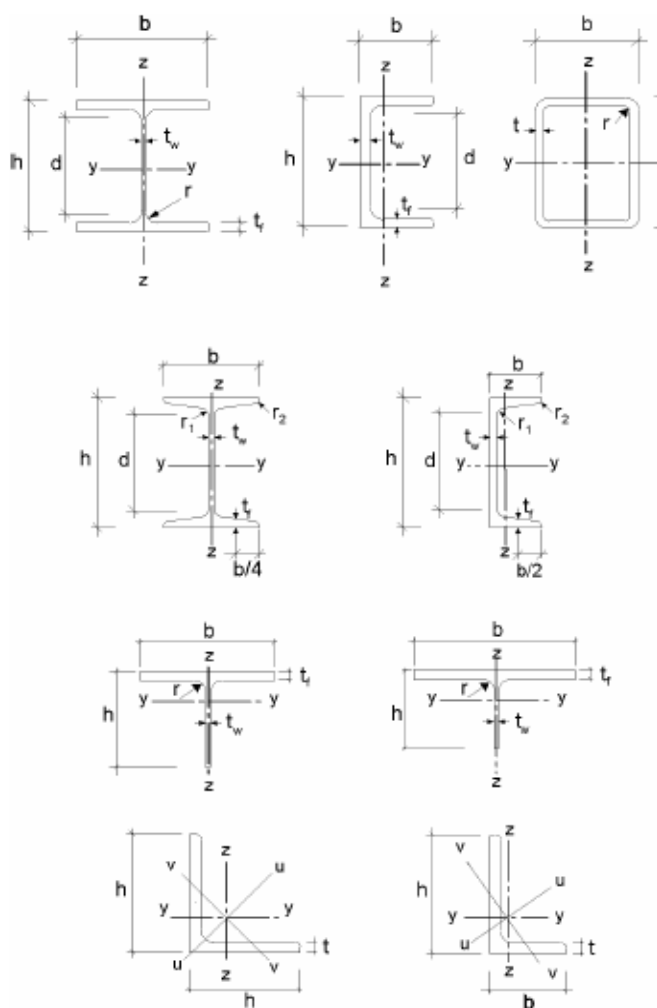
⇒ Secțiunile transversale ale elementelor trebuie alese în așa fel încât materialul să fie folosit cât mai rațional:

- forma secțiunii transversale;
- tipurile de secțiuni pe elemente;
- prinderi ușoare în noduri;
- barele comprimate cu raza de girație mare (materialul cât mai depărtat).

Talpa inferioară: corniere cu aripi neegale cu aripa lungă în prelungire;

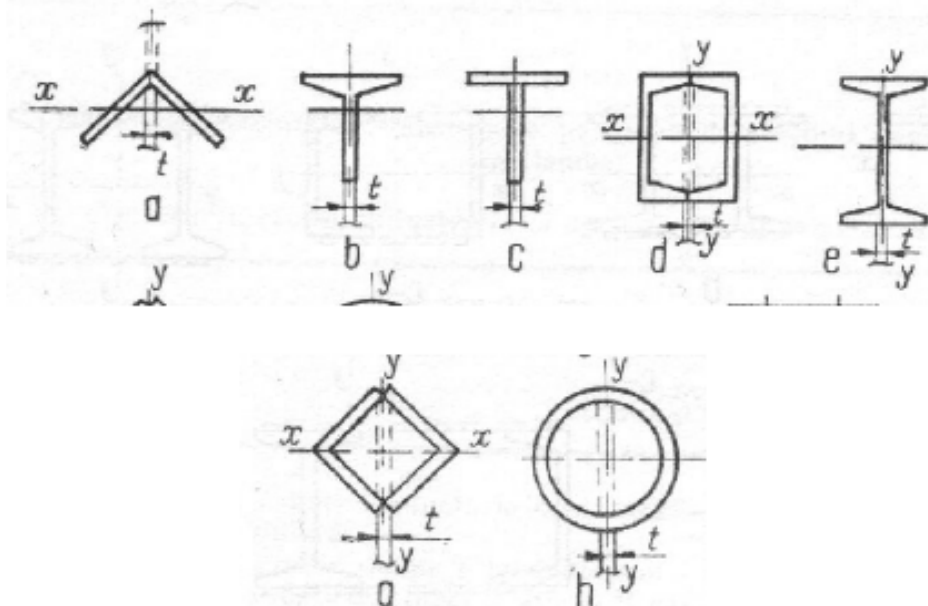
Zăbrele: corniere cu aripi egale (mai economic neegale cu aripa scurtă în prelungire)

⇒ Dimensiuni și axe ale secțiunilor (notații)

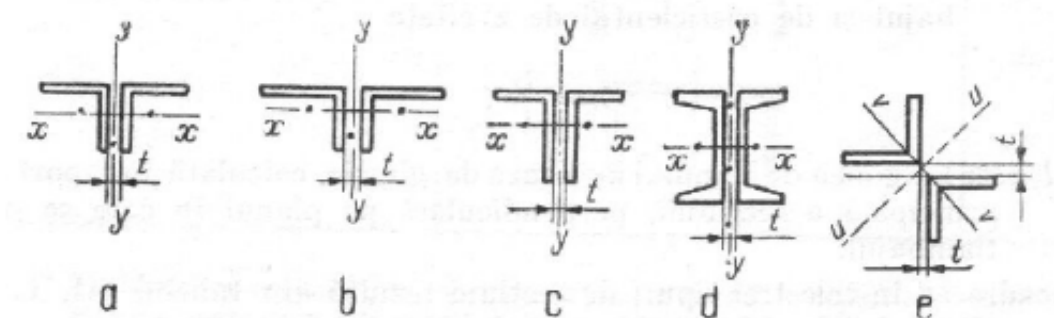


Tipuri de secțiuni utilizate la elementele solicitate axial:

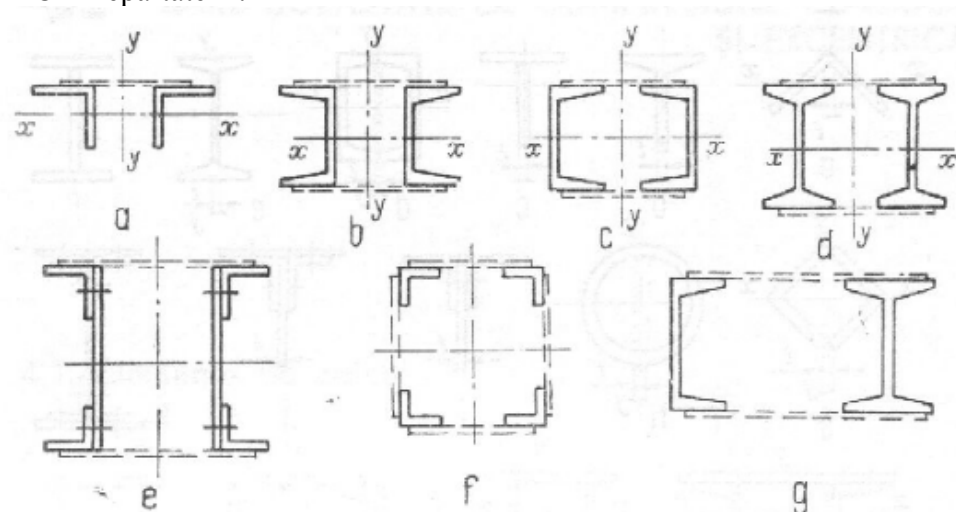
- Secțiuni simple (lamine sau sudate) – S;

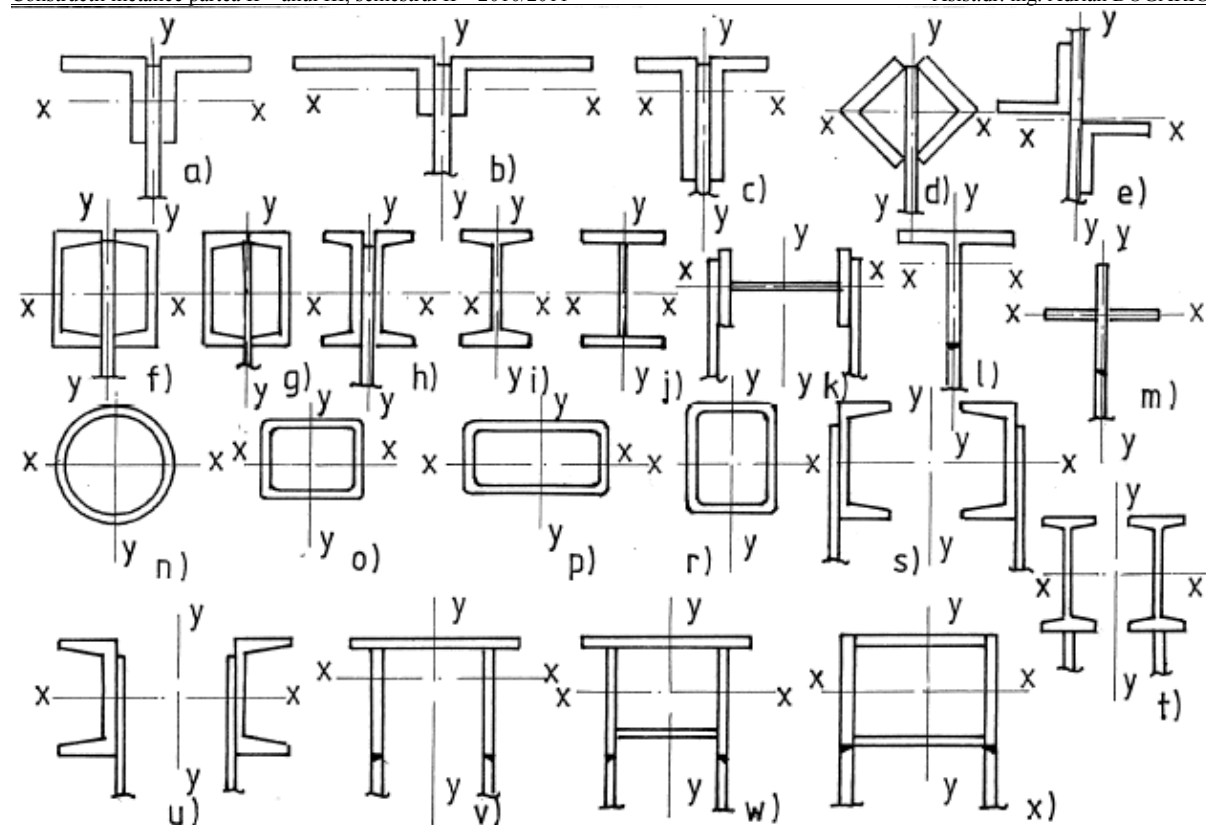


- Secțiuni compuse:
 - o Puțin depărtate PD;

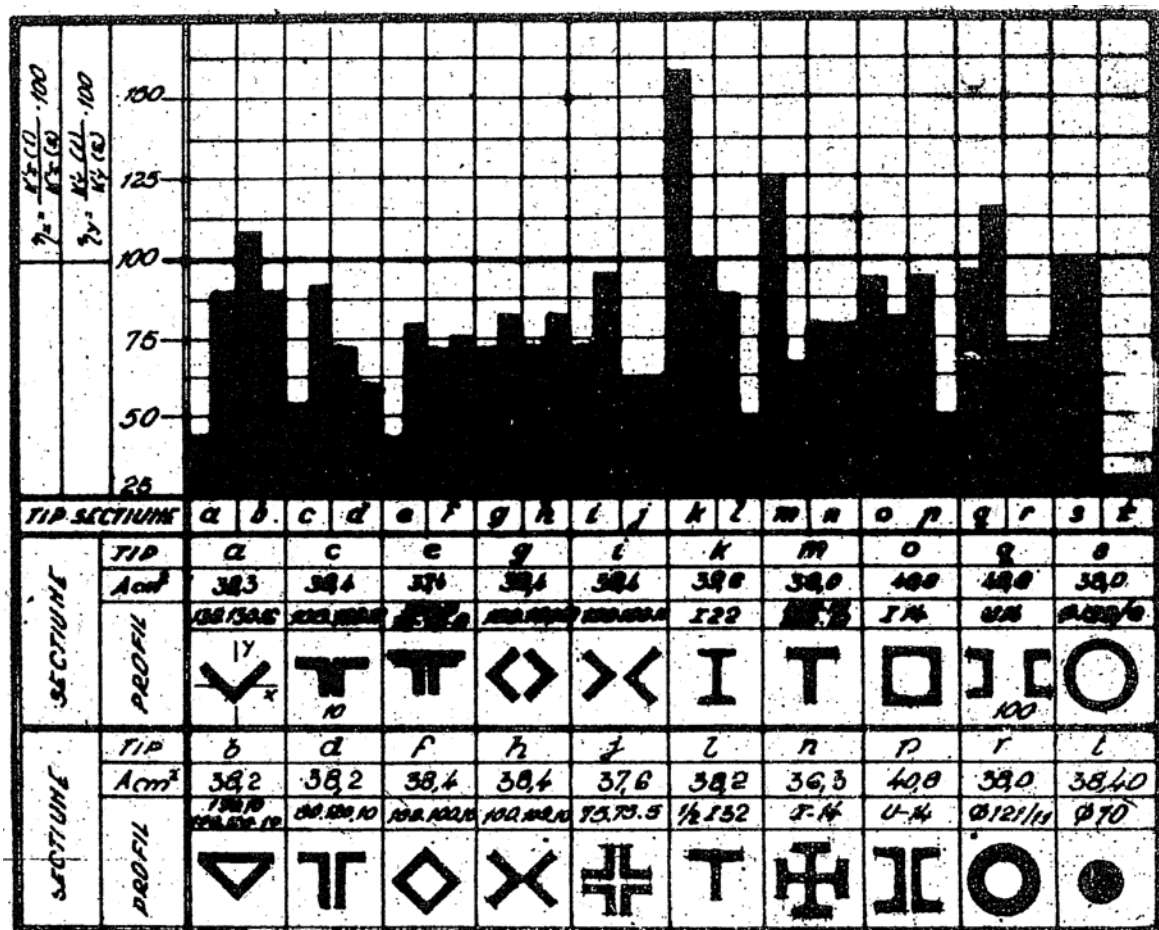


- o Depărtate D.





⇒ Eficiența secțiunilor transversale



⇒ Predimensionare:

- bare întinse, în special prinderea cu nituri / șuruburi se va folosi un efort axial capabil redus cu 1.10 – 1.25;
- bare comprimate (considerând o zveltețe de $\sim 100 \Rightarrow$ coeficientul de reducere sau cu metoda razelor aproximative de girație - coeficienților de forma);

Din experiența de proiectare se știe ca pentru anumite elemente coeficientul de zveltețe are valori apropiate de

Elementul de construcție			λ
Grinzi cu zabrele	Obișnuite	Tălpi	80-100
		Zabrele	100-120
	Grele	Tălpi	40-60(80)
		Zabrele	60-80(100)

⇒ Distanțele între profilele puțin depărtate – grosimea guseului

- D – efortul maxim din zabrele (montanți, diagonale) (de compresiune)

○ Grinzi nituite

$$D \leq 150kN \Rightarrow t_g = (8...10)mm$$

$$D = (150...250)kN \Rightarrow t_g = (10...12)mm$$

$$D = (250...350)kN \Rightarrow t_g = (12...14)mm$$

$$D \geq 350kN \Rightarrow t_g = (14...20)mm$$

○ Grinzi sudate

$$D \leq 150kN \Rightarrow t_g = (6...8)mm$$

$$D = (150...250)kN \Rightarrow t_g = (8...10)mm$$

$$D = (250...350)kN \Rightarrow t_g = (10...12)mm$$

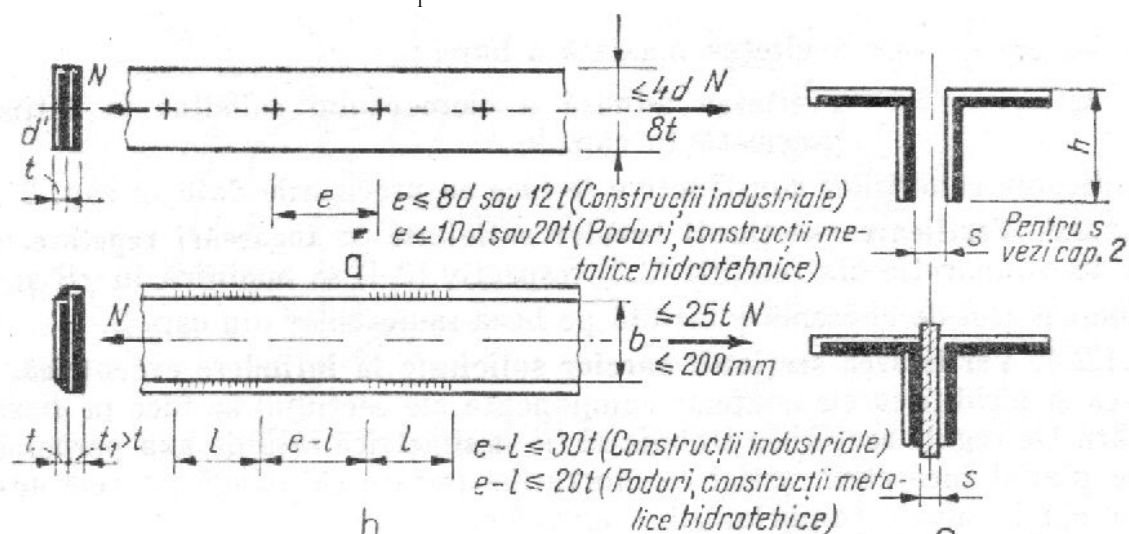
$$D \geq 350kN \Rightarrow t_g = (12...18)mm$$

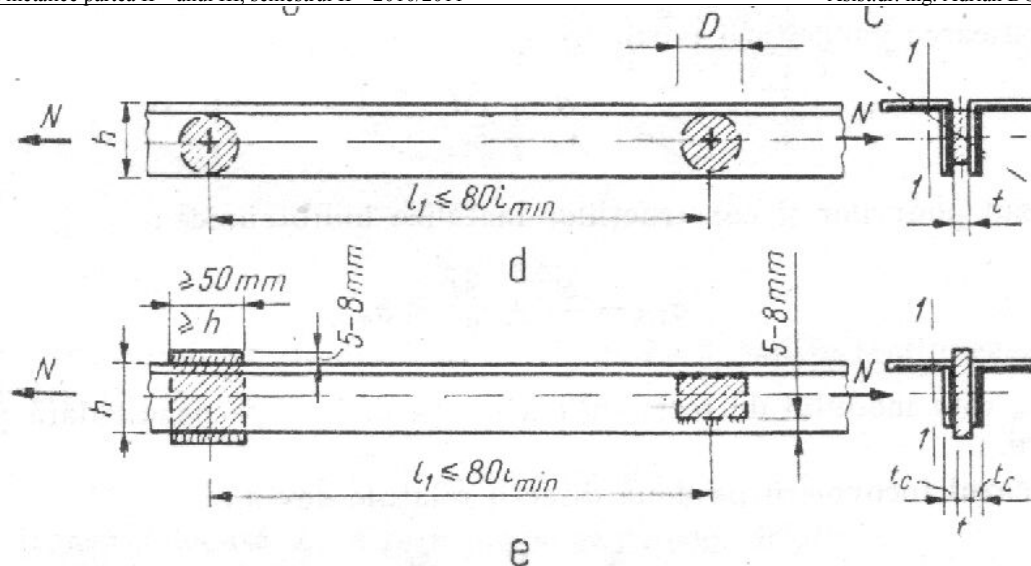
⇒ Solidarizarea elementelor întinse sau comprimate (puțin depărtate sau depărtate):

- Elemente puțin depărtate – fururi (minim 2) dispuse la:

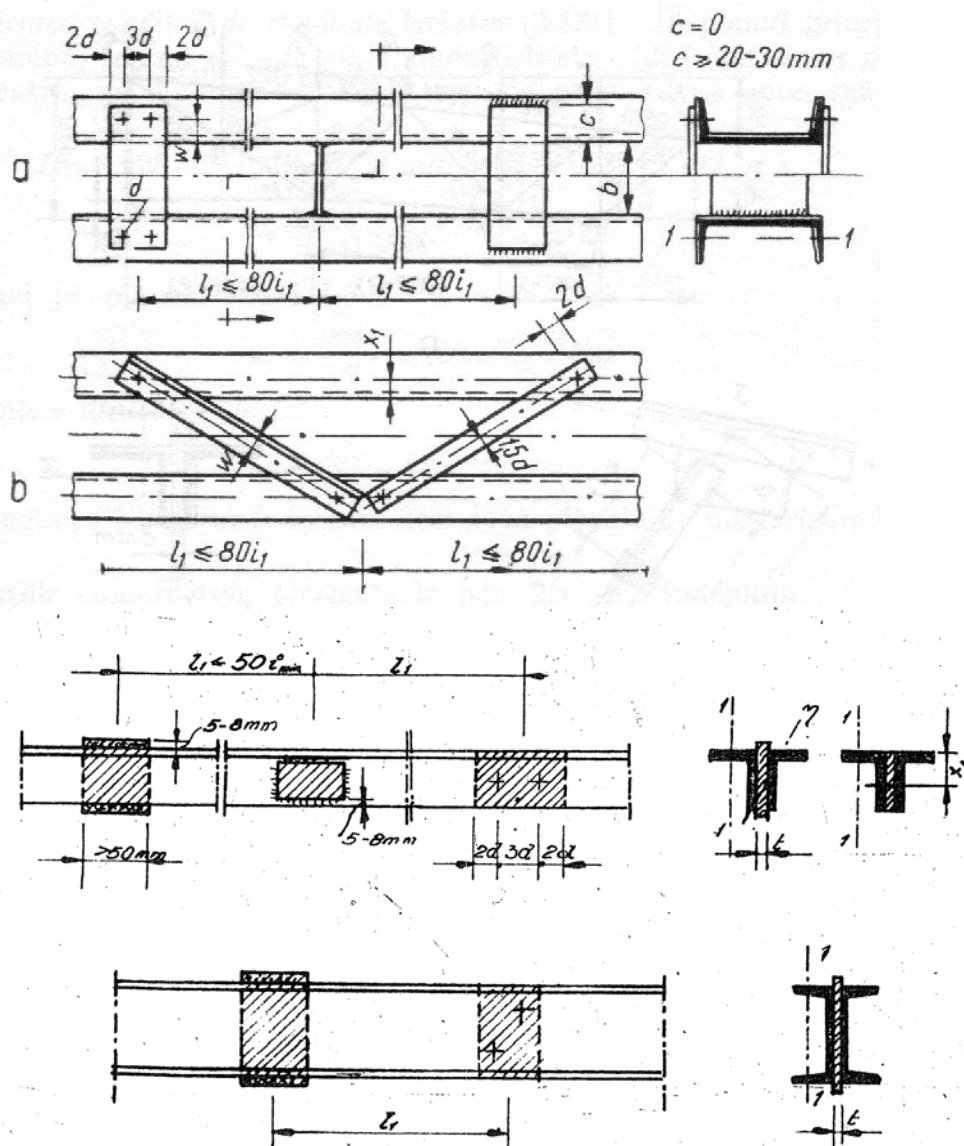
○ Elemente comprimate $l_1 \leq (40 - 50)i$;

○ Elemente întinse $l_1 \leq 80i$.

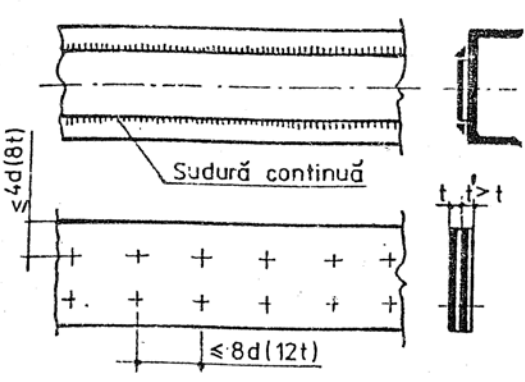
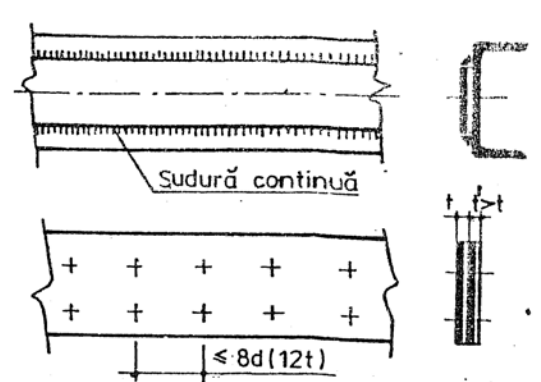
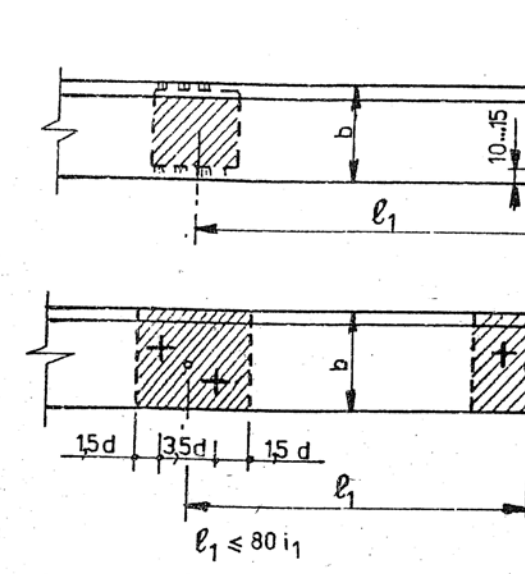
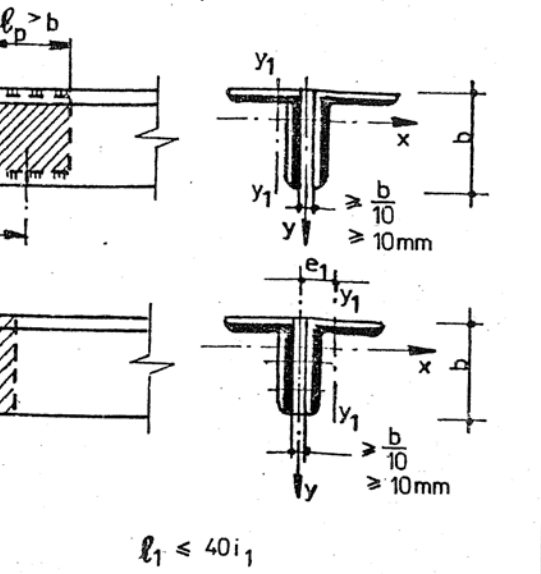
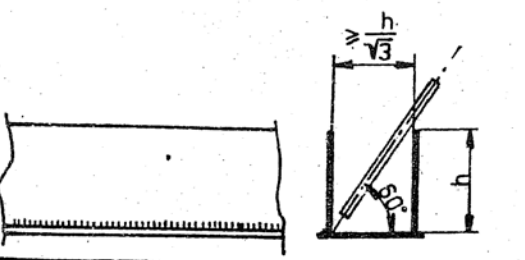
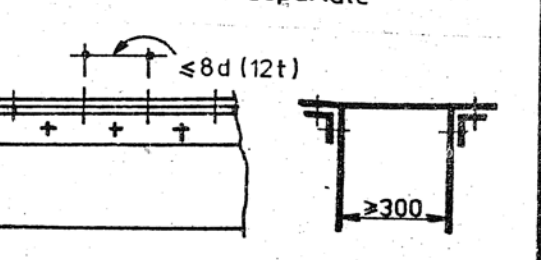
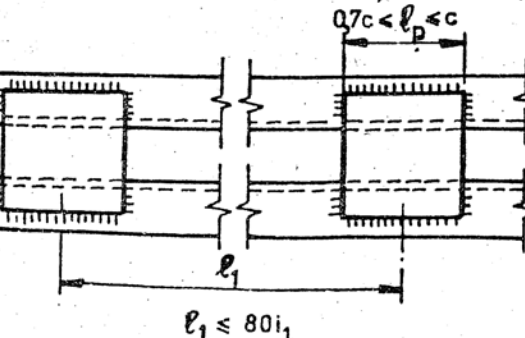
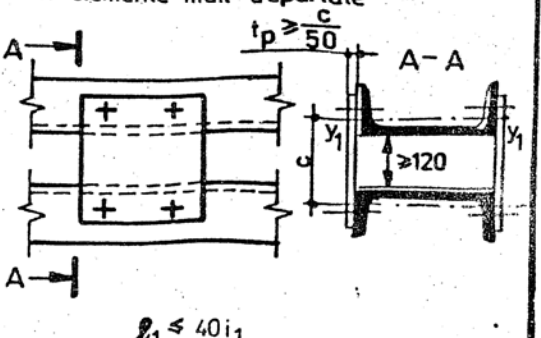




- Elemente depărtate:
 - Plăcuțe (solicitate la încovoiere și forță tăietoare);
 - Zăbrelețe (solicitate la forță axială);



Tabelul 52

BARE ÎNTINSE	BARE COMPRESATE
a) Solidarizarea continuă a secțiunilor compuse din elemente alipite 	a) Solidarizarea continuă a secțiunilor compuse din elemente alipite 
b) Solidarizarea discontinuă a secțiunilor compuse din elemente puțin depărtate 	b) Solidarizarea discontinuă a secțiunilor compuse din elemente puțin depărtate 
c) Solidarizarea continuă a secțiunilor compuse din elemente mult depărtate 	c) Solidarizarea continuă a secțiunilor compuse din elemente mult depărtate 
d) Solidarizarea discontinuă a secțiunilor compuse din elemente mult depărtate 	d) Solidarizarea discontinuă a secțiunilor compuse din elemente mult depărtate 

⇒ Tipuri de otel folosite in mod uzual la construcțiile metalice

- Limita de curgere f_y si rezistenta la rupere f_u ;

Marca de otel	Grosimi nominale ale elementului t(mm)			
	t ≤ 40 mm		40 mm < t ≤ 80 mm	
	f_y (N/mm ²)	f_u (N/mm ²)	f_y (N/mm ²)	f_u (N/mm ²)
S 235	235	360	215	360
S 275	275	430	255	410
S 355	355	510	335	470
S 450	440	550	410	550

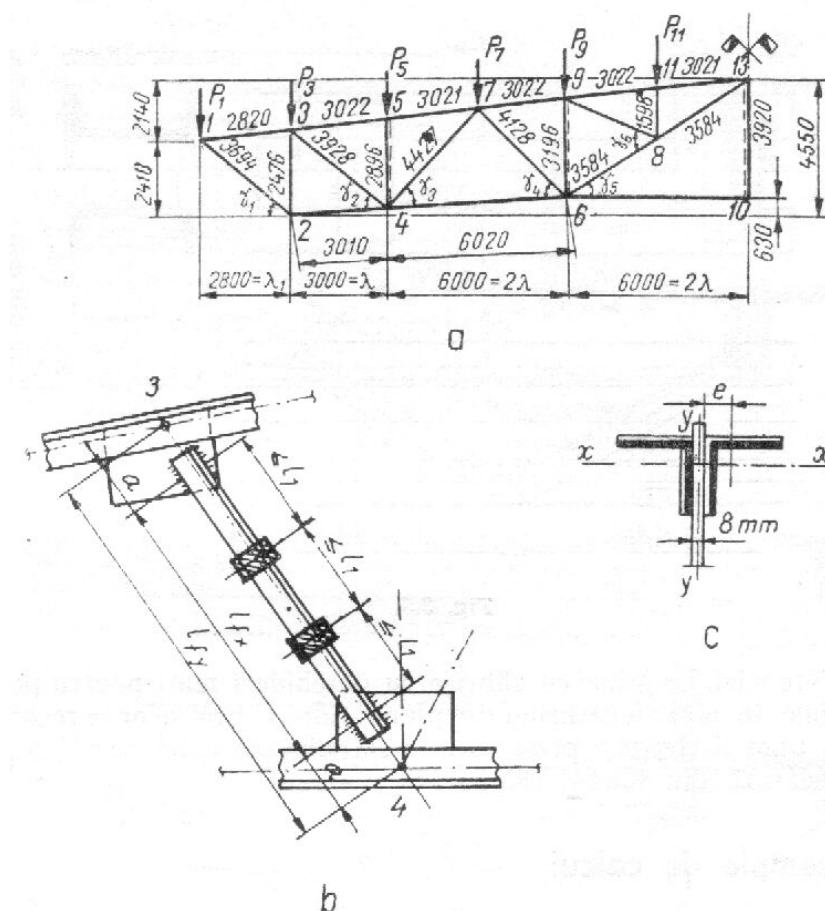
- Alte caracteristici mecanice (pentru toate mărcile de otel);
 - o Modulul de elasticitate longitudinal: $E = 210\,000\text{ N/mm}^2$;
 - o Modulul de forfecare: $G = \frac{E}{2(1+\nu)} \approx 81000\text{ N/mm}^2$;
 - o Coeficientul lui Poisson in domeniul elastic: $\nu = 0.3$;
 - o Coeficientul de dilatare termica: $\alpha = 12 \cdot 10^{-6}$;

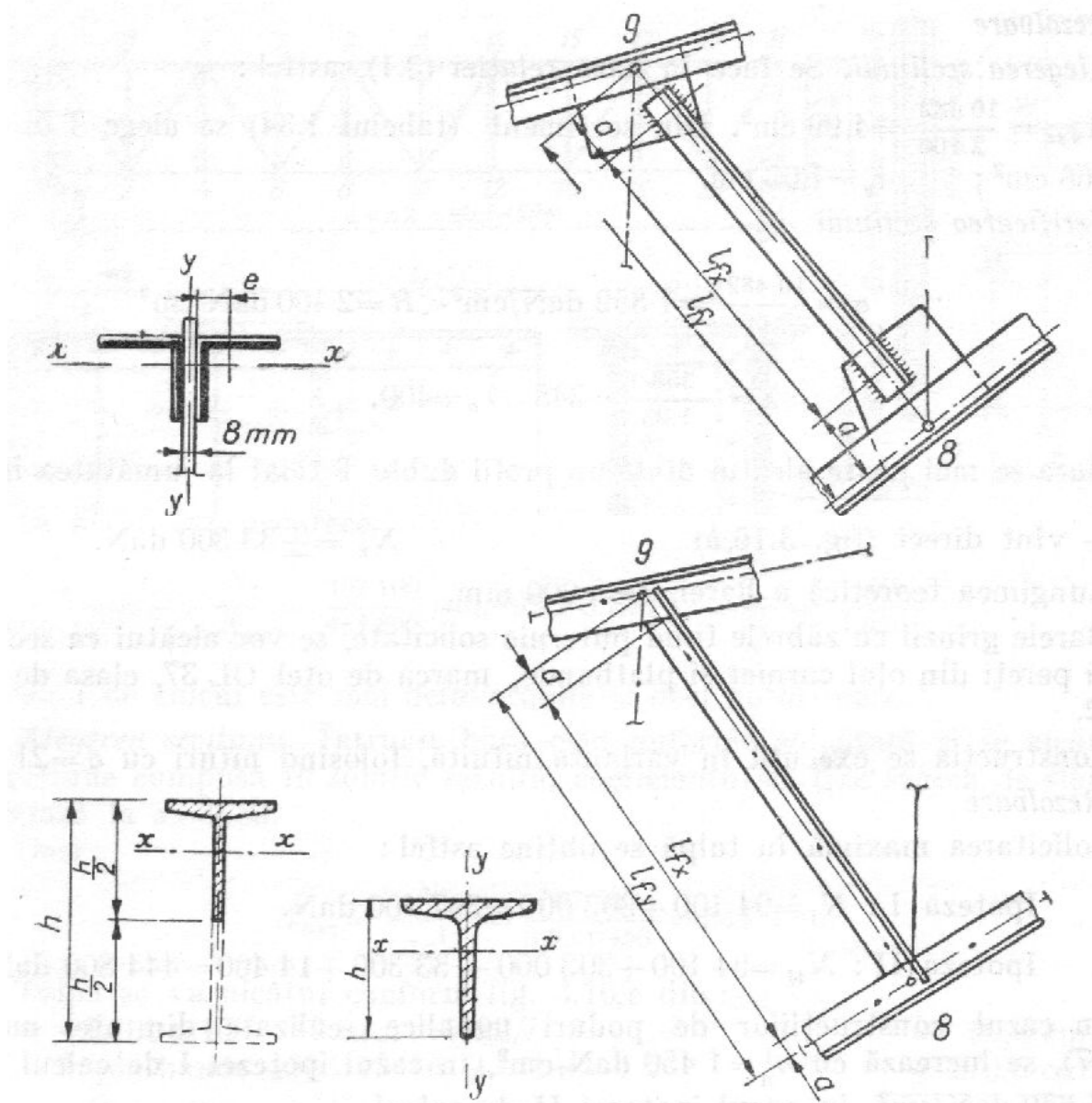
⇒ Verificarea clasei de secțiuni

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} \quad \frac{c}{t_f}; \frac{h}{t_w} \leq 15\varepsilon \rightarrow C3$$

⇒ Formulele de dimensionare

Utilizând formulele SR – EN 1993 – 1 -1 se vor dimensiona:





- Bare supuse la compresiune: $\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1.0$.

- o Verificarea de rezistenta:

- $N_{c,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}}$ secțiuni de clasa 1,2,3;
- $N_{c,Rd} = \frac{A_{eff} f_y}{\gamma_{M0}}$ secțiuni de clasa 4.

- o Verificarea de stabilitate: $\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1.0$.

- Lungimii de flambaj L_{cr} :

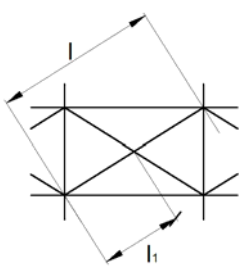
- Pentru tălpii, în planul grinzii lungimea teoretică a barei (distanța între două noduri consecutive), perpendicular pe planul grinzii se ia distanța între două noduri fixate prin intermediul contravânturilor.
- Pentru zabrele de la reazem pe ambele direcții – lungimea teoretică;

- Celelalte zăbrele: planul grinzii $0.8l$, perpendicular l ; în cazul zăbrelelor din țevi la care prinderea se realizează direct $0.9l$ pe ambele direcții.

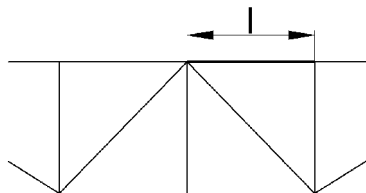
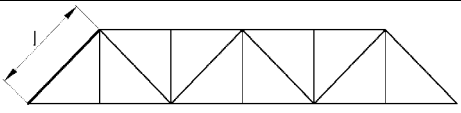
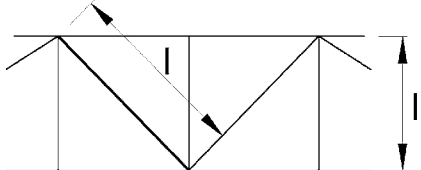
În STAS 10108/0-78, pentru tălpi comprimate, lungimea de flambaj în planul grinzii se consideră ca fiind distanța dintre nodurile teoretice, iar în plan normal grinzii este distanța între nodurile de fixare împotriva deplasărilor în acest plan.

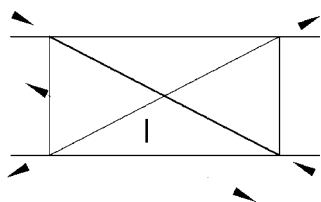
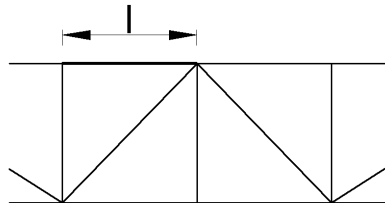
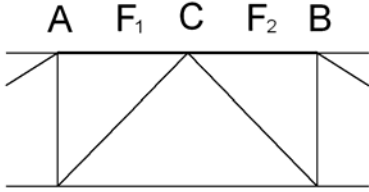
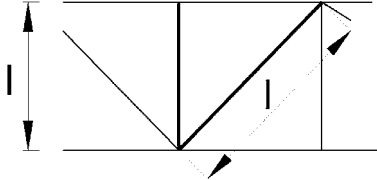
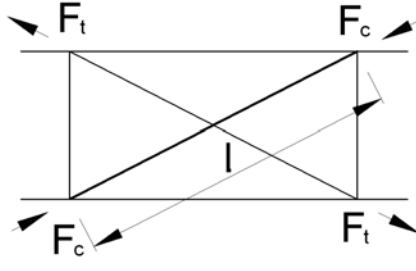
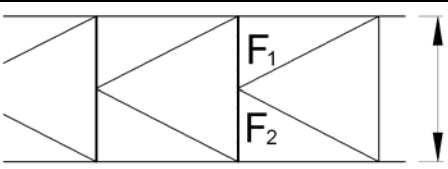
Grinzi cu zăbrele			
Direcția de flambaj	Elementul		
	talpă	diagonale și montanți de reazem	celelalte zăbrele
	l_f – lungimea de flambaj		
În planul grinzii	l	l	$0.8l$
Transversal planului grinzii	l_1	l	l
în care: l este lungimea elementului între nodurile teoretice l_1 este distanța între nodurile fixate împotriva deplasărilor în planul transversal grinzii			

Lungimile de flambaj pentru zăbrele încrucișate și prinse la intersecții conform STAS 10108/0-78

Zăbrele încrucișate și prinse la intersecții				
Schema grinzii	Lungimea de flambaj în planul transversal grinzii			
	caracteristica nodului de intersecție a diagonalei	felul solicitărilor în barele care se opun flambajului		
		întindere	efort nul	compresiune
	ambele diagonale neîntrerupte	$0.5l$	$0.7l$	l
	bara care se opune flambajului este întreruptă și barele sunt legate între ele cu guseu	$0.7l$	l	$1.4l$
Lungimea de flambaj în planul grinzii $l_f = l$				

Se prezintă lungimile de flambaj, în planul grinzii și în plan perpendicular pe planul grinzii, conform normei belgiene NB51-002.

Caz	Elementul considerat		Lungime de flambaj
Flambaj în planul grinzii	1		$l_f = 0.9l$
	2		$l_f = 0.9l$
	3		$l_f = 0.9l$

Flambaj în plan perpendicular pe planul grinzii	4		intersecție de două bare prinse în mijlocul lor	$l_{fl} = 0.5l$
	5		talpă cu noduri contravântuite	$l_{fl} = l$
	6		talpă la care un punct nu este contravântuit (F1>F2)	$l_{fl} = l \left(0.75 + 0.25 \frac{F_2}{F_1} \right)$
	7		montant diagonală sau	$l_{fl} = 0.9l$ sau l
	8		intersecție a unei bare întinse cu una comprimată	$l_{fl} = l \left(0.85 - 0.35 \frac{F_t}{F_c} \right)$ $l_{fl} \geq 0.5l$
	9		montant de zăbreire în K (F1>F2)	$l_{fl} = l \left(0.75 + 0.25 \frac{F_2}{F_1} \right)$

▪ Curbe de flambaj: (forma secțiunii)

Secțiune transversală		Limite	Flambaj după axa	Curbă de flambaj	
				S 235 S 275 S 355 S 420	S 460
Profile laminate		$h/b > 1,2$	$t_f \leq 40 \text{ mm}$	y-y z-z	a a ₀
			$40 \text{ mm} < t_f \leq 100$	y-y z-z	b a
		$h/b \leq 1,2$	$t_f \leq 100 \text{ mm}$	y-y z-z	b a
			$t_f > 100 \text{ mm}$	y-y z-z	d c
Secțiuni I-sudate		$t_f \leq 40 \text{ mm}$	y-y z-z	b c	b c
		$t_f > 40 \text{ mm}$	y-y z-z	c d	c d
Secțiuni tubulare		finisate la cald	oricare	a	a ₀
		formate la rece	oricare	c	c
Chesoane sudate		în general	oricare	b	b
		grosime pereți: $a > 0,5t_f$ $b/t_f < 30$ $h/t_w < 30$	oricare	c	c
Secțiuni U-, T și secțiuni pline			oricare	c	c
Comier			oricare	b	b

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}}, \rightarrow \Phi = 0.5 \left[1 + \alpha (\bar{\lambda} - 0.2) + \bar{\lambda}^2 \right]$$

Curba de flambaj	a ₀	a	b	c	d
Factor de imperfecțiune α	0,13	0,21	0,34	0,49	0,76

$$\text{Zveltețea } \lambda = \sqrt{\frac{A f_y}{N_{cr}}} = \frac{L_{cr}}{i} \frac{1}{\lambda_1} \quad (\text{clasa 1,2,3}) \quad \lambda = \sqrt{\frac{A_{eff} f_y}{N_{cr}}} \quad (\text{clasa 4})$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{l_f^2} - \text{Forța axială critică}$$

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1}$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1}$$

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 93.9 \varepsilon ;$$

$$\bar{\lambda} = \max(\bar{\lambda}_y; \bar{\lambda}_z);$$

ANEXA BB 1.2. Zabrele din corniere

$$\bar{\lambda}_{eff,i} = 0.5 + 0.7 \bar{\lambda}_i ;$$

▪ Capacitatea elementului $N_{b,Rd}$:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A f_y}{\gamma_{M0}} \quad \text{secțiuni de clasa 1,2,3;}$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A_{eff} f_y}{\gamma_{M0}} \quad \text{secțiuni de clasa 4.}$$

▪ χ - factorul de reducere pentru modul de flambaj considerat.

○ Verificarea de zveltețe ($\lambda_a = 120$ - montant și diagonală de la reazăm, $\lambda_a = 150$ - celelalte elemente):

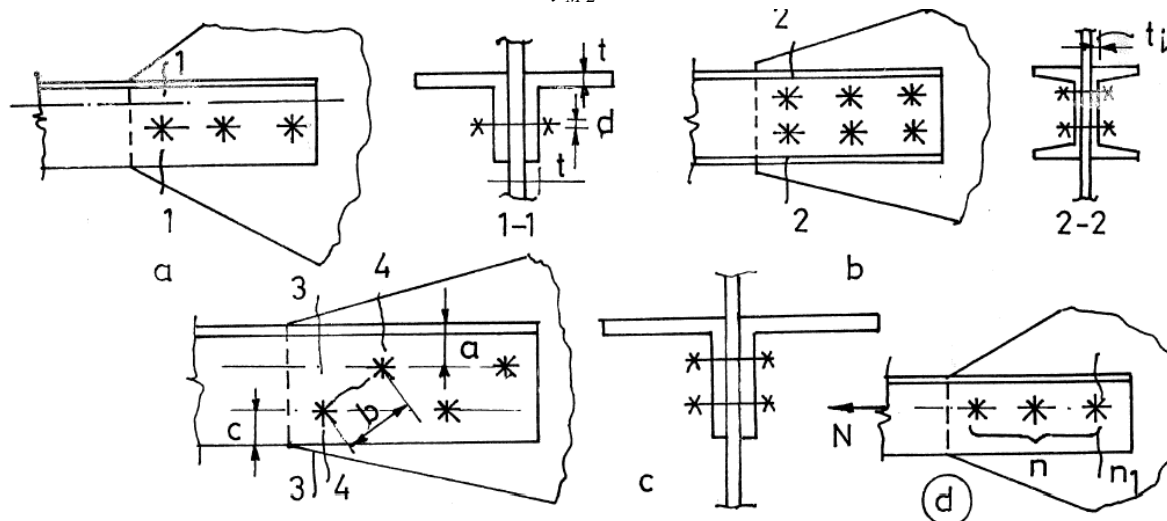
○ Detalii constructive și de alcătuire:

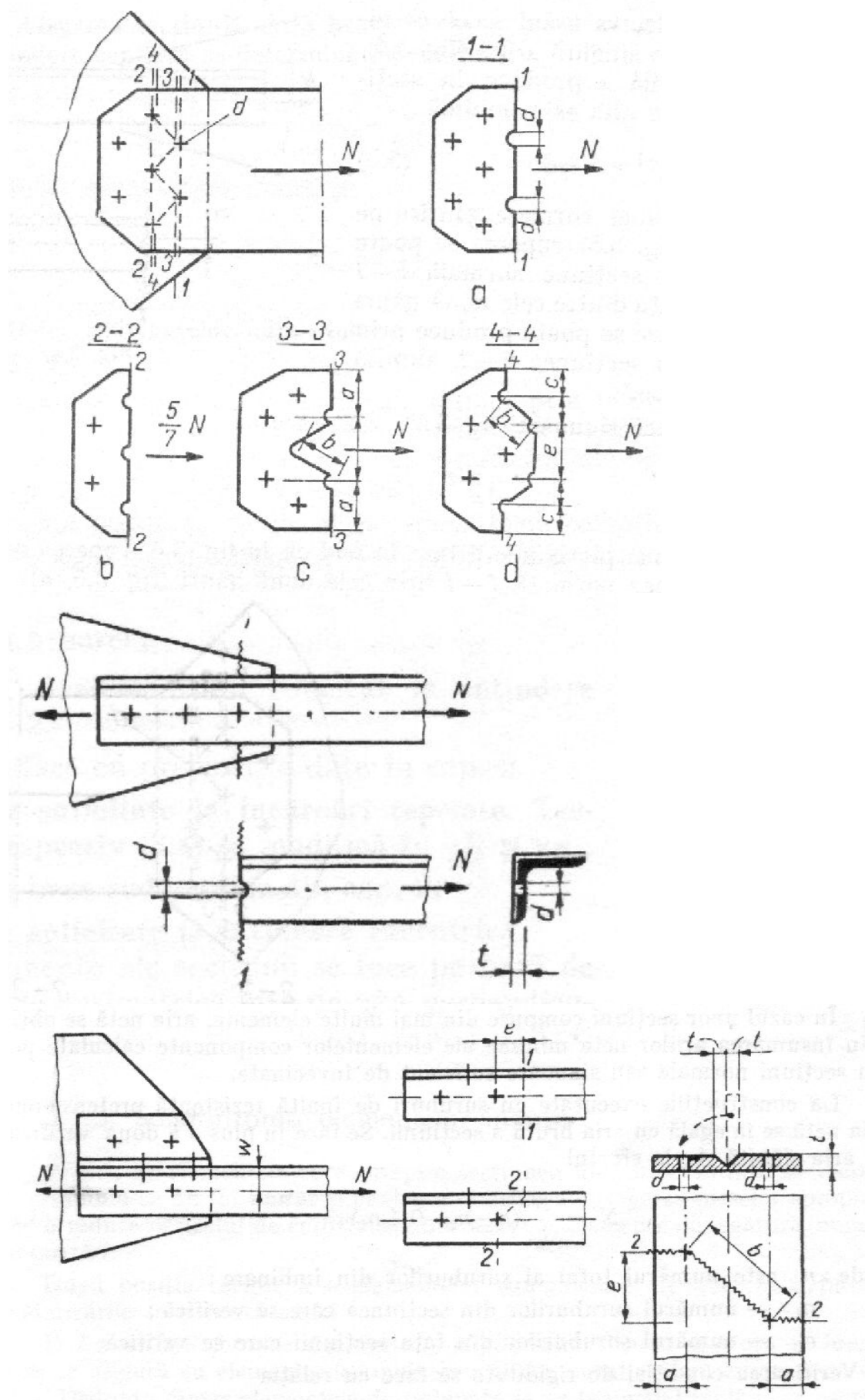
- Bare supuse la întindere:

○ Verificări de rezistență: $\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1.0$.

▪ Arie brută: $N_{pl,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}}$; prin $N_{pl,Rd} = N_{Ed} \Rightarrow A_{nec}$ (orientativ);

▪ Arie netă: $N_{u,Rd} = \frac{A_{net} f_u}{\gamma_{M2}}$;





- Îmbinări categoria C (frecare): $N_{net,Rd} = \frac{A_{net} f_y}{\gamma_{M0}}$.

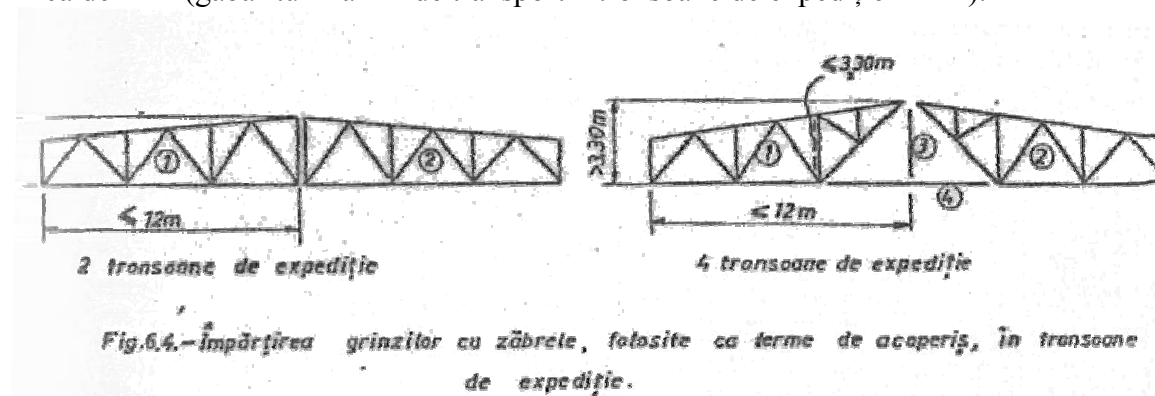
- Verificarea de zveltețe ($\lambda_a = 400$);

o Detalii constructive si de alcătuire.

⇒ Detalii constructive si de alcătuire

Numărul de secțiuni utilizate se reduce la maxim 5...8.

Tălpile în general se execută cu secțiune constantă ($l < 24\text{m}$). Lungime elementelor mai mică de 12m (gabaritul maxim de transport – tronsoane de expediție $< 12\text{m}$).



Dacă este necesară tronsonarea tălpilor, aceasta se realizează în afara nodurilor și în panourile cu efort axial cât mai mic și cât mai aproape de marginea guseului. Jontarea (îmbinare supusă la efort axial) se face fie cu eclise, fie cu corniere adiționale, fie cu ambele – cu observația că elementele adiționale trebuie să aibă aria cel puțin egală cu aria elementelor de bază.

- Schimbarea secțiunii tălpilor (grinzii cu deschiderea mai mare de 24 m) se va face în nodul unde diferența între eforturi este maximă.

12. Verificarea rigidității generale - determinarea săgeții maxime a fermei

Se utilizează metoda Maxwell – Mohr, aplicând o forță unitară în punctul și pe direcția săgeții căutate.

Element	Bara	N_{ik} [kN]	n_{ik}	l_{ik} [m]	E	A_{ik} [m ²]	$\frac{N_{ik} n_{ik} l_{ik}}{EA_{ik}}$
Talpa superioară	i - k						
.....	...						
TOTAL							$\sum \frac{N_{ik} n_{ik} l_{ik}}{EA_{ik}}$

Verificarea se face cu relația:

$$f_{\max} = \sum \frac{N_{ik} n_{ik} l_{ik}}{EA_{ik}} \leq f_a = \frac{L}{300}; \text{ săgeata admisă depinde de tipul elementului;}$$

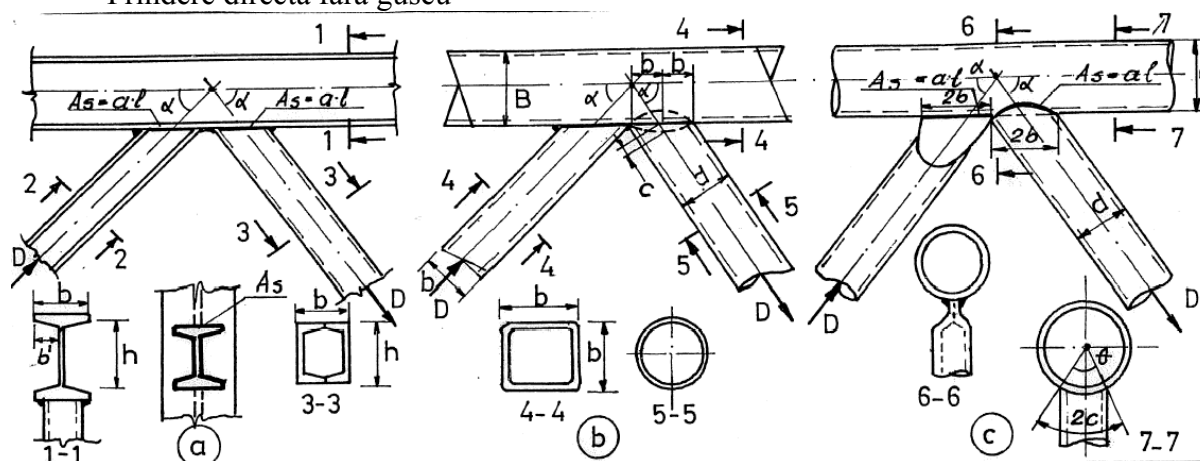
Fermele cu deschidere de peste 30 m se recomandă să se realizeze cu o contrasăgeată dată de $P+1/2U$

13. Realizarea și calculul prinderilor în noduri

⇒ Soluții de realizare:

- Îmbinare cu șuruburi sau nituri;
- Îmbinare cu ajutorul cordoanelor de sudură:
 - o Prin intermediul unui guseu;
 - o Prinderea directă.

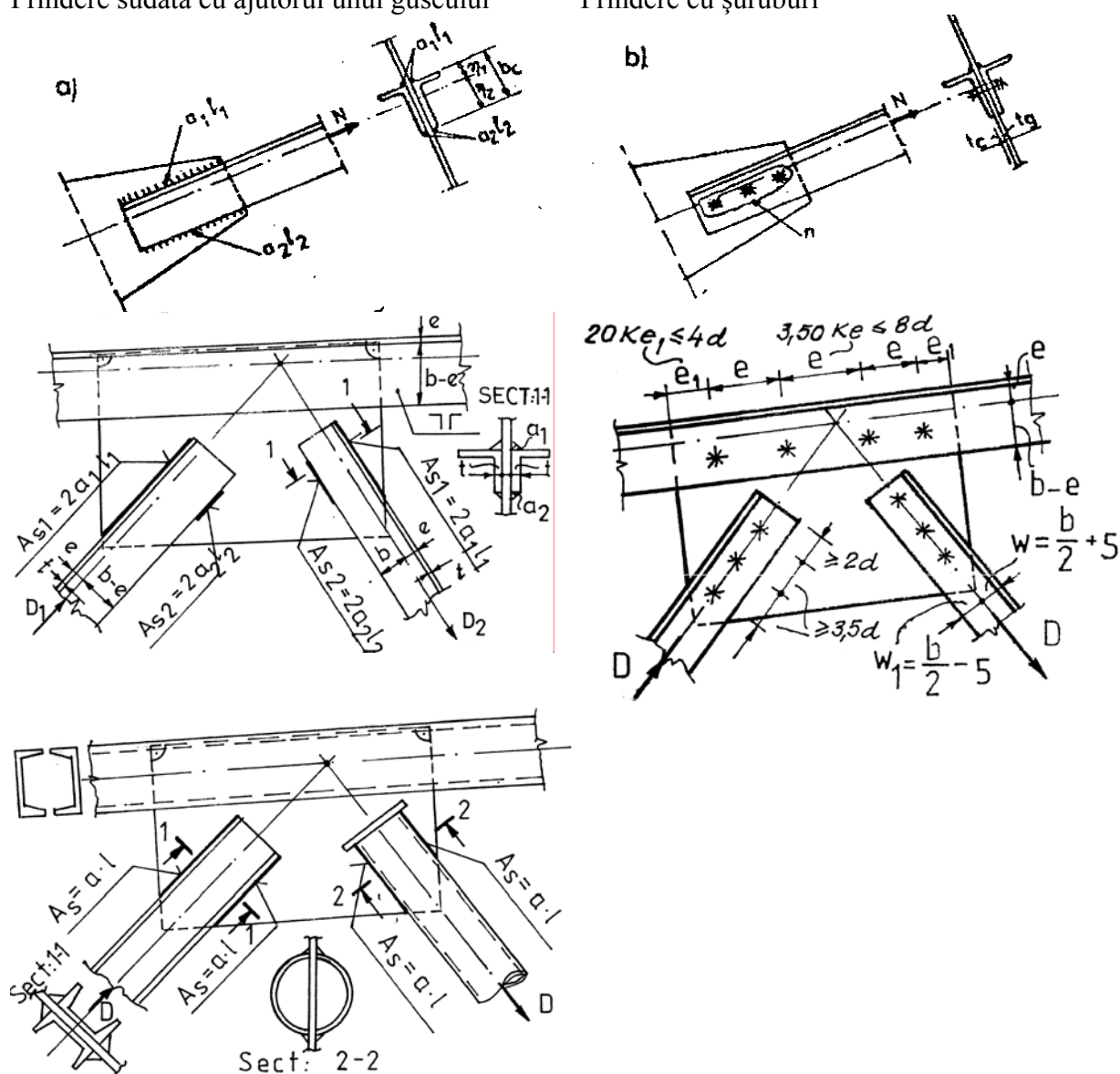
- Prindere directa fara guseu



Prindere in noduri pentru grinzii cu zabrele din corniere

Prindere sudata cu ajutorul unui guseului

Prindere cu șuruburi



⇒ Calculul îmbinării (SREN 1993-1-8)

Distant minimum / maximum

- Forfecare in tija şurubului:

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}};$$

- Presiune pe gaura:

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d t}{\gamma_{M2}};$$

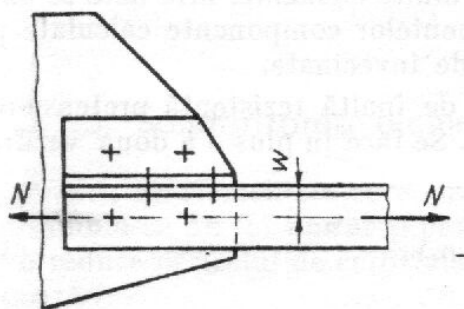
- Lungimea și grosimea cordoanelor de sudură (a , l_1 , l_2);

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2}};$$

Metoda simplificată

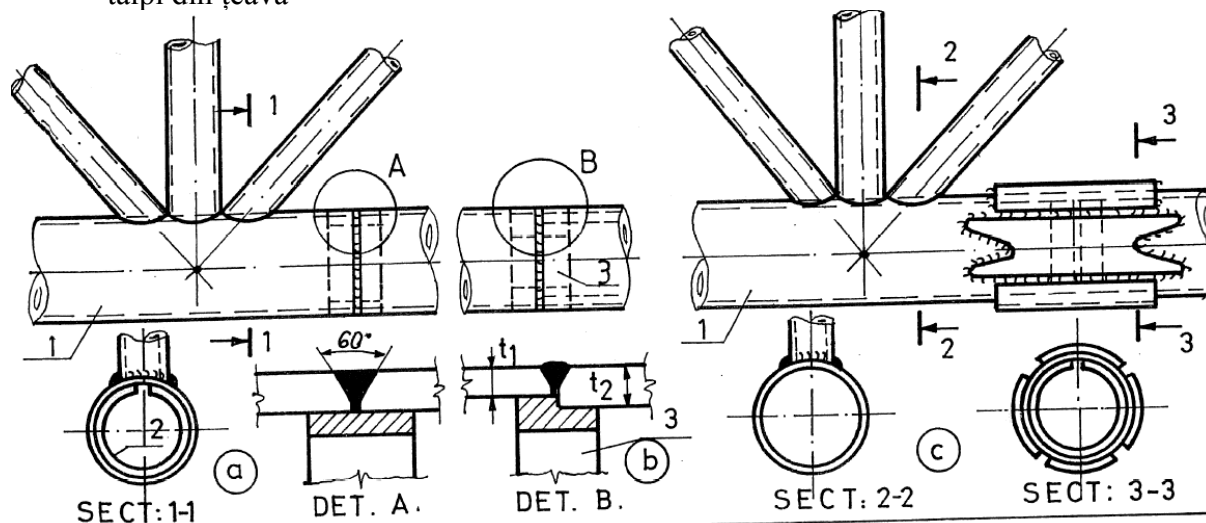
$$F_{w,Rd} = \frac{f_u}{\sqrt{3} \cdot \beta_w \gamma_{M2}} \cdot a.$$

- Dacă rezulta mai mult de 6 nituri/șuruburi se va dispune o cornieră adițională.

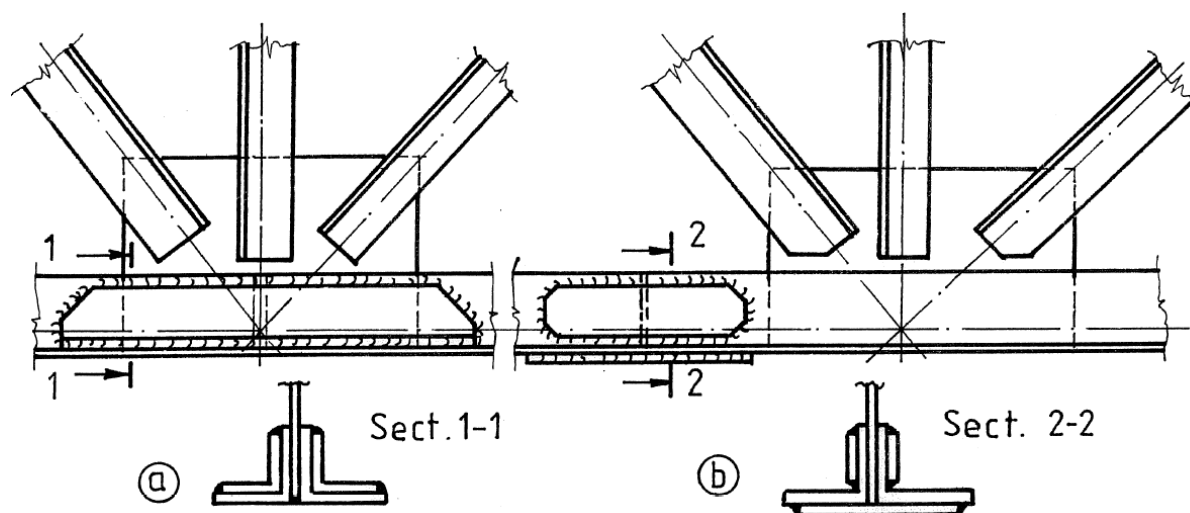


⇒ Îmbinarea de continuitate a tălpilor

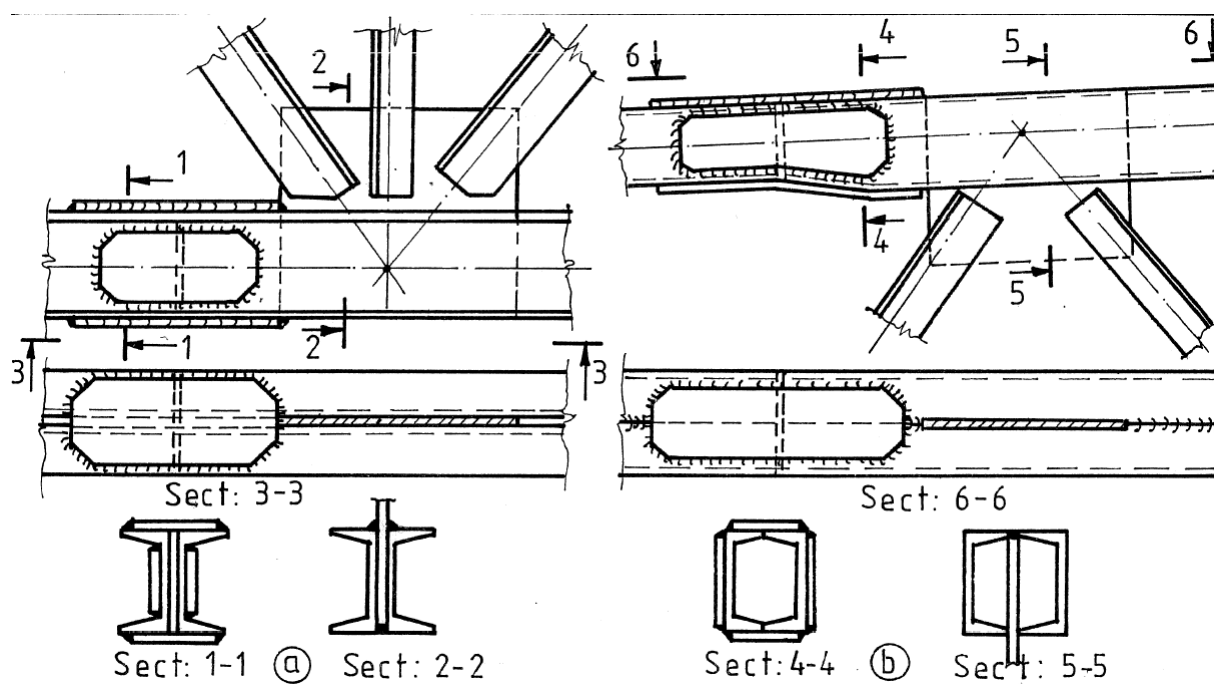
- tălpi din țeava



- tălpi din corniere



- tălpi din profil U (spate-n spate, fata-n fata)



- tălpi îmbinare de continuitate pe șantier

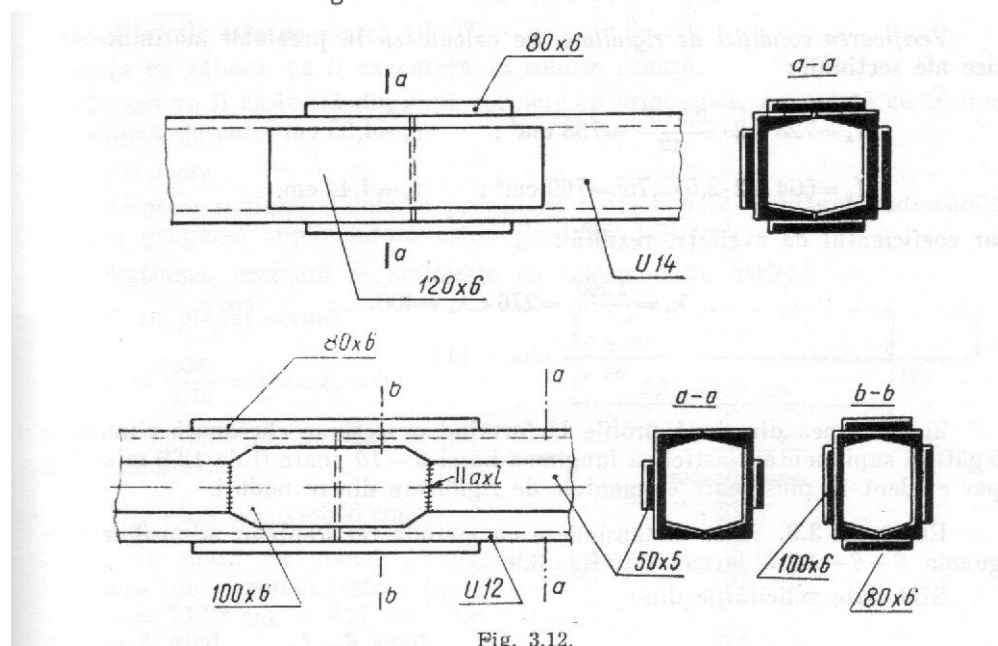
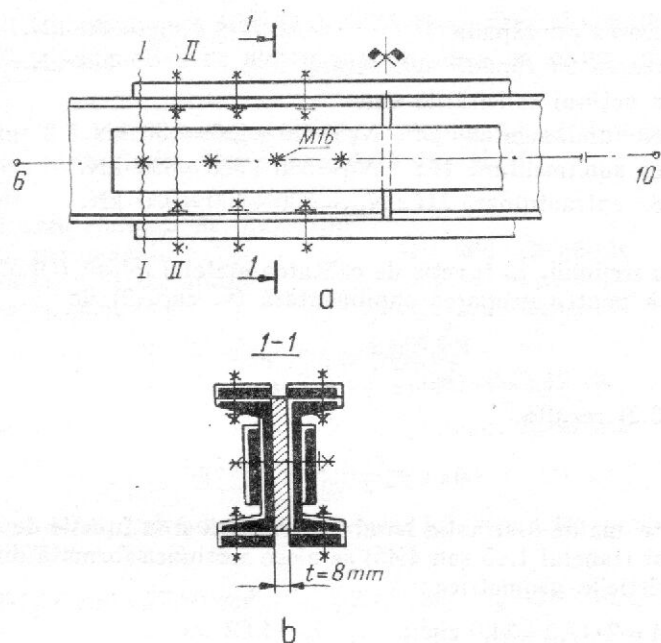
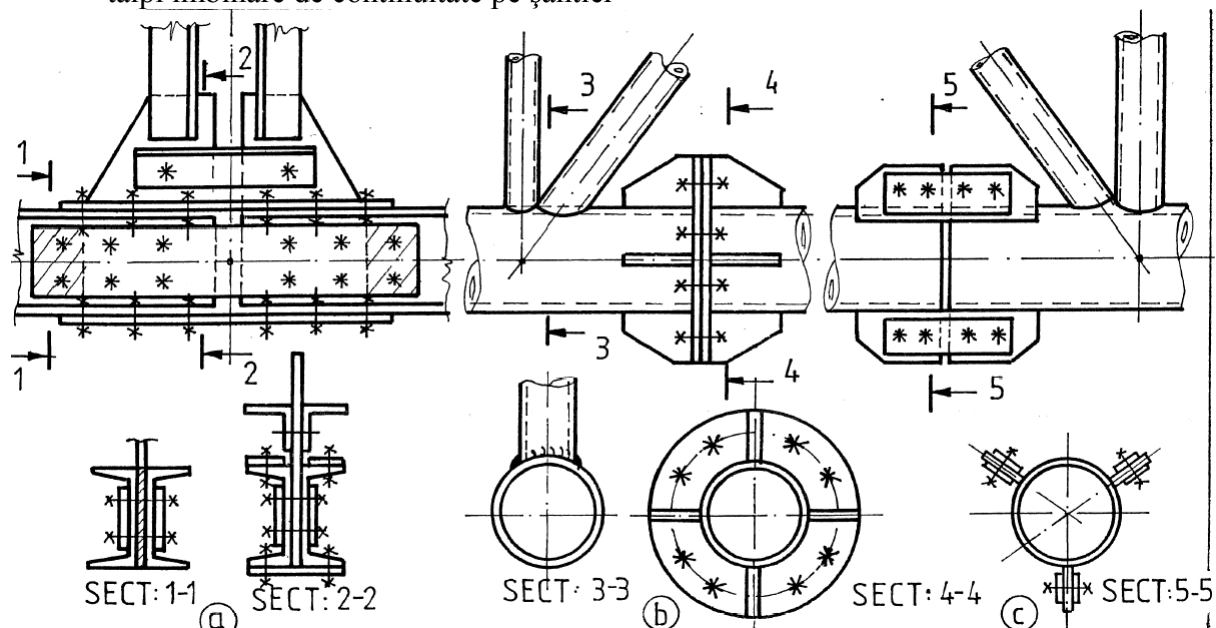


Fig. 3.12.

⇒ Modul de realizare al guseului și calculul:

Guseul trebuie să rezulte cu o formă cât mai simplă – se va căuta ca cel puțin două laturi să fie paralele. Dimensiunile se iau multiplu de 5mm.

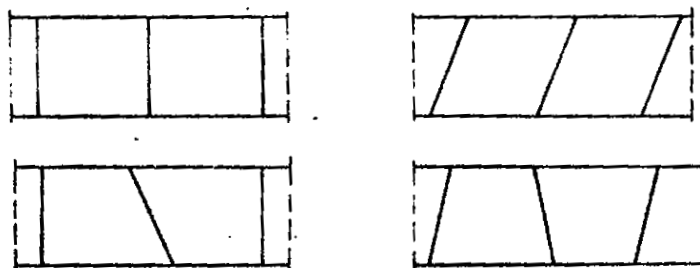
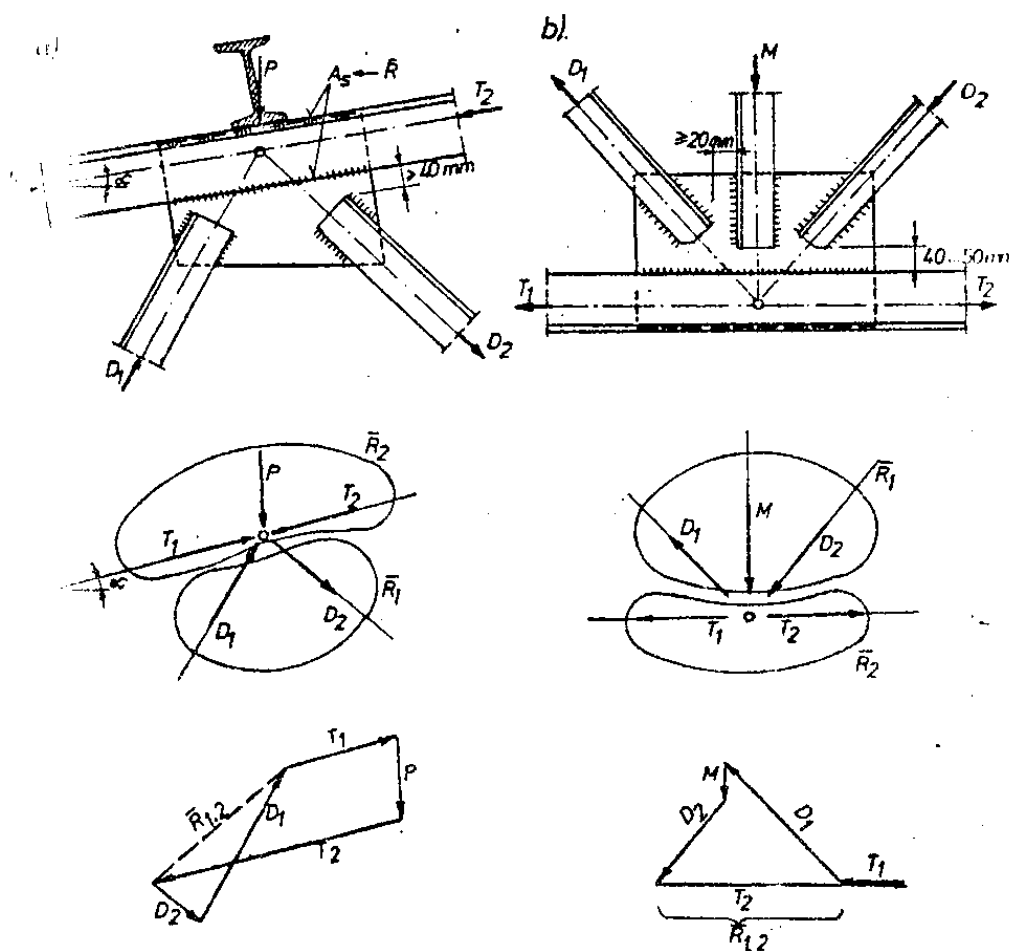


Fig. 6.17. Forma recomandată pentru gusee

Prinderea guseelor de tălpi se calculează la rezultanta eforturilor din zăbrelele concurente în nod / a eforturilor dintre cele două porțiuni de talpa și încărcarea în nod.



$$\bar{R}_1 = \bar{R}(D_1, D_2)$$

$$\bar{R}_2 = \bar{R}(T_1, T_2, P)$$

$$\bar{R}_2 = \sqrt{(T_2 - T_1)^2 + P^2 + 2P(T_2 - T_1) \sin \alpha}$$

$$\bar{R}_1 = \bar{R}_2$$

$$\bar{R}_1 = \bar{R}(D_1, D_2, M)$$

$$\bar{R}_2 = \bar{R}(T_1, T_2)$$

$$\bar{R}_1 = \bar{R}_2$$

Fig. 6.23 Prinderea guseelor: a – de talpa superioară, b – de talpa inferioară

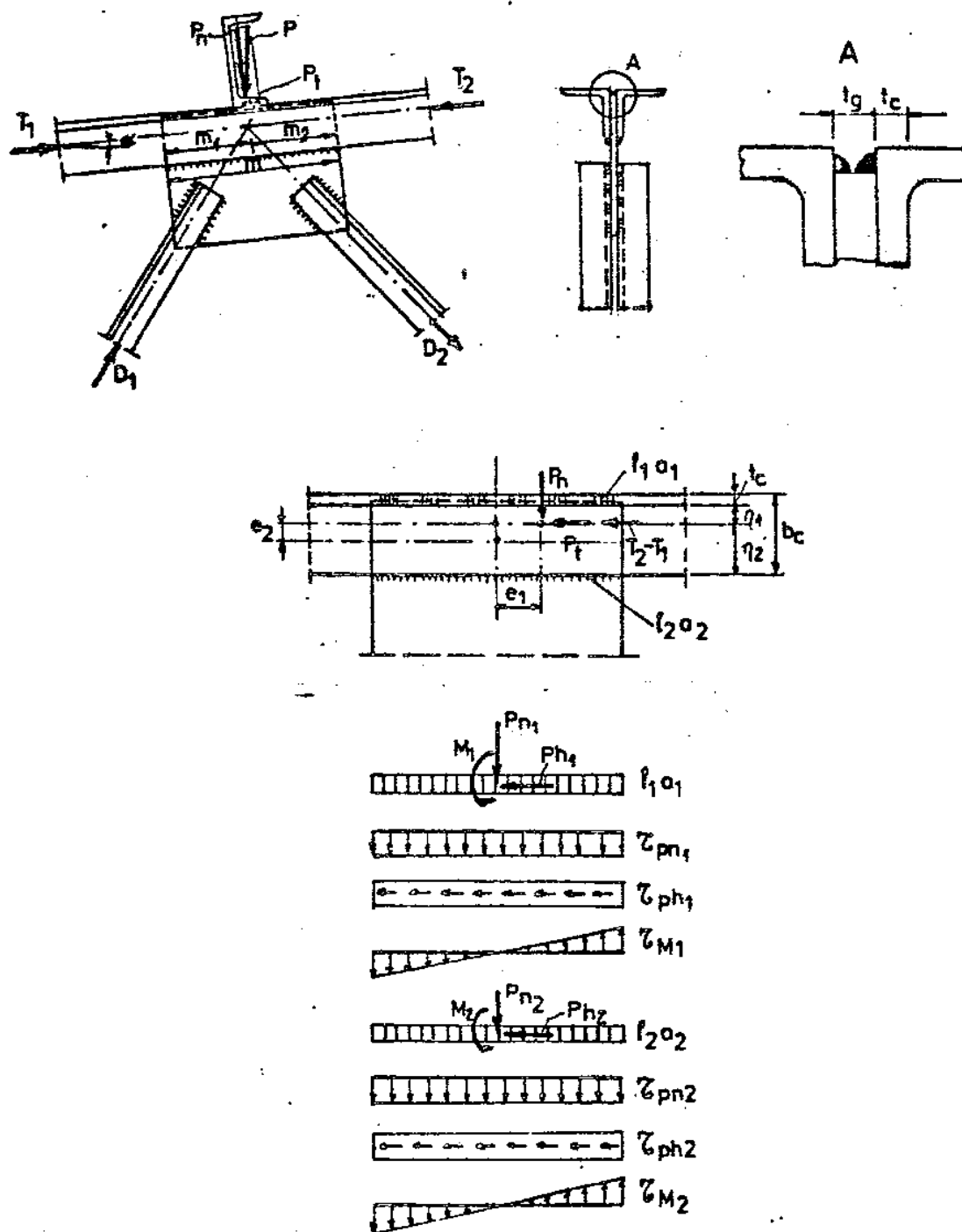


Fig.6.24 Elemente pentru calculul exact al prinderii guseului de talpă.

- Elemente pentru stabilirea capacității portante a guseului

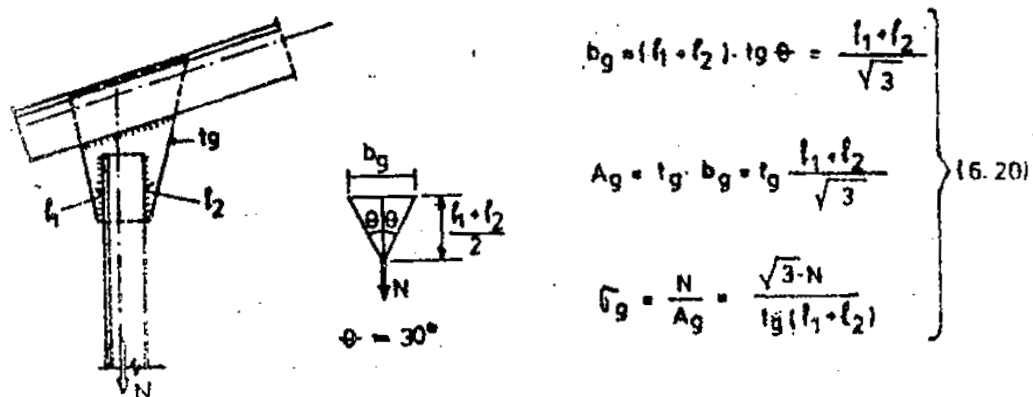
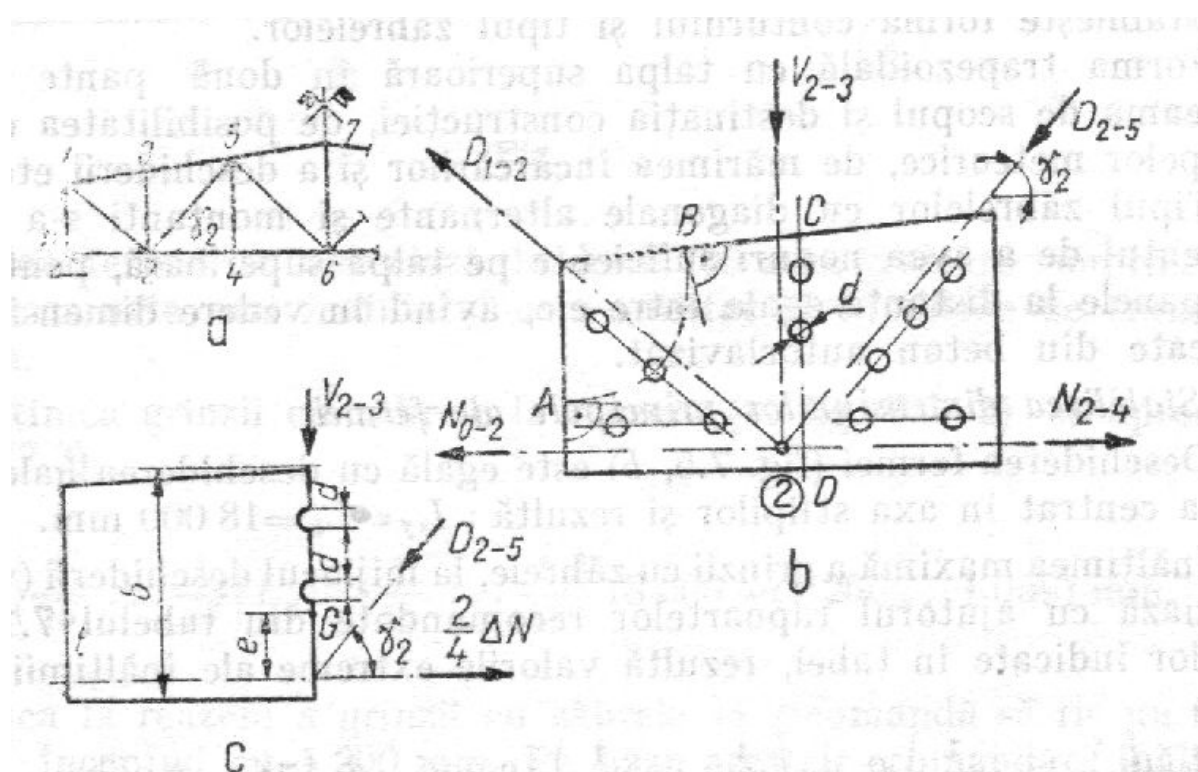
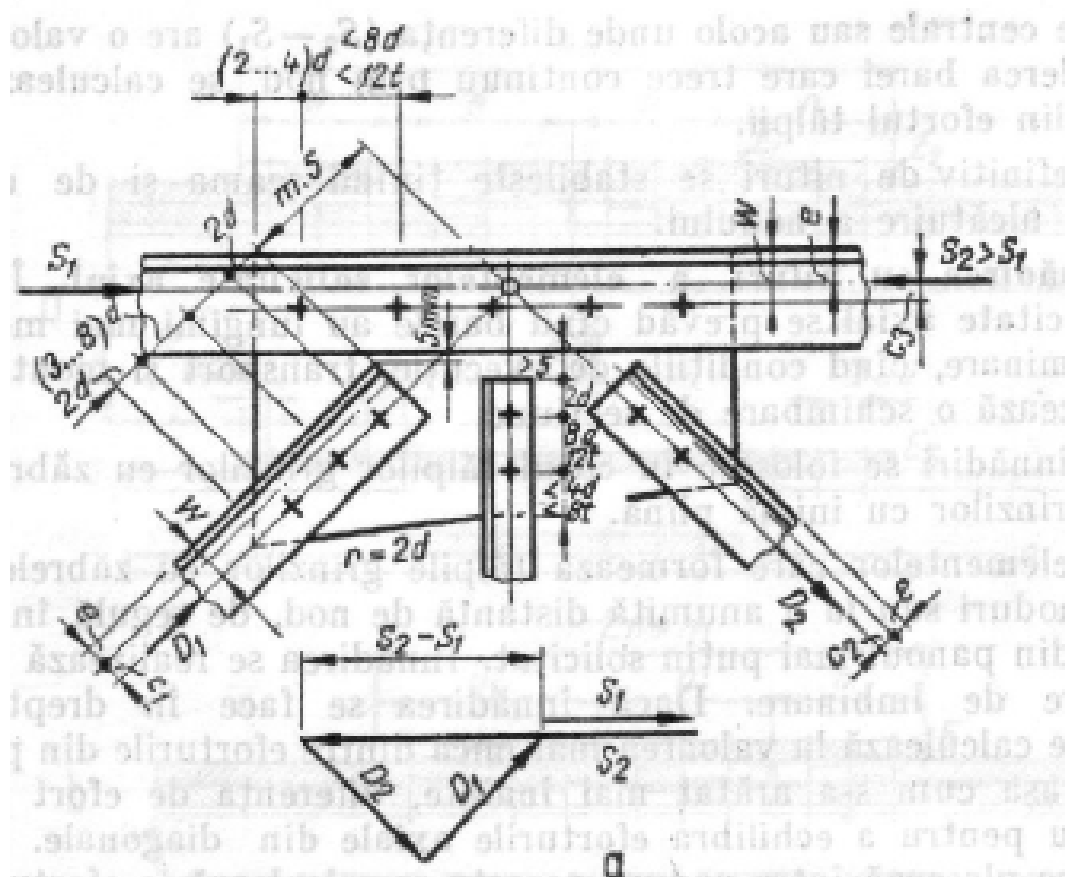
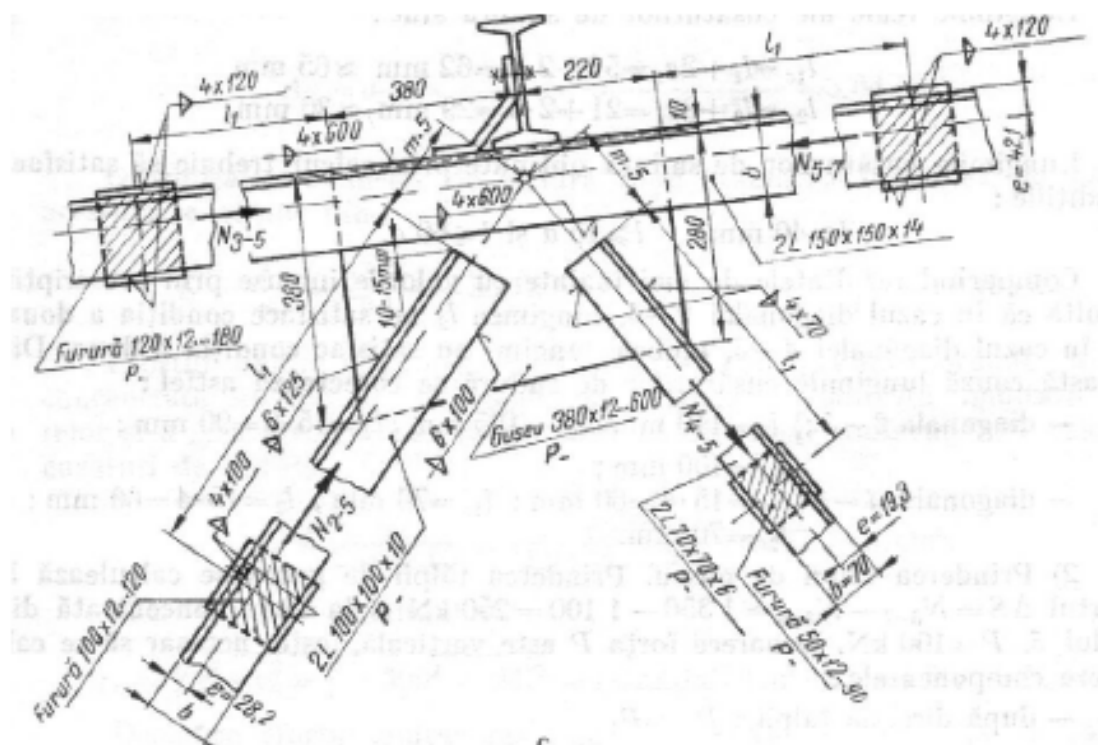


Fig.6.19 Elemente necesare pentru calculul guseului



- Tipuri de noduri

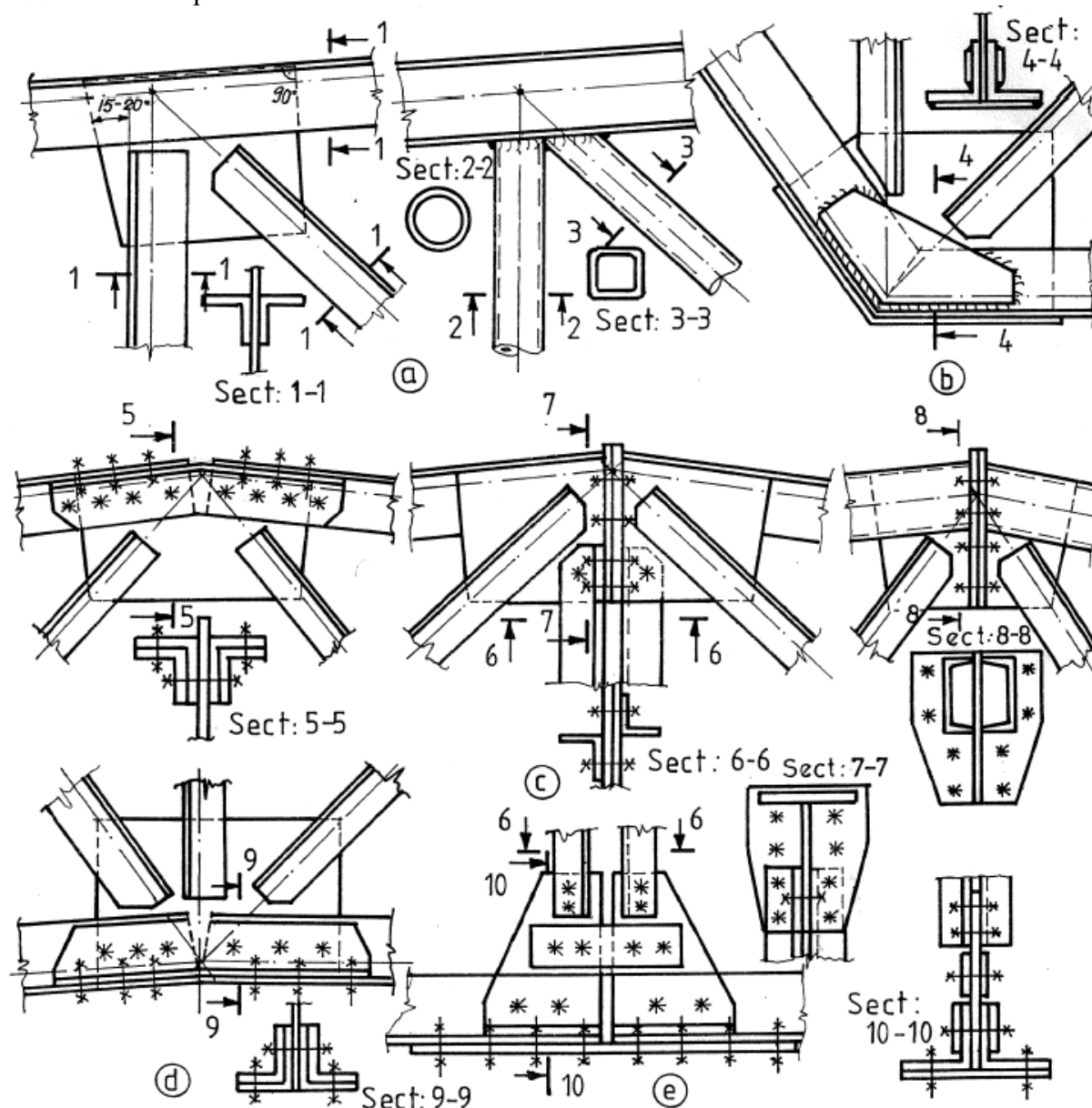


⇒ Inădirea barelor tălpilor

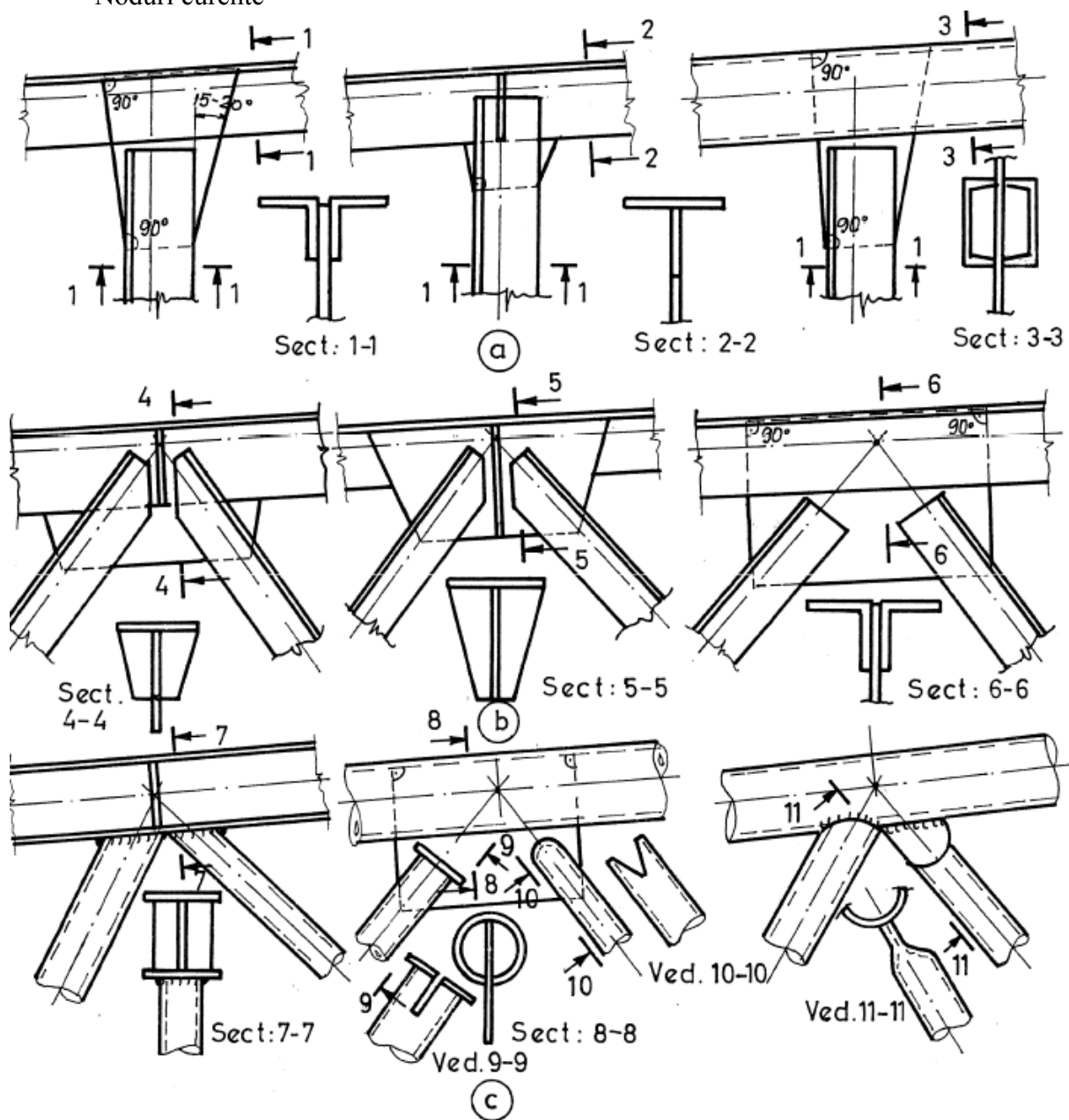
Centrarea se face după axa mediană a celor doua axe ce trec prin centrul de greutate, aceasta va face ca tăpile sa fie aliniate la partea superioara. Inădirea se poate face cu eclise și șuruburi sau sudat (panta 1:5).

⇒ Detalii de noduri

- Noduri speciale

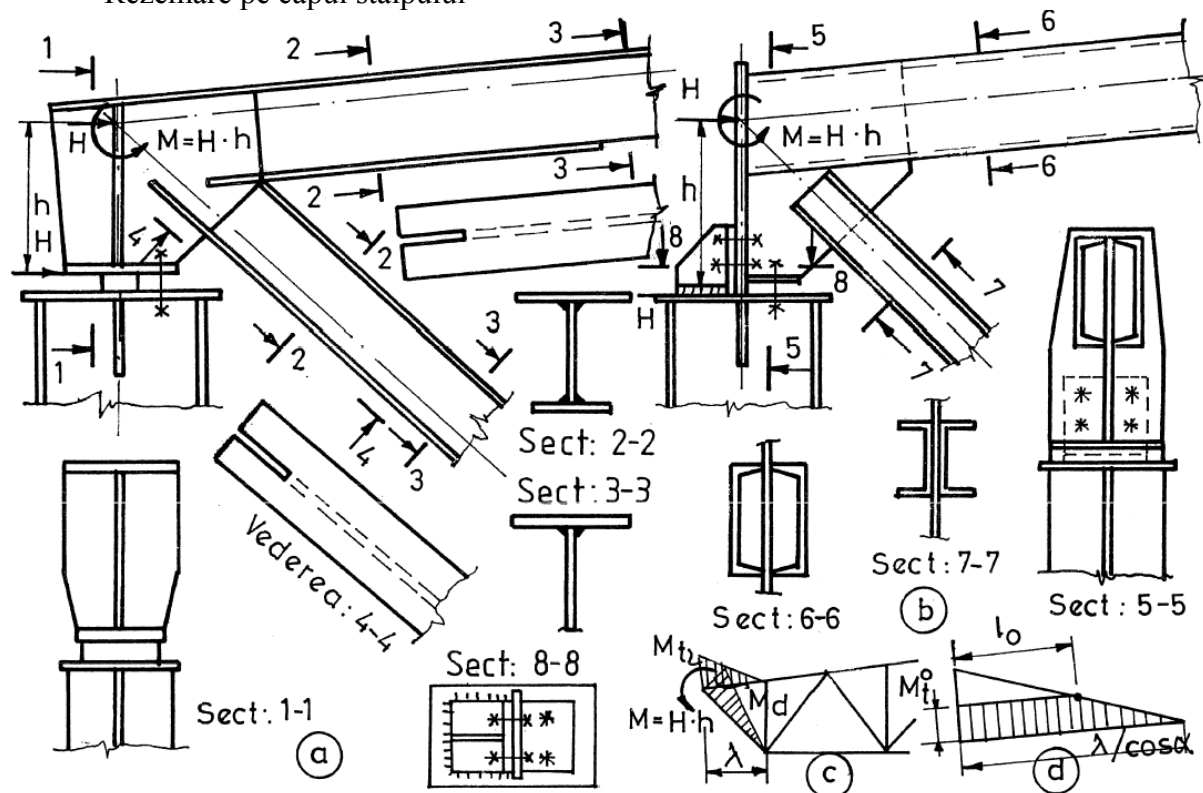


- Noduri curente

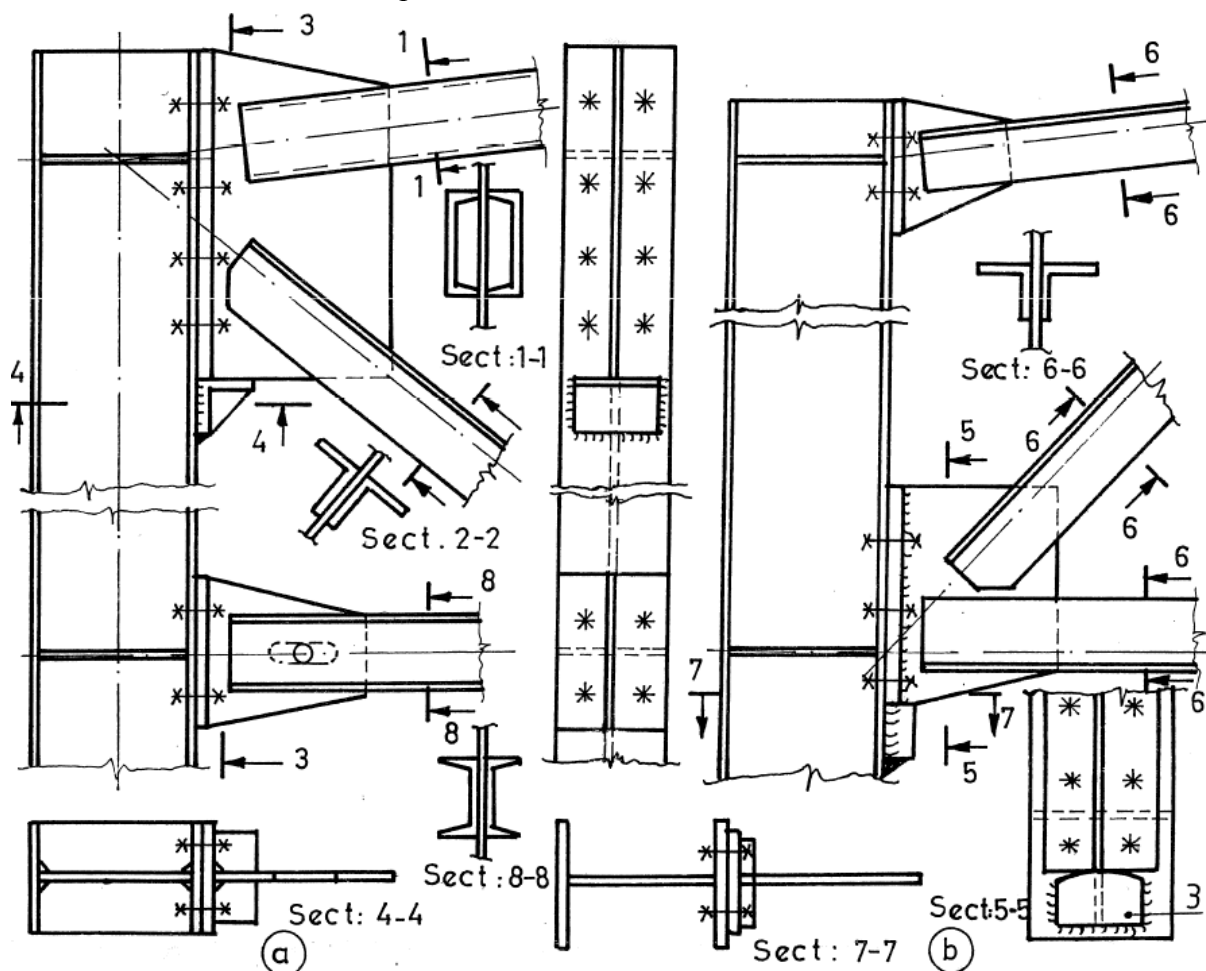


⇒ Detaliu nod de reazem

- Rezemare pe capul stâlpului

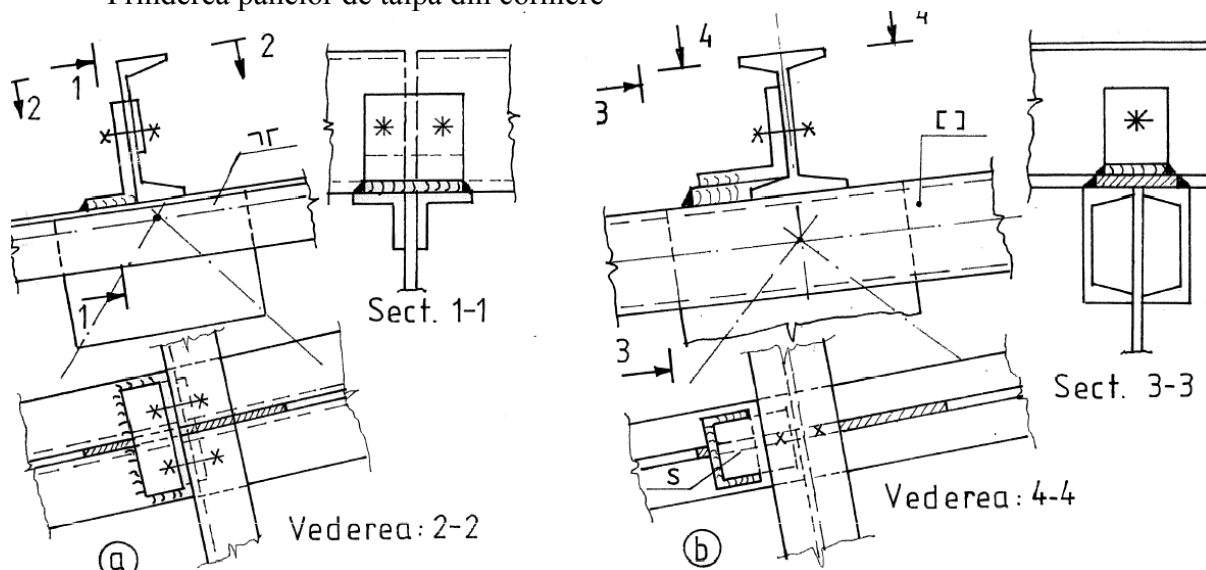


- Rezemarea la baza stâlpului

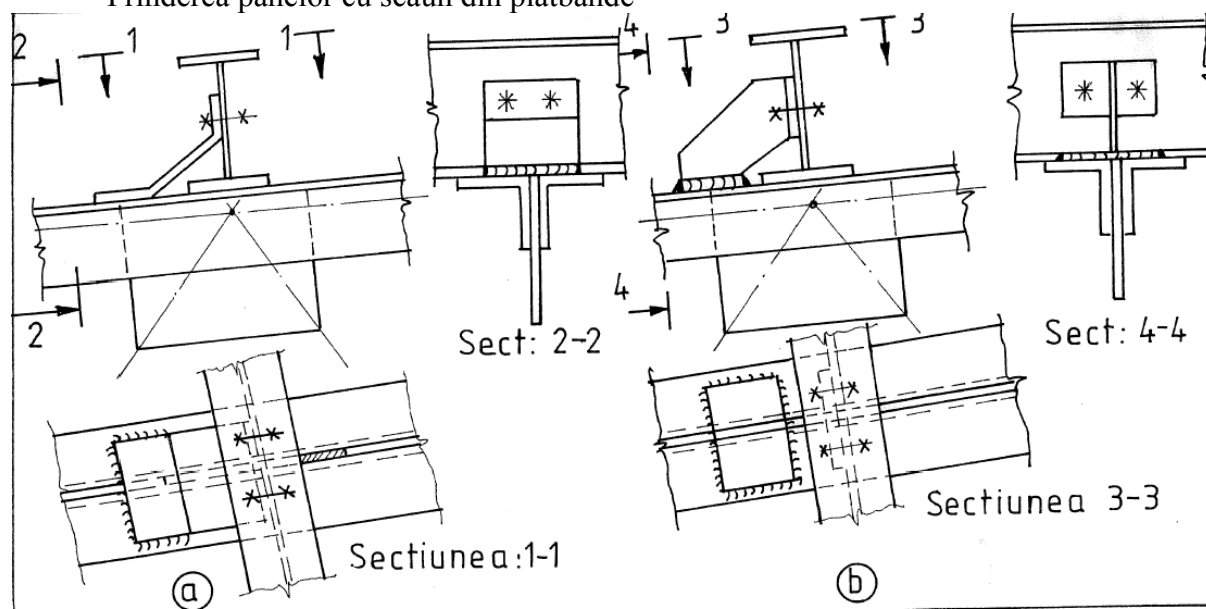


⇒ Prinderea panelor

- Prinderea panelor de talpa din corniere



- Prinderea panelor cu scaun din platbande



14. Desene – pentru grinda cu zăbrele realizata in varianta cu prindere sudata

- Formate pentru desene;
- Scări pentru desen;
- Indicatorul pentru desen;
- Tipuri de linii;
- Simboluri pentru elemente, prinderi etc.;
- Cotarea desenului de construcții metalice (tipuri de săgeți, unități de măsură);
- Natura pieselor desenate:
 - o Detalii de taiere – pozițiile (debitare - uzinare);
 - o Planșe de execuție (asamblare – uzinare);
 - o Planșe de montaj (asamblare, montaj – șantier).

15. Extrase de materiale

- o Extras de poziții;

- Extras de ansamblu;
- Cantități de materiale.

16. Componente proiect

⇒ PIESE SCRISE

- Foaie de capăt;
- Borderou piese scrise și desenate;
- Colectiv de elaborare;
- Memoriu tehnic justificativ - nu se cere;
- Breviar de calcul:
 - Încărcări – ipoteze, combinații;
 - Dimensionare – norme, formule de dimensionare și verificare (rezistență, stabilitate, rigiditate), rezultate.
- Extrase de material. Elemente (profil, lungime, greutate)

Extras pozitii, Contract: 01/2009

Faza:

Titlu: Grinda cu zabrele

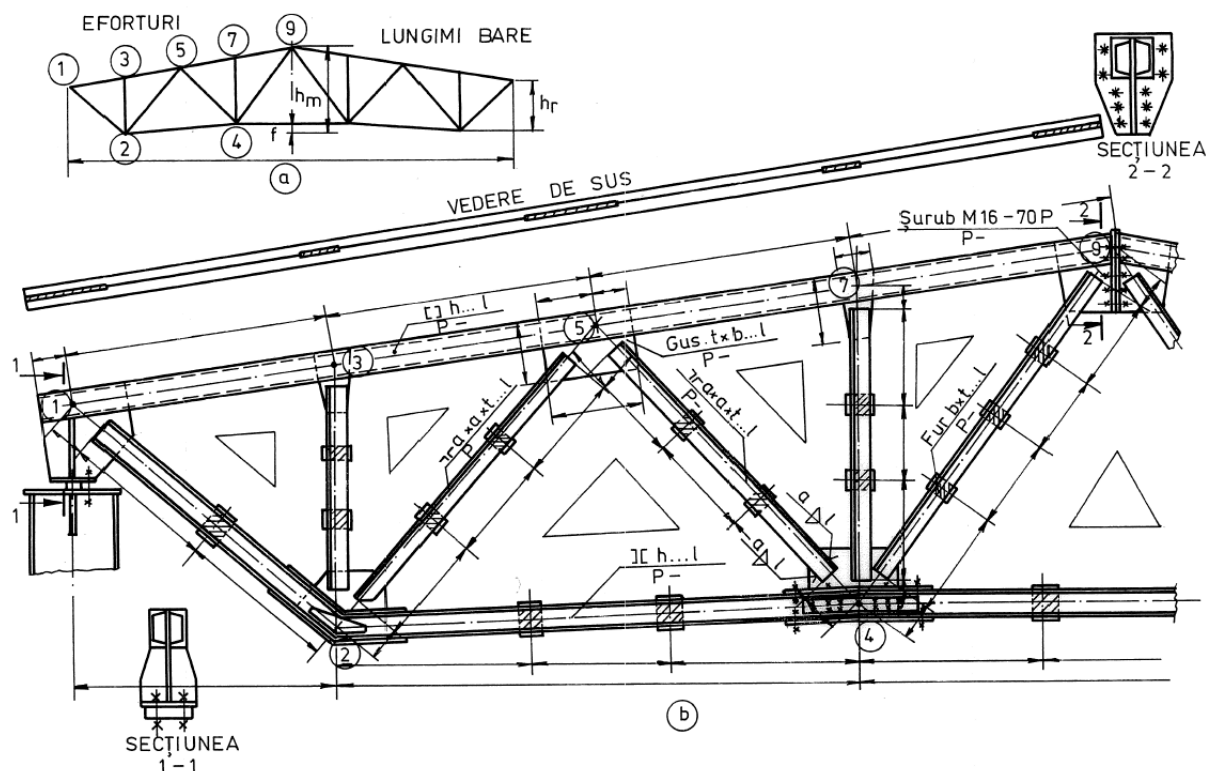
Date: 23.03.2009

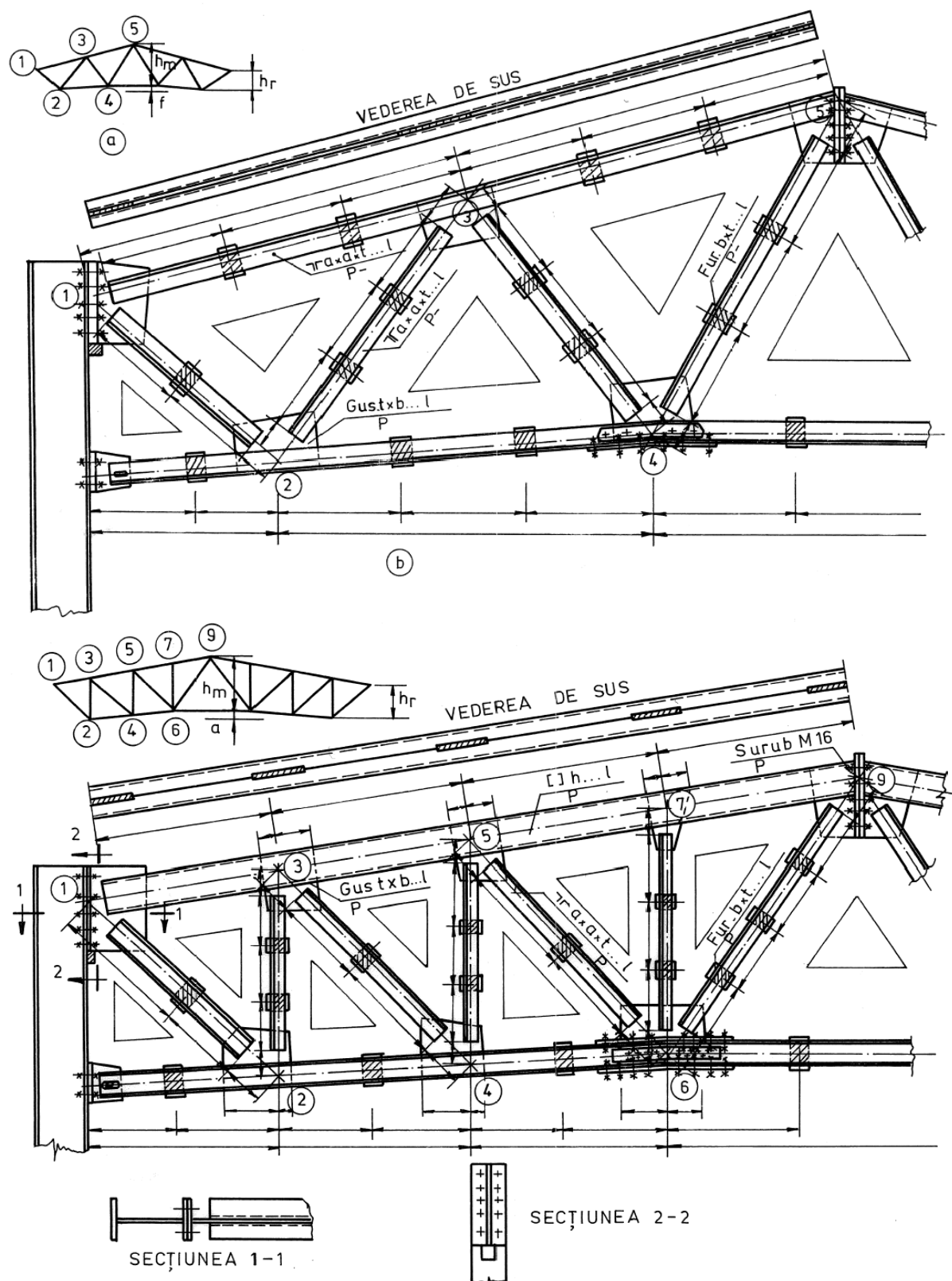
Pozitie	Profil	Nr. buc.	Calitate	Lungime (mm)	Aria (m ²)	Greutate (kg)
---------	--------	----------	----------	--------------	------------------------	---------------

Total pt ___ elemente: ___

⇒ PIESE DESENATE

- Ferma metalică – axele + elementele + prinderile; ferma ansamblu; detaliu prindere detaliu guseu etc.





17. Bibliografie

- Mercea, Gh – Construcții Metalice ~ Structuri, curs pentru ingineri, 1984 Institutul Politehnic Traian Vuia, Timisoara;
- Mercea, Gh. – Îndrumător de proiect vol I & II, IPTV Timisoara;
- Mateescu, D. s.a – Construcții Metalice – curs – secția CCI – subingineri, Iasi 1971, IPTV Timisoara & IPGA Iasi;
- Popescu, V. – Construcții metalice industriale – Ed. Tehnica 1961;

- Serbescu, C. s.a. – Hale industriale cu structura metalica – îndrumar – IP Iasi 1982;
- Mateescu, D – Construcții metalice – Calculul si proiectarea elementelor de otel – Ed. Tehnica 1980;
- Dalban C. – Construcții cu structura metalica – Ed. Didactica si Pedagogica 1997;
- SR EN 1990 Eurocod : Bazele proiectării structurilor
- SR EN 1993 -1 -1
- SR EN 1993 – 1 – 8

18. ANEXE

⇒ Incarcari utile

Categoria	Utilizare specifică	Exemplu
A	Zone pentru activități domestice și rezidențiale	Camere în clădiri rezidențiale sau locuințe; Dormitoare și pavilioane din spitale; Dormitoare în hoteluri, bucătării de pensiuni și toalete.
B	Zone pentru birouri	
C	Zone unde apar aglomerări umane (cu excepția zonelor definite în categoriile A, B, D ¹⁾)	C1: Zone cu mese, etc. de exemplu: zone din școli, cafenele, restaurante, sufragerii, săli de lectură, recepții. C2: zone cu locuri fixe: de exemplu: zone din biserici, teatre sau cinematografe, săli de conferințe, aule, săli de ședințe, camere de așteptare, săli de așteptare pentru gări. C3: Zone fără obstacole pentru oameni în mișcare, de exemplu zone din muzee, săli de expoziție, etc. și zone de acces al oamenilor în clădiri publice și administrative, hoteluri, spitale, gări. C4: Zone pentru desfășurarea activităților fizice, de exemplu: săli de dans, săli de gimnastică, scene. C5: Zone prevăzute pentru mulțimi: de exemplu: în clădiri pentru evenimente publice ca săli de concerte, săli de sport inclusiv tribunele, terase și zone de acces, platforme de cale ferată.
D	Zone comerciale	D1: Zone pentru vânzări cu amănuntul D2: Zone din magazine universale

1) Atenție se consultă 6.3.1.1(2), în special la C4 și C5. A se vedea EN 1990 când efectele dinamice sunt luate în calcul. Pentru categoria E, a se vedea tabelul 6.3.

NOTA 1 – După utilizarea prevăzută, zonele trebuie clasificate de la C2, C3, C4 pot să fie clasificate C5 prin decizia clientului și/sau a anexe naționale.

NOTA 2 – Anexa națională poate defini subcategorii la A, B, C1 până la C5, D1 și D2.

NOTA 3 – A se vedea 6.3.2 pentru depozite și activități industriale.

Categoria	Utilizări specifice	Exemple
E1	Zone susceptibile acumulărilor de bunuri, inclusiv zonele de acces	Zone pentru depozitare inclusiv depozitele de cărți și alte documente
E2	Utilizări industriale	

Categoria zonelor de trafic	Utilizări specifice	Exemple
F	Zone cu parcuri și de trafic pentru vehicule ușoare (cu greutatea brută ≤ 30 kN și cu ≤ 8 locuri, fără locul șoferului)	garaje; parcuri, holuri pentru parcuri
G	Zone cu parcuri și de trafic pentru vehicule medii (cu greutatea brută > 30 kN și ≤ 160 kN și cu 2 osii)	căi de acces; zone pentru livrări, zone accesibile mașinilor de pompieri (cu greutatea brută ≤ 160 kN)

NOTA 1 – Zonele de acces proiectate pentru categoria F sunt limitate de dimensiunile fizice ale structurii.

NOTA 2 – Suprafețele proiectate pentru categoria F și G sunt prevăzute cu semnale de atenționare corespunzătoare.

Categoria zonei de încărcare	Utilizări specifice
H	Acoperișuri inaccesibile, exceptând întreținerea și reparațiile normale
I	Acoperișuri accesibile cu ocuparea după categoriile de la A până la D
K	Acoperișuri accesibile pentru servicii speciale, cum ar fi heliporturile.

Categoria zonei de încărcare	q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]
Categoria A		
- Planșee	1,5 până la <u>2,0</u>	<u>2,0</u> până la 3,0
- Scări	<u>2,0</u> până la 4,0	<u>2,0</u> până la 4,0
- Balcoane	<u>2,5</u> până la 4,0	<u>2,0</u> până la 3,0
Categoria B	2,0 până la <u>3,0</u>	1,5 până la <u>4,5</u>
Categoria C		
- C1	2,0 până la <u>3,0</u>	3,0 până la <u>4,0</u>
- C2	3,0 până la <u>4,0</u>	2,5 până la 7,0 (<u>4,0</u>)
- C3	3,0 până la <u>5,0</u>	<u>4,0</u> până la 7,0
- C4	4,5 până la <u>5,0</u>	3,5 până la <u>7,0</u>
	<u>5,0</u> până la 7,5	3,5 până la <u>4,5</u>
Categoria D		
- D1	<u>4,0</u> până la 5,0	3,5 până la 7,0 (<u>4,0</u>)
- D2	4,0 până la <u>5,0</u>	3,5 până la <u>7,0</u>

Categoria zonei de încărcare	q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]
Categoria E1	7,5	7,0

Categoria zonelor de trafic	q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]
Categoria F greutatea brută a vehiculului ≤ 30 kN	q_k	Q_k
Categoria G cu greutatea brută > 30 kN și ≤ 160 kN	5,0	Q_k

NOTA 1 – Pentru categoria F, q_k poate fi selectat din domeniul de la 1,5 până la 2,5 kN/m² și Q_k poate fi selectat din domeniul de la 10 până la 20 kN.

NOTA 2 – Pentru categoria G, Q_k poate fi selectat din domeniul de la 40 până la 90 kN.

NOTA 3 – Unde este indicat un domeniu de valori în notele 1 și 2, valoarea poate fi stabilită în anexa națională. Valorile recomandate sunt subliniate.

Acoperiș	q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]
Categoria H	q_k	Q_k

NOTA 1 – Pentru categoria H q_k poate fi selectat din domeniul de la 0,00 kN/m² până la 1,00 kN/m² și Q_k poate fi selectat din domeniul de la 0,9 kN până la 1,5 kN.

Atunci când tabelul indică un domeniu de valori, valoarea poate să fie indicată în anexa națională. Valorile recomandate sunt:

$$q_k=0,4 \text{ kN/m}^2, Q_k=1,0 \text{ kN}$$

NOTA 2 – q_k poate varia în anexa națională funcție de panta acoperișului.

NOTA 3 – q_k se presupune că acționează pe o suprafață A care este indicată de anexa națională. Valoarea recomandată pentru A este de 10 m², cu domeniul de la zero până la toată suprafața acoperișului.

NOTA 4 – A se vedea de asemenea 3.3.2 (1)

Clasa elicopterului	Încărcarea Q la decolarea elicopterului	Încărcarea Q_k la decolare	Dimensiunile zonei de încărcare (m x m)
HC1	$Q \leq 20$ kN	$Q_k = 20$ kN	0,2 x 0,2
HC2	$20 \text{ kN} < Q \leq 60$ kN	$Q_k = 60$ kN	0,3 x 0,3

⇒ Greutăți proprii

Tabelul A.1 – Materiale de construcție – beton și mortar

Materiale	Greutate specifică γ [kN/m³]
beton (a se vedea EN 206)	
ușor	9,0 până la 10,0 ¹⁾²⁾
clasa de densitate LC 1,0	10,0 până la 12,0 ¹⁾²⁾
clasa de densitate LC 1,2	12,0 până la 14,0 ¹⁾²⁾
clasa de densitate LC 1,4	14,0 până la 16,0 ¹⁾²⁾
clasa de densitate LC 1,6	16,0 până la 18,0 ¹⁾²⁾
clasa de densitate LC 1,8	18,0 până la 20,0 ¹⁾²⁾
clasa de densitate LC 2,0	24,0 ¹⁾²⁾
greutate normală	> ¹⁾²⁾
greutate mare	
mortar	
mortar de ciment	19,0 până la 23,0
mortar de ipsos	12,0 până la 18,0
mortar var-ciment	18,0 până la 20,0
mortar de var	12,0 până la 18,0
¹⁾ Se mărește cu 1 kN/m ³ pentru procente uzuale de armare pentru armătură obișnuită și pretensionată.	
²⁾ Se mărește cu 1 kN/m ³ pentru beton proaspăt	
NOTĂ – A se vedea secțiunea 4	

Tabelul A.2 – Materiale de construcție – zidărie

Materiale	Greutate specifică γ [kN/m³]
elemente pentru zidărie	
elemente pentru zidărie de argilă arsă	a se vedea EN 771-1
elemente pentru zidărie de silico-calcar	a se vedea EN 771-2
elemente pentru zidărie de beton cu agregate	a se vedea EN 771-3
elemente pentru zidărie de beton celular autoclavizat	a se vedea EN 771-4
elemente pentru zidărie de piatră artificială	a se vedea EN 771-5
cărămizi de sticlă, cu goluri	a se vedea EN 1051
teracotă	21,0
piatră naturală – a se vedea EN 771 - 6	
granit, sienit, porfir	27,0 până la 30,0
bazalt, diorit, gabbro	27,0 până la 31,0
tachilite	26,0
lavă bazaltică	24,0
grauwacke, gresie	21,0 până la 27,0
calcar dens	20,0 până la 29,0
alt calcar	20,0
tuf vulcanic	20,0
gnais	30,0
ardezie	28,0
NOTA – A se vedea secțiunea 4.	

Tabelul A.3 – Materiale de construcție – lemn

Materiale	Greutate specifică γ [kN/m³]
lemn (a se vedea EN 338 pentru clase de rezistență pentru lemn)	3,5
lemn clasa de rezistență C14	3,7
lemn clasa de rezistență C16	3,8
lemn clasa de rezistență C18	4,1
lemn clasa de rezistență C22	4,2
lemn clasa de rezistență C24	4,5
lemn clasa de rezistență C27	4,6
lemn clasa de rezistență C30	4,8
lemn clasa de rezistență C35	5,0
lemn clasa de rezistență C40	6,4
lemn clasa de rezistență D30	6,7
lemn clasa de rezistență D35	7,0
lemn clasa de rezistență D40	7,8
lemn clasa de rezistență D50	8,4
lemn clasa de rezistență D60	10,8
lemn clasa de rezistență D70	
lemn laminat încheiat (a se vedea EN 1194 pentru clase de rezistență pentru lemn)	3,7
lemn laminat încheiat omogen GL24h	4,0
lemn laminat încheiat omogen GL28h	4,2
lemn laminat încheiat omogen GL32h	4,4
lemn laminat încheiat omogen GL36h	3,5
lemn laminat încheiat combinat GL24c	3,7
lemn laminat încheiat combinat GL28c	4,0
lemn laminat încheiat combinat GL32c	4,2
lemn laminat încheiat combinat GL36c	
placaj	5,0
placaj de rășinoase	7,0
placaj de mesteacăn	4,5
panel de lemn și lemn masiv	
plăci de lemn aglomerat	7,0 până la 8,0
plăci de așchii de lemn	12,0
plăci de așchii de lemn liate cu ciment	7,0
plăci de așchii subțiri, lungi și orientate (OSB)	
cherestea	10,0
plăci de fibre de lemn	8,0
plăci de fibre cu densitate medie	4,0
plăci moi	
NOTĂ – A se vedea secțiunea 4.	

Tabelul A.4 – Materiale de construcție – metale

Materiale	Greutate specifică γ [kN/m³]
metale	
aluminu	27,0
alamă	83,0 până la 85,0
bronz	83,0 până la 85,0
cupru	87,0 până la 89,0
fontă	71,0 până la 72,5
fier forjat	76,0
plumb	112,0 până la 114,0
oțel	77,0 până la 78,5
zinc	71,0 până la 72,0

Tabelul A.5 – Materiale de construcție – alte materiale

Materiale	Greutate specifică γ [kN/m³]
alte materiale	
sticlă zdrobită	22,0
sticlă stratificată	25,0
materiale plastice	12,0
foi acrilice	0,3
granule de polistiren expandat,	1,4
sticlă spongioasă	28,0
rocă șistoasă (ardezie)	

Tabelul A.6 – Materiale pentru poduri

Materiale	Greutatea specifică γ [kN/m³]
îmbrăcăminte pentru poduri de șosele	
asfalt turnat și beton asfaltic	24,0 până la 25,0
mastic asfalt	18,0 până la 22,0
asfalt fierbinte cilindrat	23,0
umpluturi pentru poduri	
nisip (uscat)	15,0 până la 16,0 ¹⁾
balast, pietriș (în stare liberă)	15,0 până la 16,0 ¹⁾
îmbrăcăminte de piatră	18,5 până la 19,5
zgură concasată	13,5 până la 14,5 ¹⁾
umplutură de piatră spartă	20,5 până la 21,5
argilă plastică	18,5 până la 19,5
îmbrăcăminte pentru poduri de cale ferată	
strat protector de beton	25,0
balast normal (de exemplu granit, gnais, etc.)	20,0
balast bazaltic	26
	Greutatea pe unitatea de lungime a patului²⁾³⁾ g_k [kN/m]
structuri cu pat de balast	
2 șine UIC 60	1,2
traverse de cale ferată pretensionate de beton inclusiv materialele mărunte de cale	4,8
traverse de beton cu ancore de metal	-
traverse de lemn inclusiv materialele mărunte de cale	1,9
structuri fără pat de balast	
2 șine UIC 60 inclusiv materialele mărunte de cale	1,7
2 șine UIC 60 inclusiv materialele mărunte de cale, grinda podului și contrașine	4,9
1) indicate în alte tabele ca materiale depozitate	
2) fără excluderea pentru balast	
3) presupune o distanță de 600 mm	
NOTA 1 – Valorile pentru șine sunt de asemenea aplicabile și în afara podurilor de cale ferată	
NOTA 2 – A se vedea secțiunea 4.	

⇒ Zăpada

Litere latine mari

- C_e coeficient de expunere
 C_t coeficient termic
 C_{esi} coeficient pentru încărcări excepționale date de zăpadă
 A altitudinea amplasamentului [m]
 S_e încărcare dată de zăpada atârnată de marginea acoperișului, pe metru [kN/m]
 F_s forța exercitată de masa de zăpadă în alunecare, pe metru [kN/m]

Litere latine mici

- B lățimea construcției [m]
 D grosimea stratului de zăpadă [m]
 H înălțimea construcției [m]
 K coeficient care ia în considerare forma neregulată a acumulării de zăpadă (a se vedea și 6.3)
 l_s lungimea zonei de acumulare de zăpadă sau a zonei acoperite de zăpadă [m]
 s încărcarea dată de zăpadă pe acoperiș [kN/m²]
 s_k valoarea caracteristică a încărcării date de zăpadă pe sol, la amplasament [kN/m²]
 s_{Ad} valoarea de calcul a încărcării excepționale date de zăpadă pe sol [kN/m²]

Litere grecești mici

- α unghiul de pantă al acoperișului, măsurat de la orizontală [°]
 β unghiul dintre orizontala și tangenta la curbă a unui acoperiș cilindric [°]
 γ greutatea specifică a zăpezii [kN/m³]
 μ coeficient de formă al încărcării date de zăpadă
 ψ_0 coeficient al valorii de grupare a unei acțiuni variabile
 ψ_1 coeficient al valorii frecvente a unei acțiuni variabile
 ψ_2 coeficient al valorii cvasipermanente a unei acțiuni variabile

Încărcarea dată de zăpada pe acoperiș trebuie să se determine după cum urmează:

Pentru situații de proiectare permanente / tranzitorii

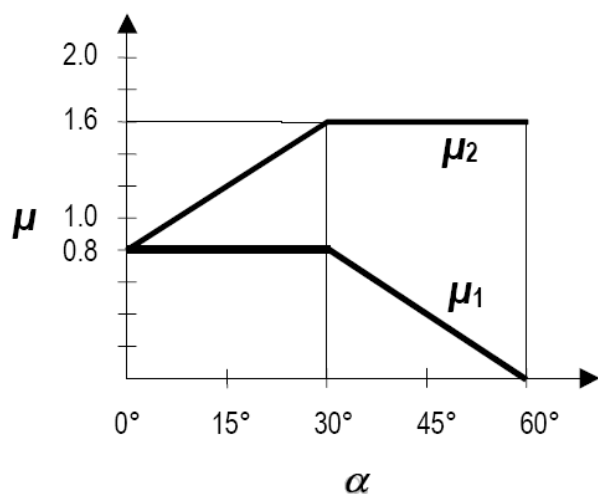
$$s = \mu_i c_e c_t s_k$$

- Valori recomandate ale coeficientului c_e pentru diferite topografii ale amplasamentului

Topografie	c_e
Expusă	0.8
Normală	1.0
Adăpostită	1.2
Topografie expusă: zone întinse de teren plat lipsit de adăpostire sau cu adăpostire limitată, creată de natura terenului, construcții înalte sau copaci. Topografie normală: zone unde nu se produce spulberarea semnificativă a zăpezii din acțiunea vântului asupra construcțiilor datorită naturii terenului și prezentei altor construcții sau a copacilor Topografie adăpostită: zone unde construcția analizată este mult mai joasă decât terenul înconjurător sau este înconjurată de copaci înalți și / sau construcții înalte	

- Coeficientul termic

$$c_t = 1$$



- Coeficienți de forma ai încărcării

Panta acoperișului α	$0 \dots 30^\circ$	$30 \dots 60^\circ$	$60^\circ \dots$
μ_1	0.8	$0.8(60 - \alpha)/30$	0.0
μ_2	$0.8 + 0.8\alpha / 30$	1.6	-

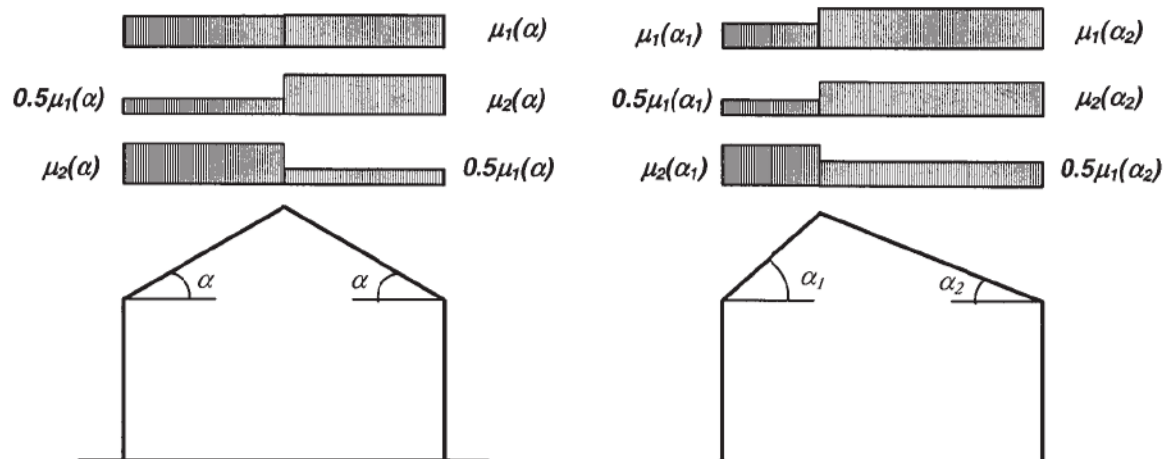


Figura 3.3 Distribuția coeficienților de forma pentru încărcarea din zapada pe acoperișuri cu două pante

- Harta de zonare a valori caracteristice

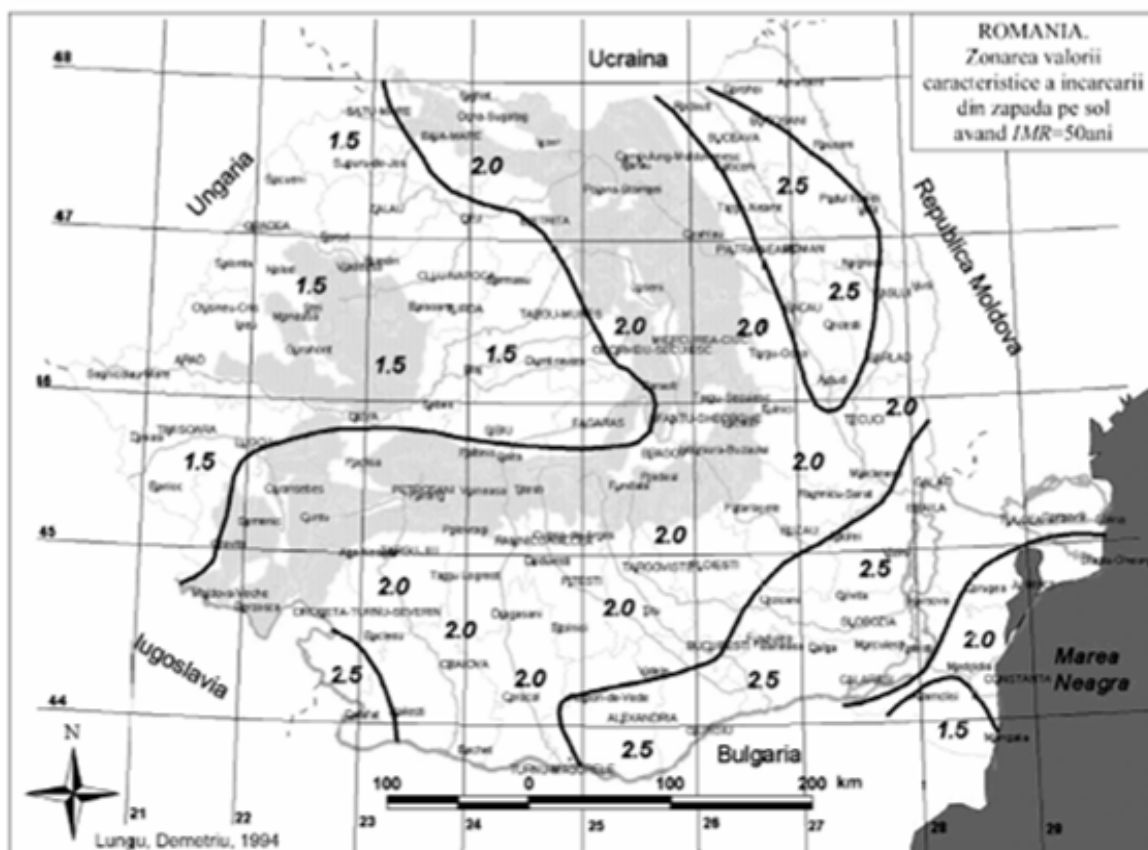


Figura 2.1 Roman a - zonarea valorii caracteristice a încărcării din zapada pe sol $s_{0,k}$ kN/m²

⇒ Vânt

- Presiunea din vânt pe suprafețe:

$$w(z) = q_{ref} c_e(z) c_p;$$

Categoria terenului	Descrierea terenului	z ₀ , m	
		interval	Valoare de cod
I – Mare, lacuri, teren plat		0.003 – 0.01	0.01
II – Câmp deschis		0.03 – 0.07	0.05
III – Zone cu densitate redusă a construcțiilor		0.1 – 0.4	0.3
IV Zone urbane		0.8 – 1.2	1.0

Valori mici ale lui z₀ provoacă valori mari ale vitezei medii a vântului

- Factorul $k_r(z_0)$

Categoria terenului	I	II	III	IV
$k_r(z_0)$	0.17	0.19	0.22	0.24

- Factorul de rugozitate $c_r(z)$

$$c_r(z) = k_r^2(z_0) \left(\ln \frac{z}{z_0} \right)^2$$

- Factorul β

Categoria terenului	I	II	III	IV
β	2.73	2.65	2.35	2.12

- Intensitatea turbulentei la înălțimea z

$$I(z) = \frac{\sqrt{\beta}}{2.5 \ln \frac{z}{z_0}}$$

- Factorul de rafală $c_g(z)$

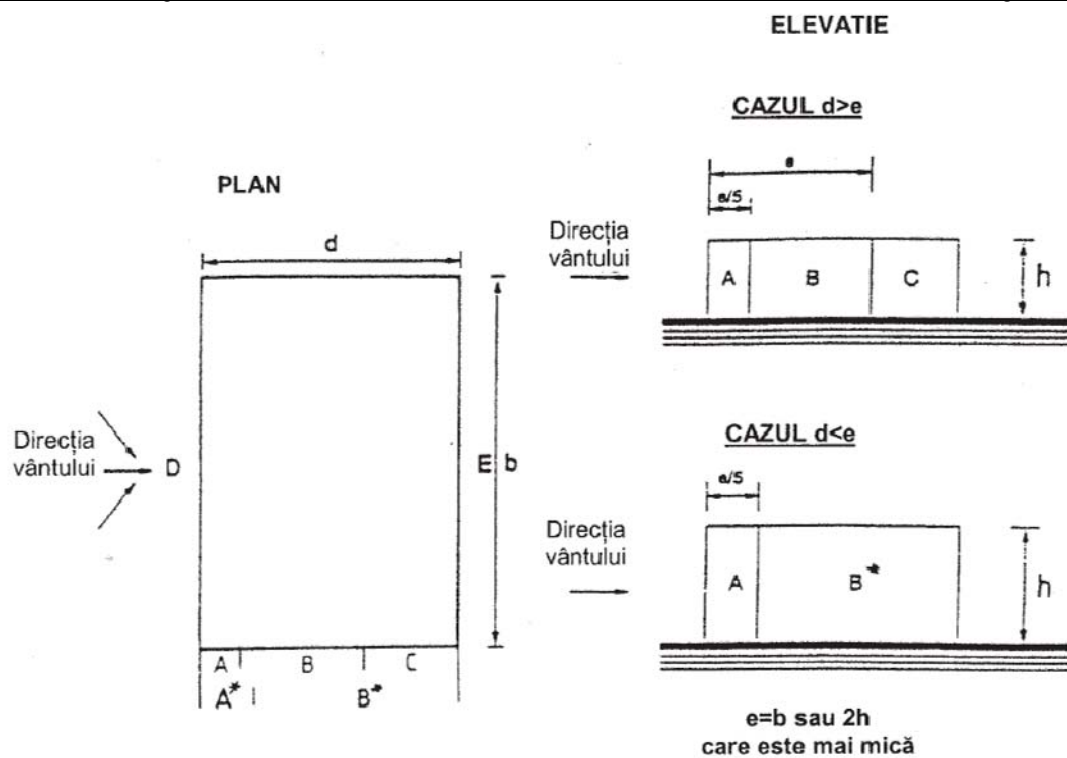
$$c_g(z) = 1 + g[2I(z)], \text{ unde } g = 3.5 \text{ factorul de vânt}$$

- Factorul de expunere $c_e(z)$

$$c_e(z) = c_g(z) \cdot c_r(z)$$

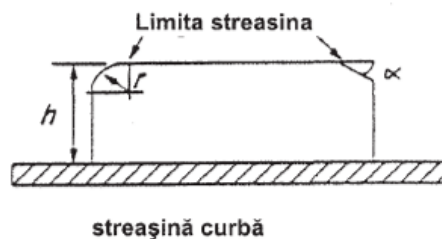
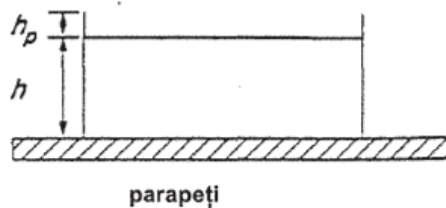
- Intensitatea de referință $q_{ref} = 0.612 U_{ref}^2$ din tabelul anexa A + harta de zonare

- Coeficienți de presiune c_p



Zona	A		B, B*		C		D		E	
d/h	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
≤ 1	-1.0	-1.3	-0.8	-1.0	-0.5		+0.8	+1.0	-0.3	
≥ 4	-1.0	-1.3	-0.8	-1.0	-0.5		+0.6	+1.0	-0.3	

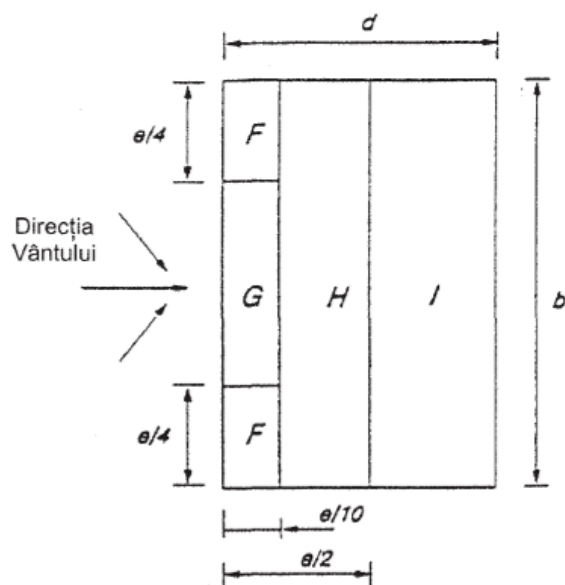
o Acoperișuri plate



înălțime de referință:
 $z_0 = h$

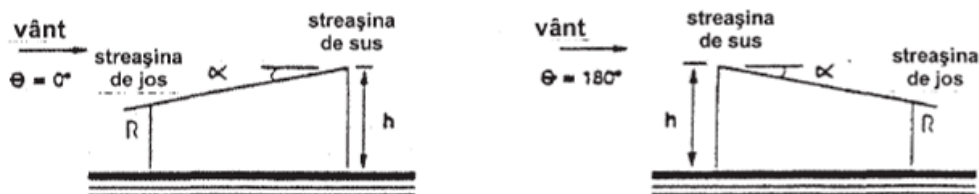
$e = b$ sau $2h$
care este mai mică

b - dimensiunea laturii
perpendiculară pe direcția vântului



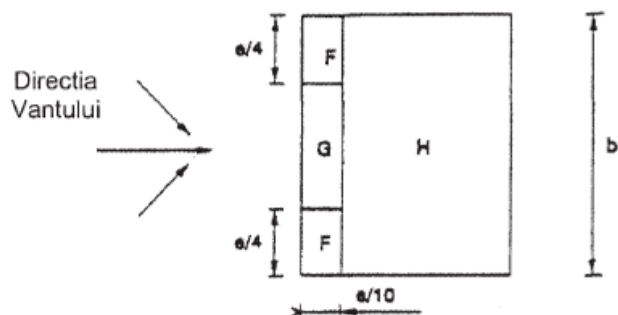
Caz		Zona							
		F		G		H		I	
		$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
A		-1.8	-2.5	-1.2	-2.0	-0.7	-1.2	± 0.2	
B	$h_p/h=0.025$	-1.6	-2.2	-1.1	-1.8	-0.7	-1.2	± 0.2	
	$h_p/h=0.05$	-1.4	-2.0	-0.9	-1.6	-0.7	-1.2	± 0.2	
	$h_p/h=0.10$	-1.2	-1.8	-0.8	-1.4	-0.7	-1.2	± 0.2	
C	$r/h=0.05$	-1.0	-1.5	-1.2	-1.8	-0.4		± 0.2	
	$r/h=0.10$	-0.7	-1.2	-0.8	-1.4	-0.3		± 0.2	
	$r/h=0.20$	-0.5	-0.8	-0.5	-0.8	-0.3		± 0.2	
D	$\alpha=30^\circ$	-1.0	-1.5	-1.0	-1.5	-0.3		± 0.2	
	$\alpha=45^\circ$	-1.2	-1.8	-1.3	-1.9	-0.4		± 0.2	
	$\alpha=60^\circ$	-1.3	-1.9	-1.3	-1.9	-0.5		± 0.2	

o Acoperișuri într-o singură pantă



înălțime de referință:
 $z_e = h$

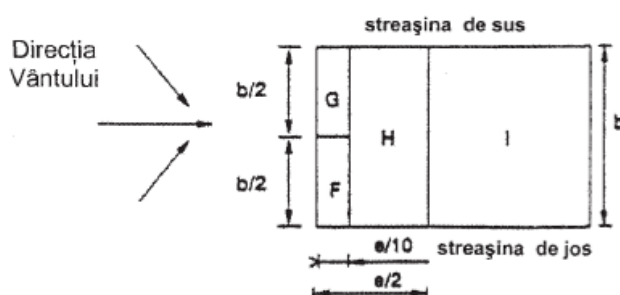
(a) general



(b) direcția vântului $\theta = 0^\circ$ și $\theta = 180^\circ$

$e = b$ sau $2h$
care este mai mică

b - dimensiunea laturii
perpendiculară pe direcția vântului

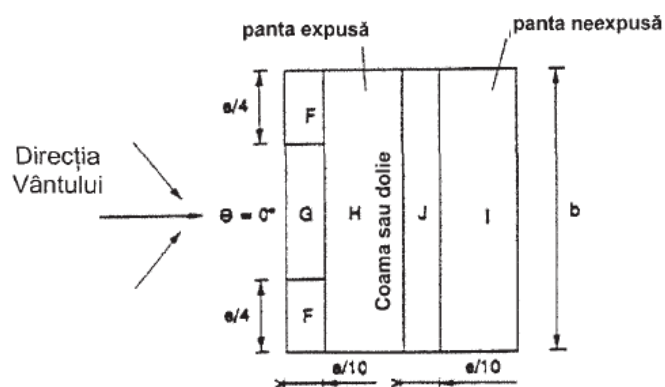


(c) direcția vântului $\theta = 90^\circ$

	Zone pentru direcția vântului $\theta = 0^{\circ}$						Zone pentru direcția vântului $\theta = 180^{\circ}$					
panta α	F		G		H		F		G		H	
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
5°	-1,7	-2,5	-1,2	-2,0	-0,6	-1,2	-2,3	-2,5	-1,3	-2,0	-0,8	-1,2
15°	-0,9	-2,0	-0,8	-1,5	-0,3		-2,5	-2,8	-1,3	-2,0	-0,9	-1,2
	+0,2		+0,2		+0,2							
30°	-0,5	-1,5	-0,5	-1,5	-0,2		-1,1	-2,3	-0,8	-1,5	-0,8	
	+0,7		+0,7		+0,4							
45°	+0,7		+0,7		+0,6		-0,6	-1,3	-0,5		-0,7	
60°	+0,7		+0,7		+0,7		-0,5	-1,0	-0,5		-0,5	
75°	+0,8		+0,8		+0,8		-0,5	-1,0	-0,5		-0,5	

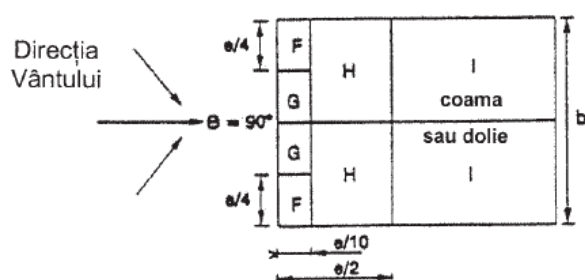
o Acoperișuri în două ape

(a) general



înălțime de referință:
 $z_e = h$

(b) direcția vântului $\theta = 0^\circ$



$e = b$ sau $2h$
oricare este mai mică

b - dimensiunea laturii
perpendiculară pe direcția vântului

(c) direcția vântului $\theta = 90^\circ$

	Zone pentru direcția vântului $\theta = 0^{\circ}$									
panta α	F		G		H		I		J	
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
-45°	-0,6		-0,6		-0,8		-0,7		-1,0	-1,5
-30°	-1,1	-2,0	-0,8	-1,5	-0,8		-0,6		-0,8	-1,4
-15°	-2,5	-2,8	-1,3	-2,0	-0,9	-1,2	-0,5		-0,7	-1,2
-5°	-2,3	-2,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,2	-0,3		-0,3	
5°	-1,7	-2,5	-1,2	-2,0	-0,6	-1,2	-0,3		-0,3	
15°	-0,9	-2,0	-0,8	-1,5	-0,3		-0,4		-1,0	-1,5
	+0,2		+0,2		+0,2					
30°	-0,5	-1,5	-0,5	-1,5	-0,2		-0,4		-0,5	
	+0,7		+0,7		+0,4					
45°	+0,7		+0,7		+0,6		-0,2		-0,3	
60°	+0,7		+0,7		+0,7		-0,2		-0,3	
75°	+0,8		+0,8		+0,8		-0,2		-0,3	



Figura A.2 Valori caracteristice ale presiunii de referință a vântului, mediata pe 10 min., având 50 ani interval mediu de recurență (2% probabilitate anuală de depășire)