

Ministerul Transporturilor, Construcțiilor și Turismului - Normativ din 23 noiembrie 2006

Normativul feroviar "Infrastructură feroviară. Instalații fixe. Tracțiune electrică. Conductor de protecție principal. Partea 1: Calcul mecanic" din 23.11.2006

În vigoare de la 11 ianuarie 2007

Publicat în Monitorul Oficial, Partea I nr. 989 din 12 decembrie 2006. Formă aplicabilă la 03 august 2026.

PREAMBUL

Prezentul normativ feroviar stabilește metodologia pentru calculul mecanic al conductorului de protecție principal fiind folosită la lucrările de proiectare, reparare și exploatare a instalațiilor de protecție împotriva electrocutărilor cauzate de defecte de izolație pe liniile de contact aeriene din instalațiile fixe de tracțiune electrică.

Metodologia de calcul din acest normativ feroviar se utilizează pentru:

- conductorul de protecție principal care nu întoarce curentul de tracțiune (sau o parte din acest curent) la substația de tracțiune electrică (în ROMÂNIA acest tip de conductor poartă denumirea de «conductor colector», având condițiile de utilizare reglementate de ID-33:77 Normativ pentru protecția împotriva influențelor căilor ferate electrificate monofazat 25 kV, 50 Hz, aprobat de MTTc cu Ordinul nr. 1976 din 06.12.1977 și Instrucția 351:1988 Instrucțiuni pentru întreținerea tehnică și repararea instalațiilor de semnalizare centralizare și bloc (SCB)-1989-MTTc, Direcția Linii și Instalații aprobat cu ordin MTTc nr. 1749 din 23.09.1988); acest conductor este parcurs doar de curenții de scurt circuit care apar datorită unui defect de izolație (de exemplu defectarea unuia dintre izolatoarele de pe stâlpii liniei de contact aeriene, având armăturile metalice legate la conductorul de protecție principal);
- conductorul de protecție principal care în regim normal de funcționare întoarce o parte din curentul de tracțiune la substația care alimentează zona de cale ferată electrificată; acest tip de conductor de protecție principal este parcurs și de curenții de scurtcircuit datorati eventualelor defecte de izolație. Condițiile minime de realizare și de utilizare pentru acest conductor sunt indicate în SR EN 50119, SR EN 50122-1.

Standardele prevăzute la capitolul 6 din prezentul normativ feroviar sunt documente normative de referință.

Cifrele din parantezele pătrate din cuprinsul normativului feroviar reprezintă numărul de ordine al documentelor de referință de la capitolul 6.

1. GENERALITĂȚI

1.1. Introducere

Folosirea conductorului de protecție principal ca măsură de prevedere pentru protecția împotriva șocurilor electrice (prin atingerea unor obiecte metalice, care ajung accidental la o tensiune periculoasă pentru om, datorită defectelor de izolație în linia de contact aeriană, a căilor ferate electrificate 1x25 kV, 50 Hz și 2x25 kV, 50 Hz este reglementată prin documentele normative: [10], [13], [18] și [19].

Conductorul de protecție principal conectează una sau mai multe construcții metalice (lucrări de artă, elemente de susținere a LCA, armături, etc.), individual sau în grup, la unul dintre următoarele obiecte: priză de pământ, șină, priză mediană a unei bobine de joantă, priză mediană a unei bobine de joantă suplimentară.

În cazul unui defect de izolație la unul din stâlpii ale căror armături sunt legate la conductorul de protecție principal, acesta din urmă este parcurs de curentul de scurtcircuit.

Conductorul de protecție principal este suspendat pe stâlpii LCA cu ajutorul unor cleme de suspendare (cleme tip șa), fixate de stâlp cu ajutorul unor semibride metalice.

Calculul mecanic al conductorului de protecție principal se efectuează pentru verificarea poziției conductorului în diferitele stări ale forțelor exterioare și temperaturii mediului ambiant care acționează asupra acestuia.

Forma geometrică pe care o capătă conductorul de protecție principal sub influența acestor factori și eforturile interne în conductor depind de lungimea deschiderii dintre stâlpii liniei de contact aeriene și de denivelarea punctelor de susținere aflate pe stâlpi.

Forma geometrică a curbei conductorului fiind stabilită (săgețile în fiecare punct al acestuia și săgeata maximă), se verifică distanțele minime admisibile ale conductorului de protecție principal față de celelalte conductoare și față de diferitele obstacole de care se apropie linia de contact aeriană. Aceste distanțe sunt funcție de tensiunea nominală a liniei de contact aeriene pe care se montează conductorul de protecție principal și de natura și importanța obstacolului respectiv.

Calculul mecanic al conductorului de protecție principal reglementat de acest normativ constă în stabilirea tracțiunilor normate în punctele de susținere și săgeților în deschideri și se efectuează după metoda la stări limită prin care rezistențele de calcul ale acestuia sunt stabilite în procente din rezistența de rupere calculată a conductorului [9].

De asemenea este efectuată o verificare din punct de vedere mecanic a rezistențelor de calcul pentru clemele de ancorare, de întindere și de susținere utilizate pentru conductorul de protecție principal, raportate în cazul primelor două

tipuri, la rezistența de rupere calculată a conductorului, iar pentru al treilea tip, respectiv la rezistența de rupere calculată a clemei.

Prin cunoașterea săgeților conductorului de protecție principal în deschiderile panoului de întindere și a distanțelor minime admisibile față de conductoarele active ale LCA, se determină înălțimea minimă a punctelor lui de susținere precum și distanța dintre acestea și punctele de susținere ale celorlalte conductoare.

1.2. Obiect

Prezentul normativ feroviar stabilește metodologia pentru calculul mecanic al conductorului de protecție principal din componența instalațiilor de protecție împotriva șocurilor electrice.

1.3. Domeniu de aplicare

Calculul mecanic al conductorului de protecție principal, reglementat de acest normativ tehnic, este folosit la stabilirea diagramelor de montaj atât în faza de proiectare și de realizare a instalațiilor noi de protecție a obiectelor din cale și vecinătate, cât și la lucrările de exploatare și întreținere a instalațiilor de protecție existente, cu ocazia reparațiilor capitale, reconstrucțiilor sau modernizărilor, în care se utilizează conductorul de protecție principal ca prevedere de protecție în caz de defect.

Metoda de calcul este valabilă în cazul conductoarelor suspendate, multifilare (cu fire fabricate din același material sau din două materiale diferite), din linia de contact aeriană sau din instalațiile aferente acesteia (de exemplu: cablu de întoarcere amplasat pe stâlpi LEA, conductor de protecție principal suspendat direct pe stâlpii LCA).

Metoda de calcul reglementată în acest normativ tehnic nu se aplică conductoarelor suspendate pe stâlpi prin intermediul lanțurilor de izolatoare, cablului purtător și firului de contact.

1.4. Clasă de risc

Lucrările necesare execuției, reparării și întreținerii instalației de protecție din care face parte conductorul de protecție principal au clasa de risc 1A, conform [25].

1.5. Durată normală de funcționare

Instalațiile noi de protecție din care face parte conductorul de protecție principal au durata normală de funcționare de 24-36 ani, conform [26].

1.6. Abrevieri

În textul acestei norme tehnice feroviare se vor folosi următoarele abrevieri:

LC - linie de contact;

LCA - linie de contact aeriană;

LEA - linie electrică aeriană;

OMT - Ordin al Ministrului Transporturilor;

HGR - Hotărâre a Guvernului României;

PE - conductor de protecție;

PEN - conductor legat la pământ care îndeplinește simultan funcția de conductor de protecție și de conductor neutru;

PEM - conductor care îndeplinește simultan funcția de conductor de protecție și de conductor de priză mediană;

PEL - conductor care îndeplinește simultan funcția de conductor de protecție și de conductor de linie;

ANM-RA - Administrația Națională de Meteorologie - R.A.;

CPPLP - Conductor de protecție principal folosit pentru legarea la pământ sau la șinele de rulare;

CPPLPICT - Conductor de protecție principal folosit atât pentru legarea la pământ sau la șinele de rulare cât și pentru întoarcerea curentului de tracțiune;

NSS - Nivelul superior al șinelor.

2. DEFINIȚII

Se recomandă ca în textul acestui normativ tehnic să se folosească definițiile din [9], [12], [14], [16] și [17], asimilând linia de contact aeriană ca o linie electrică aeriană de înaltă tensiune.

2.1. Echipament (electric), [17] - orice dispozitiv utilizat pentru scopuri ca producerea, transformarea, transportul, acumularea, distribuția sau utilizarea energiei electrice, cum ar fi mașini, transformatoare, aparataj, aparate de măsurare, dispozitive de protecție, accesorii pentru pozare, aparate de utilizare.

2.2. Instalație electrică, [17] - ansamblu de echipamente electrice asociate în vederea unei utilizări date și având caracteristici coordonate.

2.3. Șoc electric, [17] - efectul fiziologic al trecerii curentului electric prin corpul uman sau al unui animal.

2.4. Protecție de bază, [17] - protecția împotriva șocurilor electrice în absența unui defect.

2.5. Protecție în caz de defect, [17] - protecție împotriva șocurilor electrice în condiții de simplu defect.

2.6. Parte activă, [17] - conductor sau parte conductoare destinată a fi sub tensiune în funcționare normală, inclusiv conductorul neutru, însă prin convenție, exclusiv conductorul PEN, conductorul PEM sau conductorul PEL.

NOTĂ: acest termen nu implică în mod obligatoriu un risc de șoc electric vătămător.

2.7. Parte activă periculoasă, [17] - parte activă care poate provoca, în anumite condiții, un șoc electric vătămător.

NOTĂ: În instalațiile de înaltă tensiune, o tensiune periculoasă poate fi prezentă la suprafața unei izolații solide, în acest caz suprafața este considerată parte activă periculoasă.

2.8. Parte conductoare accesibilă (masă) [17] - o parte conductoare a unui echipament, care poate fi atinsă, și care în mod normal nu este sub tensiune, dar care poate ajunge sub tensiune când izolația de bază este defectă.

Observații:

Exemplu de masă: carcase metalice care sunt izolate de părțile active ale echipamentelor;

Exemple de masă ca parte conductoare activă: părțile metalice ale utilajelor folosite drept conductoare active sau la care se leagă părțile active ale circuitelor de comandă, carcasele unor aparate electronice, șinele căilor ferate electrificate, etc.

2.9. Parte conductoare străină de instalația electrică [17] - parte conductoare care nu face parte din instalația electrică și care poate introduce un potențial electric, în general potențialul electric al pământului.

2.10. Atingere indirectă [17] - atingerea de către om a unor părți intrate accidental sub tensiune datorită unui defect electric.

2.11. Linie electrică aeriană (LEA) [9] - instalație montată în aer liber, care servește la transportul și distribuția energiei electrice, fiind alcătuită din conductoare, izolatoare, cleme, armături, stâlpi, fundații și instalații de legare la pământ.

2.12. Linie de contact (LC) [16] - ansamblu de conductoare pentru alimentarea cu energie electrică a vehiculelor prin intermediul echipamentului de captare a curentului.

2.13. Linie de contact aeriană (LCA) [16] - linie de contact ale cărei conductoare sunt plasate deasupra sau lateral față de limita superioară a gabaritului vehiculelor, care alimentează vehiculele cu energie electrică prin intermediul echipamentului pentru captarea curentului montat pe acoperișul acestora.

2.14. Echipamentul LCA [9] - ansamblul de conductoare, izolatoare, cleme și armături, montat pe stâlpii LCA.

2.15. Conductoarele LCA [9] - firul de contact și conductoarele funie întinse liber sau tensionate între punctele de prindere la stâlpi sau alte construcții speciale, indiferent dacă sunt sau nu sub tensiune în regim normal de funcționare.

2.16. Circuit de întoarcere [10] - toate conductoarele care formează în mod intenționat o cale pentru curentul de tracțiune de întoarcere.

NOTĂ: Conductoarele pot fi de exemplu: șinele de rulare, conductoare de protecție (de legare la pământ), cabluri de întoarcere, șina pentru întoarcerea curentului.

2.17. Conductor de întoarcere [10] - orice parte a circuitului de întoarcere.

2.18. Conductoare active [17] - conductoarele care servesc drept căi de curent pentru transportul sau distribuția energiei electrice de la substațiile de tracțiune electrică, la consumatorii electrici, care în regim normal de funcționare se află sub tensiune (de exemplu: firul de contact, cablul purtător, fiderul de întărire).

2.19. Conductor de protecție (PE) [17] - un conductor utilizat pentru realizarea protecției împotriva șocurilor electrice datorate unui defect de izolație, care leagă masele cu:

- alte mase;
- o priză de pământ;
- un conductor de nul sau un alt conductor legat la pământ (masă);
- o parte conductoare străină;
- dispozitive de protecție.

2.20. Conductor de protecție de ramificație [17] - un conductor prin care se stabilește legătura electrică dintre o masă și un conductor de protecție principal (de exemplu: conectarea la conductorul de protecție principal - conductorul de protecție al armăturilor de pe stâlp).

2.21. Conductor de protecție principal [10], [17] - un conductor care conectează colectiv la pământ sau la șinele de rulare un număr de stâlpi prin intermediul conductoarelor de protecție de ramificație, pentru a proteja oamenii și instalațiile în cazul unui defect de izolație. Poate fi de asemenea folosit drept conductor de întoarcere a curentului de tracțiune.

NOTĂ: Din punct de vedere funcțional conductorul de protecție principal poate fi:

- conductor de protecție principal care nu întoarce curentul de tracțiune (sau o parte din acest curent) la substația de tracțiune electrică (în ROMÂNIA acest tip de conductor poartă denumirea de «conductor colector», având condițiile de utilizare reglementate de [18]); acest conductor este parcurs doar de curenții de scurt circuit care apar datorită unui defect de izolație (de exemplu defectarea unuia dintre izolatoarele de pe stâlpii LCA, având armăturile metalice legate la conductorul de protecție principal); denumirea prescurtată a acestui conductor este CPPLP;
- conductor de protecție principal care în regim normal de funcționare întoarce o parte din curentul de tracțiune la substația care alimentează zona de cale ferată electrificată, având condițiile de utilizare prevăzute în [10], [13]; acest tip de conductor de protecție principal cu denumirea prescurtată CPPLPCT este parcurs și de curenții de scurtcircuit datorati eventualelor defecte de izolație.

2.22. Cablu de întoarcere [10] - conductor de întoarcere reprezentând o parte a circuitului de întoarcere și care conectează restul circuitului de întoarcere la substația de tracțiune electrică.

2.23. Stâlpii LCA [16] - suport vertical, confecționat dintr-o bucată de lemn, beton, oțel etc. sau dintr-o structură de zăbrele metalice, fixat lateral față de calea de rulare, în sol, direct sau prin intermediul unei fundații.

2.24. Clemă [7] - conector și partea din conductorul activ sau de protecție care se află în contact intim cu conectorul realizat prin presare sau orice alt mijloc mecanic.

2.25. Armături [9] - dispozitive cu ajutorul cărora se assemblează și se montează conductoarele, izolatoarele și alte accesorii ale liniilor electrice.

2.26. Tensiunea nominală a liniei de contact, notată U_n - valoarea efectivă a tensiunii între conductoarele active și pământul sistemului de tracțiune electrică, prin care este definită LCA precizată de [12].

2.27. Secțiunea nominală a unui conductor funie [9] - valoarea rotunjită a secțiunii sale reale. În cazul conductoarelor cu fire componente din materiale diferite, secțiunea nominală se obține prin rotunjirea valorilor secțiunilor ambelor metale (de exemplu secțiunea nominală a unui conductor Al-OL 95/15 de execuție normală este $S_n = S(nAl) + SUMĂ(nOl) = 95 + 15 = 110 \text{ mm}^2$).

2.28. Secțiunea reală (efectivă) a unui conductor funie [9] - suma secțiunilor firelor componente ale conductorului (de exemplu secțiunea efectivă a unui conductor Al-OL 95/15 de execuție normală este $S_c = S(Al) + S(ol) = 90 + 15 = 105 \text{ mm}^2$).

2.29. Forța de rupere calculată a unui conductor funie [9] - forță determinată în mod convențional, în funcție de caracteristicile mecanice ale materialelor firelor componente și de alcătuirea constructivă a conductorului, potrivit standardelor de conductoare în vigoare [1]-[6].

2.30. Forța de rupere minimă a unui conductor funie [9] - forța de rupere a conductorului determinată prin încercări, a cărei valoare nu trebuie să fie mai mică de 95% din valoarea forței calculate de rupere.

2.31. Rezistența de rupere calculată a unui conductor funie, $p(rc)$ [9] - raportul între valoarea forței de rupere calculate și secțiunea reală a conductorului.

2.32. Rezistența de rupere minimă a unui conductor funie, $p(rmin)$ [9] - raportul între valoarea forței de rupere minime și secțiunea reală a conductorului.

2.33. Tracțiunea în conductor [9] - rezistența mecanică care ia naștere în conductor, înmulțită cu secțiunea reală a conductorului, în diferite stări de funcționare; tracțiunea în conductor într-un punct al acestuia este tangentă la curba conductorului în acel punct.

2.34. Tracțiunea orizontală în conductor [9] - valoarea tracțiunii în punctul în care tangenta la curba conductorului este orizontală.

2.35. Deschidere, $a(i)$ [16] - o parte din linia de contact aeriană situată între două suporturi sau între două puncte de suspendare succesive (în calcule, distanța măsurată pe orizontală între axele a doi stâlpi consecutivi).

2.36. Deschideri de dimensionare a stâlpilor [9] - deschideri la încărcări din vânt, $a(v)$ și la încărcări verticale, $a(g)$, adoptate la dimensionarea stâlpilor, pe baza criteriilor de acoperire a tuturor amplasamentelor de pe traseul unei LCA, cu luarea în considerare a criteriilor tehnico economice pentru zona meteorologică de dimensionare.

2.37. Deschidere nominală, $a(n)$ [9] - deschidere convențională, la care punctele de prindere ale conductoarelor se găsesc în același plan orizontal, terenul este plan, iar la săgeata maximă gabaritul la sol al liniei este cel minim admisibil. Ea rezultă ca o valoare optimă din calculele tehnico-economice.

2.38. Deschiderea virtuală [9] - distanța la locul în care orizontala dusă printr-unul din punctele de prindere ale conductorului intersectează curba reală a conductorului sau prelungirea ei, după cum punctul considerat este inferior sau superior punctului de prindere al conductorului la stâlpul adiacent.

2.39. Deschidere la încărcări verticale, $a(g)$ [9] - semisuma deschiderilor virtuale adiacente unui stâlp. De mărimea acestei deschideri depind încărcările verticale care acționează asupra stâlpului, provenite din greutatea conductoarelor și din greutatea conductoarelor acoperite de chiciură; se determină astfel încât la încărcări verticale efortul admisibil în stâlp să nu fie depășit.

2.40. Deschidere la încărcări din vânt, $a(v)$ [9] - semisuma deschiderilor adiacente unui stâlp. De mărimea acestei deschideri depind încărcările orizontale care acționează asupra stâlpului, provenite din presiunea vântului pe conductoare; se determină astfel încât la încărcări orizontale efortul admisibil în stâlp să nu fie depășit.

2.41. Denivelare, $h(i)$ [9] - distanță măsurată pe verticală între punctele de prindere ale conductorului la doi stâlpi consecutivi.

2.42. Săgeata conductorului într-un anumit punct [9] - distanța măsurată pe verticală între punctul respectiv de pe curba conductorului și dreapta care unește cele două puncte de susținere ale conductorului. În funcție de condițiile climato-meteorologice existente la un moment dat, săgeata conductorului într-un anumit punct poate avea diferite valori. Cea mai mare săgeată a conductorului se consideră practic, la mijlocul deschiderii.

2.43. Panou pentru întinderea conductorului de protecție principal - porțiunea de linie de contact compusă din una sau mai multe deschideri, cuprinsă între doi stâlpi consecutivi de ancorare a conductorului de protecție principal.

2.44. Regim normal de funcționare al unei LCA [9] - regim în care linia de contact aeriană în ansamblu și elementele sale componente, fără a fi afectate prin ruperi, deformări, etc. se găsesc în stare de funcționare.

2.45. Regim de avarie al unei LCA [9] - regim în care apar deformări ale elementelor componente, ruperi sau topiri ale conductoarelor, ruperi de izolatoare, cleme și armături, ruperea sau pierderea stabilității stâlpilor sau fundațiilor etc., urmate în general de întreruperea funcționării LCA. Regimul de avarie al unei LCA, considerat ca ipoteză de calcul, este regimul în care izolatoarele și lanțurile de izolatoare, stâlpii și fundațiile LCA sunt solicitate în mod diferit de regimul normal de funcționare în urma rupei conductoarelor sau izolatoarelor.

2.46. Rezistența mecanică normată și sarcina mecanică normată [9] - valorile acestor mărimi care se realizează cu o certitudine de cel puțin 95%. Sunt stabilite statistic ca valori caracteristice normate, corespunzătoare unui coeficient de variație normat, care are o valoare reprezentativă pentru calitatea de ansamblu a producției, în perioada respectivă.

2.47. Rezistența mecanică de calcul și sarcina mecanică de calcul [9] - valorile obținute prin împărțirea valorilor rezistenței mecanice normate, respectiv sarcinii mecanice normate la un coeficient de siguranță al materialului sau elementului constructiv respectiv.

Valorile rezistenței mecanice de calcul și ale sarcinii mecanice de calcul se realizează cu o asigurare de cel puțin 99,9%.

2.48. Încărcări normate [9] - valori extreme ale încărcărilor (maxime sau minime probabile), definite statistic, realizate cu o anumită probabilitate (95-97,5%).

2.49. Încărcări de calcul [9] - valori extreme ale încărcărilor, care se realizează cu o probabilitate de 99,9% și care se determină prin înmulțirea încărcărilor normate cu coeficienții parțiali de siguranță și cu cei de grupare a încărcărilor.

2.50. Denivelarea maximă admisibilă a punctelor de susținere ale conductorului de protecție principal într-o deschidere - valoarea maximă pe care o poate lua oricare din denivelările deschiderilor dintr-un panou de întindere a conductorului de protecție principal ($h(i)$), stabilită în funcție de declivitatea maximă a liniei de cale ferată precizată de [15].

Declivitatea căii ferate are următoarele valori maxime: 15‰ pentru zone cu profil accidentat; 4‰ pentru zone de șes.

De exemplu pentru o deschidere $a = 63$ m rezultă o denivelare maximă admisibilă:

$h(\max) = 0,945$ m pentru zone cu profil accidentat;

$h(\max) = 0,252$ m pentru zone de șes.

2.51. Siguranța în funcționare - este o rezultată a unui ansamblu de caracteristici, cum sunt: durabilitatea, fiabilitatea, mentenabilitatea, disponibilitatea.

3. CONDIȚII TEHNICE PENTRU CONDUCTORUL DE PROTECȚIE PRINCIPAL

3.1. Condiții climato-meteorologice

3.1.1. Factori climato-meteorologici

La proiectare și la lucrările de montare și de întreținere a liniei de contact aeriene este necesar să se țină seama de factorii principali climato-meteorologici: temperatura aerului, viteza vântului, depunerile de chiciură, precizați de [9], [11], [28]. Teritoriul României este împărțit în cinci zone meteorologice (A-E), care diferă din punct de vedere al intensității și al frecvenței de manifestare a acestor factori (vezi figura 3.1 reprodusă din [9]).

În anumite zone cu caracter local, în care se constată condiții meteorologice mai grele decât cele prevăzute în tabelul 3.1, se pot adopta valori mai mari. Aceste valori trebuie să fie justificate prin date statistice furnizate de Administrația Națională de Meteorologie - R.A., sau rezultate din statisticile de exploatare a liniilor de contact aeriene sau a liniilor aeriene de energie electrică sau de telecomunicații din zonele respective și să aibă frecvența de apariție de cel puțin o dată la zece ani.

3.1.1.1. În tabelul 3.1 din [9] sunt precizate presiunile dinamice de bază, date de vânt (corespunzătoare vitezei mediate pe două minute), la înălțimea de 10 m deasupra terenului și grosimea stratului de chiciură pe conductoarele LEA cu tensiuni nominale $U(n) \leq 110$ kV.

TABELUL 3.1

Presiunea dinamică de bază, dată de vânt (corespunzătoare vitezei mediate pe două minute) la înălțimea de 10 m deasupra terenului și grosimea stratului de chiciură pe conductoarele LEA, [9]

Zona meteo	Altitudinea [m]	Presiunea dinamică de bază [daN/m ²]		Grosimea stratului de chiciură în [mm] pentru $U(n) \leq 110$ kV
		Vânt maxim fără chiciură $p(v)$	Vânt simultan cu chiciură $p(v) + ch$	
A	≤ 800	30	12	16
B		42	16,8 (15) ³	22
C		55	20 (17) ³	
D ¹)				
E ²)	1000	40	16	

	1200	45	18	Grosimea stratului de chiciură se va stabili pe baza datelor statistice furnizate de Administrația Națională de Meteorologie - R.A., sau rezultate din statisticile de exploatare ale LEA din această zonă
	1400	65	26	
	1600	90	36	
	1800	110	44	
	2000	130	52	
	2200	150	60	
	2400	170	68	

¹⁾ Zonă meteorologică cu condiții deosebite de vânt, pentru care se vor cere date de la Administrația Națională de Meteorologie - R.A.

²⁾ În zone cu altitudini mai mici de 1400 m, presiunea dinamică de bază luată în considerare nu trebuie să aibă valori mai mici decât a zonelor limitrofe, cu altitudinea sub 800 m.

³⁾ Valorile dintre paranteze se referă la LEA de 20 kV.

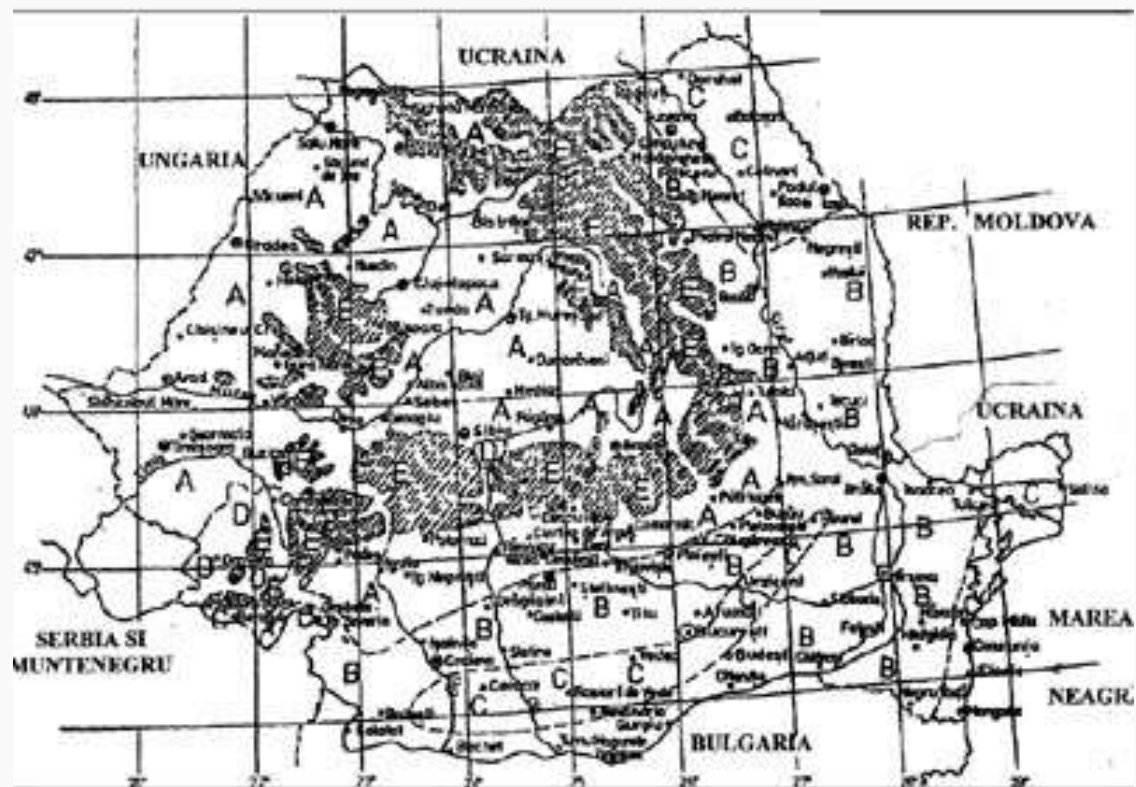


Figura 3.1

HARTA ROMÂNIEI - ZONAREA TERITORIULUI DIN PUNCT DE VEDERE AL
CONDIȚIILOR CLIMATO-METEOROLOGICE

Nota 1 : Greutatea volumică a chiciurei (γ_{ch}) se consideră egală cu $0,75 \text{ daN/dm}^3$.

În cazul în care se adoptă, în conformitate cu punctul 3.1.1, pentru zonele (A-D), grosimi ale stratului de chiciură depus pe conductoare mai mari decât cele specificate în tabelul 3.1 și mai mari de 30 mm pentru zona E, se poate micșora valoarea densității chiciurii până la cel mult 0,5 daN/dm³.

Nota 2 : Presiunile dinamice de bază ale vântului, prevăzute în tabelul 3.1, sunt determinate cu relația:

$$p = (V_{10})^2 / 16,3 \text{ [daN/m}^2\text{]},$$

unde: V_{10} este viteza vântului în m/s, mediată pe durata a 2 minute, la 10 m deasupra solului.

3.1.1.2. Valorile temperaturii aerului care se iau în considerare la calculele de proiectare pentru liniile de contact aeriene sunt precizate în tabelul 3.2, conform cu [9].

TABELUL 3.2

Zona meteorologică	Temperatura aerului [°C]			
	media maximelor anuale	media minimelor anuale	media mediilor anuale	media temperaturii de formare a chiciurii
Toată țara	40	-33	15	-5
Zone cu altitudini peste 800 m	40	-33	10	-5

3.1.1.3. Condițiile climatice sunt corespunzătoare clasei 4K2 din [8], [27]. Valoarea medie anuală a umidității absolute maxime este 25 g · m⁻³. Temperatura maximă (pentru care umiditatea relativă a aerului este ≥ 95%) are valoarea 27°C.

3.1.1.4. Radiația solară maximă se recomandă să aibă cel puțin valoarea indicată de [11].

3.1.1.5. Condițiile seismice vor fi corespunzătoare macrozonei de amplasare a conductorului de protecție principal, având valorile recomandate de [33].

3.1.2. Gruparea încărcărilor, [9]

Calculul mecanic al conductorului de protecție principal trebuie să ia în considerare următoarele grupări ale încărcărilor, datorate factorilor climato-meteorologici enumerați în tabelele 3.1 și 3.2, ca ipoteze de încărcare:

- a) temperatură minimă, fără vânt și fără chiciură;
- b) temperatură medie, fără vânt și fără chiciură;
- c) temperatură medie, viteza vântului de 10 m/s, fără chiciură;
- d) temperatură medie, viteza maximă a vântului, fără chiciură;
- e) temperatura maximă, fără vânt și fără chiciură;
- f) temperatura de formare a chiciurii și depuneri de chiciură pe conductorul de protecție principal, fără vânt;
- g) temperatura de formare a chiciurii, vânt simultan cu chiciură și depuneri de chiciură pe conductorul de protecție principal.

3.2. Condiții constructive, [9]

Pentru realizarea conductorului de protecție principal se va utiliza conductor funie fabricat cu fire componente din același material sau din materiale diferite. Condițiile constructive generale ale conductoarelor utilizate trebuie să fie cel puțin cele indicate în standardele: [1]-[6].

Sârmele de oțel folosite la realizarea conductoarelor de oțel sau de oțel-aluminiu vor fi protejate împotriva coroziunii cu un strat gros de zinc având caracteristicile cel puțin corespunzătoare clasei a doua de zincare, indicate în [4], [9].

3.3. Caracteristicile fizice ale conductoarelor utilizate la realizarea conductorului de protecție principal

3.3.1. Secțiunea reală a conductorului, [14]

Secțiunea reală (efectivă) a conductorului cu fire componente din același material S_c [mm²] este suma secțiunilor firelor din care este fabricat conductorul.

Secțiunea reală a conductorului cu fire componente din materiale diferite S_c [mm²] este suma secțiunilor reale pentru fiecare metal utilizat la fabricarea conductorului:

$$S_c = S(Al) + S(Al) \text{ [mm}^2\text{]}.$$

Secțiunile reale și materialele folosite pentru fabricarea conductorului de protecție principal vor fi stabilite în urma calculului privind regimul termic în condiții normale de exploatare și în regim de scurtcircuit (în locul cel mai dezavantajos din instalația de protecție din care face parte conductorul, având o durată determinată de valoarea maximă a timpului de declanșare prin protecția de rezervă) și în urma determinării potențialelor de calcul pe care le pot lua obiectele protejate față de șină în cazul acestor regimuri.

3.3.2. Modulul de elasticitate echivalent al conductorului de protecție principal cu fire componente din materiale diferite E_c , [14].

Se calculează cunoscând secțiunile reale și modulele de elasticitate ale celor două metale din care este alcătuit conductorul de protecție principal cu formula:

$$E_c = [E(Al) S(Al) + E(Ol) S(Ol)]/S_c \text{ [daN/mm}^2\text{]},$$

unde:

$E(Al)$ - modulul de elasticitate pentru aluminiu [daN/mm²];

$E(Ol)$ - modulul de elasticitate pentru oțel [daN/mm²].

3.3.3. Coeficientul de dilatare liniară a conductorului de protecție principal cu fire componente din materiale diferite $\alpha(c)$, [14].

Se calculează cunoscând coeficienții de dilatare liniară pentru cele două metale:

$$\alpha(c) = [\alpha(Al) E(Al) S(Al) + \alpha(Ol) E(Ol) S(Ol)]/[E(Al) S(Al) + E(Ol) S(Ol)] \text{ [1/}^\circ\text{C]},$$

unde:

$\alpha(Al)$ - coeficientul de dilatare liniară pentru aluminiu [1/°C];

$\alpha(Ol)$ - coeficientul de dilatare liniară pentru oțel [1/°C].

3.4. Cerințe privind siguranța în funcționare pentru conductorul de protecție principal

Indicatorii de fiabilitate ai conductorului de protecție principal sunt definiți și precizați de [20], [23], în funcție de natura materialelor din care este fabricat conductorul, considerând că el este un produs nereparabil.

3.4.1. Centila de ordin P a duratei de viață

a) Pentru conductor funie de aluminiu-oțel, maximum 5% din echipament se poate defecta în 60 ani;

b) Pentru conductor funie de oțel, maximum 5% din echipament se poate defecta în 20 ani.

3.4.2. Rata de defectare lambda sau fiabilitatea R(t)

a) Pentru conductor funie de aluminiu-oțel:

$\lambda \leq 0,083 \text{ an}^{-1}$ pe 100 km, pentru un nivel de încredere $\geq 0,8$;

$R(t) \geq 0,999$ la $t = 1$ an și nivel de încredere $\geq 0,8$.

b) Pentru conductor funie de oțel:

$\lambda \leq 0,25 \text{ an}^{-1}$ pe 100 km, pentru un nivel de încredere $\geq 0,8$;

$R(t) \geq 0,998$ la $t = 1$ an și nivel de încredere $\geq 0,8$.

3.5. Cleme și armături utilizate pentru prinderea conductorului de protecție principal

3.5.1. Condiții tehnice pentru dimensionarea clemelor și armăturilor utilizate pentru întinderea și suspendarea conductorului de protecție principal.

Clemele și armăturile utilizate pentru ancorarea, întinderea și susținerea conductorului de protecție principal pe stâlpii LCA se împart în două categorii:

a) cleme și armături de categoria A, care sunt supuse din punct de vedere termic, încălzirii datorită trecerii curentului electric, iar din punct de vedere mecanic supuse la tracțiune (de exemplu: clemele pentru înădădirea mecanică și clemele pentru întinderea conductorului de protecție principal); aceste cleme este necesar să aibă o sarcină de alunecare egală cu minimum 95% din valoarea sarcinii de rupere minime a conductorului de protecție principal [9];

b) cleme și armături de categoria B, care sunt supuse din punct de vedere termic încălzirii datorită trecerii curentului electric, iar din punct de vedere mecanic nefiind supuse la tracțiune (de exemplu: clemele pentru susținerea conductorului de protecție principal, cleme șa); aceste cleme se dimensionează din punct de vedere mecanic, pentru grupările fundamentală și specială de încărcări, astfel încât în ipoteza de încărcare maximă (-5°C , greutatea conductorului + vânt + depuneri de chiciură), forțele de calcul să fie mai mici sau cel mult egale cu sarcinile de calcul ale pieselor respective [9]. Sarcinile de calcul ale clemelor și armăturilor din această categorie se determină prin adoptarea unui procentaj de 50% din sarcina mecanică de rupere minimă a pieselor respective [9].

3.5.2. Protecția împotriva coroziunii.

Protecția împotriva coroziunii pentru clemele fabricate din oțel (exceptând clemele din oțel inoxidabil) se va realiza prin galvanizare la cald, recomandându-se prevederile din [22].

3.5.3. Cerințe privind siguranța în funcționare pentru clemele conductorului de protecție principal.

Siguranța în funcționare a clemelor și armăturilor pentru conductorul de protecție principal se apreciază pe baza indicatorilor de fiabilitate, cu valorile indicate în [20], [23], considerând că piesele respective sunt nereparabile:

- Centila de ordin P a duratei de viață: maxim 3% din cleme se pot defecta până la 25 ani;
- Rata de defectare: $\lambda \leq 0,0012 \text{ an}^{-1}$, pentru un nivel de încredere de minimum 0,8;

- Fiabilitatea: $R(t) \geq 0,998$, pentru $t = 1$ an, la un nivel de încredere de minimum 0,8.

3.5.4. Încercările clemelor și armăturilor de categoriile A și B este necesar să se efectueze cu respectarea prevederilor din [7].

4. DETERMINAREA ÎNCĂRCĂRILOR NORMATE ȘI A ÎNCĂRCĂRILOR DE CALCUL PENTRU CONDUCTORUL DE PROTECȚIE PRINCIPAL

4.1. Determinarea încărcărilor unitare

4.1.1. Încărcările unitare normate, [9]

Aceste încărcări se realizează cu o probabilitate de 95% și se compun din:

4.1.1.1. Încărcare unitară normată datorită greutatei conductorului

$$g(1,n) = g(c) \text{ [daN/m]},$$

unde $g(c)$ este greutatea proprie a conductorului.

4.1.1.2. Încărcarea unitară normată datorită chiciurei, calculată cu relația:

$$g(2,n) = \pi \cdot b \cdot (b + d(c)) \cdot \gamma(\text{ch})/1000 \text{ [daN/m]},$$

unde: $d(c)$ [mm] - diametrul conductorului neacoperit cu chiciură;

b [mm] - grosimea stratului de chiciură depusă pe conductor din tabelul 3.1;

$\gamma(\text{ch})$ [daN/dm³] - greutatea volumică a chiciurii are valoarea precizată de Nota 1 la punctul 3.1.1.1.

4.1.1.3. Încărcarea unitară normată datorită greutatei conductorului acoperit cu chiciură:

$$g(3,n) = g(1,n) + g(2,n) \text{ [daN/m]}.$$

4.1.1.4. Încărcările unitare normate datorită presiunii vântului se calculează în condițiile de la punctul 4.1.1.

4.1.1.4.1. Încărcarea unitară normată datorită vântului maxim fără chiciură:

$$g(4,n) = C(tc) \cdot \beta(c) \cdot p(v_{max}) \cdot d_c/1000 \text{ [daN/m]},$$

unde:

$C(tc) = 1,2$ coeficient aerodinamic pentru conductor cu diametrul mai mic de 20 mm, precizat în tabelul 4.1 [9];

$\beta(c) = 1,55$ este coeficientul de rafală și neuniformitate a vitezei vântului pentru deschideri cu lungimi mai mici de 100 m, la înălțimi mai mici de 10 m, precizat în [9];

$p(v_{max}) \text{ [daN/m}^2\text{]}$ - presiunea dinamică dată de regimul de vânt maxim în zona climatică (A, B, C, D) din tabelul 3.1.

TABELUL 4.1

Valorile coeficientului aerodinamic $C(tc)$ [9]

Specificația		$C(tc)$
Fără chiciură	Diametrul conductorului $\geq 20 \text{ [mm]}$	1,1
	Diametrul conductorului $< 20 \text{ [mm]}$	1,2
Cu chiciură, indiferent de diametrul conductorului		1,2

4.1.1.4.2. Încărcarea unitară normată datorită vântului și chiciurei în regim normal de funcționare:

$$g(5,n) = C(tc) \cdot \beta(c) \cdot p(v+ch) \cdot (d(c) + 2b)/1000 \text{ [daN/m]},$$

unde:

$p(v+ch) \text{ [daN/m}^2\text{]}$ - presiunea dinamică de bază dată de vânt simultan cu chiciură în zona climatică (A, B, C, D) precizată în tabelul 3.1;

$b \text{ [mm]}$ - grosimea stratului de chiciură depusă pe conductor;

$\beta(c)$ - coeficientul de rafală cu valoarea de la punctul 4.1.1.4.1;

$C(tc)$ - coeficientul aerodinamic cu valoarea de la punctul 4.1.1.4.1.

4.1.1.4.3. Încărcarea unitară normată datorită vântului și chiciurei în regim de avarie:

$$g(8,n) = \eta(a)/\eta(n) \cdot C(tc) \cdot \beta(c) \cdot p(v+ch) \cdot (d(c) + 2b)/1000 \text{ [daN/m]},$$

în care: $\eta(a)$, $\eta(n)$ sunt coeficienții parțiali de siguranță din tabelul 4.2 extras din [9].

4.1.1.5. Încărcări unitare normate cumulate

4.1.1.5.1. Încărcări unitare rezultate din acțiunea simultană a greutateii conductorului și a presiunii vântului pe conductor:

$$g(6,n) = \sqrt[2]{g_{1,n}^2 + g_{4,n}^2} \cdot \sqrt[2]{\beta} \cdot \sqrt[2]{\eta} \cdot \sqrt[2]{C} \cdot \sqrt[2]{p} \cdot \sqrt[2]{(d+2b)/1000} \text{ [daN/m]}.$$

4.1.1.5.2. Încărcări unitare rezultate din acțiunea simultană a greutateii conductorului acoperit cu chiciură și a presiunii vântului pe conductor, în regim normal de funcționare:

$$g(7,n) = \sqrt[2]{g_{3,n}^2 + g_{5,n}^2} \cdot \sqrt[2]{\beta} \cdot \sqrt[2]{\eta} \cdot \sqrt[2]{C} \cdot \sqrt[2]{p} \cdot \sqrt[2]{(d+2b)/1000} \text{ [daN/m]}.$$

4.1.1.5.3. Încărcări unitare rezultate din acțiunea simultană a greutateii conductorului acoperit cu chiciură și a presiunii vântului pe conductor, în regim de avarie:

$$g(9,n) = \sqrt[2]{g_{3,n}^2 + g_{5,n}^2} \cdot \sqrt[2]{\beta} \cdot \sqrt[2]{\eta} \cdot \sqrt[2]{C} \cdot \sqrt[2]{p} \cdot \sqrt[2]{(d+2b)/1000} \text{ [daN/m]}.$$

$$\begin{matrix} \S & 3, n & 8, n \S \\ i & & \pm \end{matrix}$$

4.1.2. Încărcări unitare de calcul

Aceste încărcări se realizează cu o probabilitate de 99,9% și se obțin prin înmulțirea încărcărilor unitare normate cu coeficienții de siguranță prescriși în tabelul 4.2.

4.1.2.1. Încărcare unitară de calcul datorită greutatei conductorului:

$$g(1,c) = 1,1 g(c) \text{ [daN/m]},$$

unde $g(c)$ este greutatea unitară a conductorului.

4.1.2.2. Încărcare unitară de calcul datorită chiciurii:

$$g(2,c) = 1,8 \S g(2,n) \text{ [daN/m]}.$$

TABELUL 4.2

Coeficienții parțiali de siguranță pentru LCA 25 kV, 50 Hz, [9]

Categoría de Încărcări	Încărcări	eta(n)		eta(a)	
		Zonele A,B,C	Zonele D,E	Zonele A,B,C	Zonele D,E
Permanente	Masa proprie (stâlpi, cabluri, conductoare, izolatoare)	1,1		1,1	
Variabile	Presiunea vântului	1,3	1,5	0,25	0,45
	Masa chiciurei (pe izolatoare, conductoare active și de protecție, stâlpi, etc.)	1,8		1,8	
	Tracțiunea conductoarelor în regim normal de funcționare (pentru calculul stâlpilor)	1,3		-	

Excepționale	Tracțiunea conductoarelor în regim de avarie (pentru calculul stâlpilor)	-	1,1
Regim de montaj	Încărcări rezultate din schema de montaj	1,1	-

4.1.2.3. Încărcarea unitară de calcul datorită greutateii conductorului acoperit cu chiciură:

$$g(3,c) = g(1,c) + g(2,c) \text{ [daN/m]}.$$

4.1.2.4. Încărcarea unitară de calcul datorită presiunii vântului, [9]

4.1.2.4.1. Încărcarea unitară de calcul datorită vântului maxim, fără chiciură:

$$g(4,c) = \eta(n) \text{ și } g(4,n) \text{ [daN/m]},$$

unde: $\eta(n)$ - coeficient parțial de siguranță pentru regim normal precizat în tabelul 4.2.

4.1.2.4.2. Încărcarea unitară de calcul datorită vântului și chiciurei în regim normal de funcționare se calculează cu relația:

$$g(5,c) = \eta(n) \text{ și } g(5,n) \text{ [daN/m]},$$

unde: $\eta(n)$ - coeficient parțial de siguranță pentru regim normal precizat în tabelul 4.2.

4.1.2.4.3. Încărcarea unitară de calcul datorită vântului și chiciurei în regim de avarie:

$$g(8,c) = \eta(a) \text{ și } g(5,n) \text{ [daN/m]},$$

în care: $\eta(a)$ - este coeficientul parțial de siguranță pentru regim de avarie din tabelul 4.2.

4.1.2.5. Încărcări unitare de calcul cumulate

4.1.2.5.1. Încărcarea rezultată din acțiunea simultană a greutateii conductorului și a presiunii vântului pe conductor se calculează cu relația:

$$g(6,c) = \sqrt[2]{\frac{g(1,c)}{i}} + \sqrt[2]{\frac{g(2,c)}{4,c}} \quad [\text{daN/m}].$$

4.1.2.5.2. Încărcări rezultate din acțiunea simultană a greutateii conductorului acoperit cu chiciură și a presiunii vântului pe conductor, în regim normal de funcționare:

$$g(7,c) = \sqrt[2]{\frac{g(1,c)}{i}} + \sqrt[2]{\frac{g(2,c)}{4,c}} \quad [\text{daN/m}].$$

4.1.2.5.3. Încărcări rezultate din acțiunea simultană a greutateii conductorului acoperit cu chiciură și a presiunii vântului pe conductor, în regim de avarie:

$$g(9,c) = \sqrt[2]{\frac{g(1,c)}{i}} + \sqrt[2]{\frac{g(2,c)}{4,c}} \quad [\text{daN/m}].$$

4.2. Determinarea încărcărilor specifice, [9]

Încărcările specifice, normate și de calcul, se obțin din încărcările unitare, normate și de calcul, împărțite la secțiunea reală a conductorului.

4.2.1. Încărcările specifice normate

4.2.1.1. Pentru gruparea fundamentală de încărcări normate (regim normal de funcționare):

$$\begin{aligned} \gamma(1,n) &= g(1,n)/S_c \quad [\text{daN/m/mm}^2], \\ \gamma(2,n) &= g(2,n)/S_c \quad [\text{daN/m/mm}^2], \\ \gamma(3,n) &= g(3,n)/S_c \quad [\text{daN/m/mm}^2], \\ \gamma(4,n) &= g(4,n)/S_c \quad [\text{daN/m/mm}^2], \\ \gamma(5,n) &= g(5,n)/S_c \quad [\text{daN/m/mm}^2], \\ \gamma(6,n) &= g(6,n)/S_c \quad [\text{daN/m/mm}^2], \\ \gamma(7,n) &= g(7,n)/S_c \quad [\text{daN/m/mm}^2], \\ \gamma(8,n) &= g(8,n)/S_c \quad [\text{daN/m/mm}^2], \end{aligned}$$

în care, $Sc[mm^2]$ reprezintă secțiunea reală a conductorului funie definită la 2.28.

4.2.1.2. Pentru gruparea specială de încărcări normate (regim de avarie):

$$\gamma(9,n) = g(9,n)/Sc \text{ [daN/m/mm}^2\text{]},$$

4.2.2. Încărcările specifice de calcul

4.2.2.1. Pentru gruparea fundamentală de încărcări de calcul (regim normal de funcționare):

$$\begin{aligned}\gamma(1,c) &= g(1,c)/Sc \text{ [daN/m/mm}^2\text{]}, \\ \gamma(2,c) &= g(2,c)/Sc \text{ [daN/m/mm}^2\text{]}, \\ \gamma(3,c) &= g(3,c)/Sc \text{ [daN/m/mm}^2\text{]}, \\ \gamma(4,c) &= g(4,c)/Sc \text{ [daN/m/mm}^2\text{]}, \\ \gamma(5,c) &= g(5,c)/Sc \text{ [daN/m/mm}^2\text{]}, \\ \gamma(6,c) &= g(6,c)/Sc \text{ [daN/m/mm}^2\text{]}, \\ \gamma(7,c) &= g(7,c)/Sc \text{ [daN/m/mm}^2\text{]}, \\ \gamma(8,c) &= g(8,c)/Sc \text{ [daN/m/mm}^2\text{]},\end{aligned}$$

4.2.2.2. Pentru gruparea specială de încărcări de calcul (regim de avarie):

$$\gamma(9,c) = g(9,c)/Sc \text{ [daN/m/mm}^2\text{]},$$

4.3. Determinarea încărcărilor normate și de calcul asupra stâlpului LCA, [9]

4.3.1. Încărcări orizontale provenite din acțiunea vântului pe conductorul de protecție principal.

4.3.1.1. Încărcări rezultate din acțiunea vântului maxim pe conductorul de protecție principal.

Pentru stâlpul cu numărul «i» se calculează:

$$\begin{aligned}F(4,n,i) &= g(4,n) \cdot a(v,i) \cdot \sin^2 \cdot \text{[daN]} \text{ încărcare normată,} \\ F(4,c,i) &= g(4,c) \cdot a(v,i) \cdot \sin^2 \cdot \text{[daN]} \text{ încărcare de calcul,}\end{aligned}$$

unde:

$g(4,n)$, $g(4,c)$ [daN/m] - încărcările unitare normate și de calcul pentru conductorul de protecție principal supus la acțiunea vântului maxim, calculate la punctele 4.1.1, 4.1.2;

$a(v,i)$ - deschiderea la încărcări din vânt pentru stâlpul «i», calculată cu relația:

$$a(v,i) = [a(i-1) + a(i)]/2 \text{ [m]},$$

unde:

$a(i-1)$; $a(i)$ [m] - deschiderile adiacente stâlpului «i»;

Φ [radian] - unghiul dintre direcția vântului și axa LCA.

4.3.1.2. Încărcări rezultate din acțiunea vântului pe conductorul de protecție principal acoperit cu chiciură:

$F(5,n,i) = g(5,n) \cdot a(v,i) \cdot \sin^2 \Phi$ [daN] încărcare normată,

$F(5,c,i) = g(5,c) \cdot a(v,i) \cdot \sin^2 \Phi$ [daN] încărcare de calcul,

unde:

$g(5,n)$, $g(5,c)$ [daN/m] - încărcările unitare normate și de calcul pentru conductorul de protecție principal acoperit cu chiciură supus la acțiunea vântului, calculate la punctele 4.1.1, 4.1.2;

$a(v,i)$ [m] - deschiderea la încărcări din vânt pentru stâlpul «i», calculată conform punctului 4.3.1.1;

Φ [radian] - unghiul dintre direcția vântului și axa LCA.

4.3.2. Încărcări verticale provenite din greutatea conductorului de protecție principal

4.3.2.1. Încărcări verticale provenite din greutatea conductorului de protecție principal la temperatură medie

Pentru stâlpul cu numărul "i":

$G(1,n,i) = g(1,n) \cdot a(g,i)$ [daN] încărcare normată,

$G(1,c,i) = g(1,c) \cdot a(g,i)$ [daN] încărcare de calcul,

unde:

$g(1,n)$, $g(1,c)$ [daN/m] - încărcările unitare normate și de calcul provenite din greutatea conductorului de protecție principal, calculate la punctele 4.1.1, 4.1.2;

$a(g,i)$ [m] - deschiderea la încărcări verticale pentru stâlpul «i»; se calculează pe baza absciselor punctelor de minim ale curbelor conductorului în deschiderile «i-1», «i» adiacente stâlpului, notate cu $x(2,i-1)$ respectiv $x(1,i)$, calculate cu relațiile de la punctul 5.9, pentru încărcarea specifică normată datorită greutateii conductorului:

$$a(g,i) = |x(2,i-1)| + |x(1,i)|.$$

4.3.2.2. Încărcări verticale provenite din greutatea conductorului de protecție principal acoperit cu chiciură:

$$\begin{aligned} G(3,n,i) &= g(3,n) \text{ \& } a(g,i) \text{ [daN] încărcare normată,} \\ G(3,c,i) &= g(3,c) \text{ \& } a(g,i) \text{ [daN] încărcare de calcul,} \end{aligned}$$

unde:

$g(3,n)$, $g(3,c)$ [daN/m] - încărcările unitare normate și de calcul pentru conductorul de protecție principal acoperit cu chiciură, calculate la punctele 4.1.1, 4.1.2;

$a(3,g,i)$ [m] - deschiderea la încărcări verticale pentru stâlpul «i»; se calculează pe baza absciselor punctelor de minim ale curbelor conductorului în deschiderile «i-1», «i» adiacente stâlpului, notate cu $x(2,i-1)$ respectiv $x(1,i)$, calculate cu relațiile de la punctul 5.9, pentru încărcarea specifică normată datorită greutateii conductorului acoperit cu chiciură:

$$a(3,g,i) = |x(2,i-1)| + |x(1,i)|$$

5. DETERMINAREA TRACȚIUNILOR ȘI SĂGEȚILOR CONDUCTORULUI DE PROTECȚIE PRINCIPAL (metoda de verificare la stări limită)

5.1. Ipoteze de calcul

În calculele pentru determinarea tracțiunilor și săgeților în conductorul de protecție principal se fac următoarele ipoteze:

a) Conductorul de protecție principal este considerat fix în punctele de susținere și supus schimbărilor mediului exterior. Variațiile lungimii conductorului la variația factorilor climatici determină variația eforturilor în conductor. Tracțiunile maxime

pot să apară în conductor fie la temperaturi foarte scăzute (vezi 3.1.2 a), fie la suprasarcini mari (vezi 3.1.2 g). În calculul mecanic al conductorului se adoptă drept condiții inițiale eforturile maxime admisibile pe care trebuie să le suporte conductorul în condițiile cele mai defavorabile;

b) Se consideră că deschiderile cuprinse într-un panou de întindere sunt denivelate și inegale, iar variațiile parametrilor mediului ambiant sunt aceleași în toate deschiderile panoului;

c) Rezistența de rupere calculată a conductorului $p(rc)$ se determină cu relația:

$$p(rc) = 0,95 \sigma(r)/S(c) \text{ [daN/mm}^2\text{]},$$

unde:

$\sigma(r)$ [daN] - forța de rupere calculată a conductorului,

$S(c)$ [mm²] - secțiunea reală (efectivă) a conductorului;

d) Pentru calculul mecanic al conductorului de protecție principal este necesar să se efectueze determinarea încărcărilor normate și a încărcărilor de calcul ținând seama de condițiile climato-meteorologice ale zonei traversate de linia de contact aeriană (temperatura aerului, viteza vântului, depuneri de chiciură) [9];

e) În urma calculului mecanic se consideră că un conductor este bine ales și întins corespunzător dacă sarcina mecanică de calcul și rezistență mecanică de calcul (definite la 2.47), în toate stările de funcționare, în punctele de prindere a conductorului în cleme, nu sunt depășite cu mai mult de 5%;

f) Încărcările normate ale conductorului de protecție principal sunt valori extreme ale încărcărilor, definite statistic, realizate cu o probabilitate de 95%;

g) Încărcările de calcul ale conductorului de protecție principal sunt valorile extreme ale încărcărilor care se realizează cu o probabilitate de 99,9%, care se determină prin înmulțirea încărcărilor normate cu coeficientul parțial de siguranță și cu cel de grupare a încărcărilor precizați de [9];

h) Săgețile maxime se calculează pe baza încărcărilor normate, în ipoteza temperaturii maxime (vezi 3.1.2 e), și în ipoteza de suprasarcină maximă (vezi 3.1.2 g), cu următoarele precizări:

- vântul acționează perpendicular pe conductorul de protecție principal;

- coeficientul de rafală și de neuniformitate a vântului pe conductor: $\beta(c) = 1,55$ s-a determinat conform [9] pentru înălțimea medie de suspensie a conductorului de protecție principal față de sol: $H = 10$ m, pentru deschideri mai mici de 100 m;

i) La calculul curbelor utilizate la amplasarea stâlpilor pe profilul căii ferate, în faza de proiectare, se va considera starea finală a tracțiunilor și săgeților conductoarelor. Ca stare finală se va lua starea existentă după 10 ani de funcționare, ținând seama de fluaj;

j) La calculul săgeților de montaj ale conductorului de protecție principal se va considera starea inițială, ca stare dinaintea apariției fenomenului de fluaj. Tracțiunile și săgețile conductorului de protecție principal se calculează pentru această stare plecând de la valorile maxime ale rezistențelor de calcul indicate la punctul 5.2.

5.2. Verificarea comportării conductorului de protecție principal la stări limită (critice) [9]

Se verifică comportarea conductorului de protecție principal în următoarele stări limită care pot da eforturi și/sau săgeți maxime:

Starea 1 - starea de suprasarcină maximă (determinată de greutatea conductorului și de vânt simultan cu chiciură, la temperatura $T_1 = -5^\circ\text{C}$, conform coloanei 4 din tabelul 3.2); valoarea maximă a rezistenței mecanice de calcul pentru această stare va fi:

$$p_1 = p(\max) (-5^\circ\text{C} + \text{conductor} + \text{chiciură} + \text{vânt}) = 0,7 p(\text{rc}) [\text{daN/mm}^2],$$

unde: $p(\text{rc})$ este rezistența de rupere calculată a conductorului (vezi punctul 5.1 c);

Starea 2 - starea de temperatură minimă (determinată de greutatea conductorului la temperatura $T_2 = -33^\circ\text{C}$, conform coloanei 2 din tabelul 3.2). Valoarea maximă a rezistenței mecanice de calcul pentru această stare va fi:

$$p_2 = p(\max) (-33^\circ\text{C} + \text{conductor}) = 0,5 p(\text{rc}) [\text{daN/mm}^2];$$

Starea 3 - starea de solicitare în regim de temperatură medie fără vânt și fără chiciură. Aceasta este starea de solicitare zilnică determinată de greutatea conductorului la temperatura T_3 , conform coloanei 3 din tabelul 3.2, pentru care valoarea maximă a rezistenței mecanice de calcul va fi:

$$p_3 = p(\max) (+15^\circ\text{C} + \text{conductor}) = 0,25 p(\text{rc}) [\text{daN/mm}^2].$$

Valorile maxime ale rezistenței mecanice de calcul pentru cele trei stări de mai sus sunt precizate în [9] pentru conductoare cu fire componente din același material și pentru conductoare cu fire din materiale diferite, în deschideri cu lungimi mai mici de 120 m. Valorile rezistenței și sarcinii mecanice de calcul se realizează cu un coeficient de încredere de 99,9%.

NOTĂ: Se pot adopta valori mai mici pentru rezistențele mecanice maxime de calcul la cele trei stări de mai sus, cu condiția ca săgețile rezultate să asigure distanța minimă a conductorului de protecție principal față de sol și față de conductoarele active ale LCA.

5.3. Ecuația de stare

Ecuația care leagă valorile eforturilor în două stări de solicitare a conductorului pentru un panou având deschideri inegale, cu denivelări este:

$$u\psi p(\theta, n) - [a(\text{med}) \gamma(n) / p(\theta, n)]^2 \cdot E(c) / 24 = u\psi p(\theta, m) - [a(\text{med}) \gamma(m, c) / p(\theta, m)]^2 \cdot E(c) / 24 - \alpha(c) \cdot E(c) \cdot [T(n) - T(m)]$$

În care se folosesc indicii:

n - pentru mărimile care se referă la starea pentru care se calculează tracțiunea specifică normată la o valoare a temperaturii $T(n)$ aparține interval $[-33 \text{ la } +40]^\circ\text{C}$;

m - pentru mărimile care se referă la starea de referință;

și următoarele notații:

$E(c)$ $[\text{daN/mm}^2]$ - modulul de elasticitate al conductorului;

$\alpha(c)$ $[\text{}^\circ\text{C}^{-1}]$ - coeficientul de dilatare liniară al conductorului;

$a(i)$ $[\text{m}]$ - deschiderea "i";

$\Phi(i)$ $[\text{radian}]$ - unghiul de pantă al deschiderii "i";

$h(i)$ $[\text{m}]$ - denivelarea deschiderii "i";

$\gamma(m, c)$ $[\text{daN/m/mm}^2]$ - încărcarea specifică de calcul a conductorului la starea de referință;

$p(0, m)$ $[\text{daN/mm}^2]$ - componenta orizontală a tracțiunii specifice de calcul la starea "m";

$T(m)$ $[\text{}^\circ\text{C}]$ - temperatura stării de referință "m";

$p(0,n)$ [daN/mm²] - componenta orizontală a tracțiunii specifice normate la starea "n", care urmează să se determine;
 $\gamma(n)$ [daN/m/mm²] - încărcarea specifică normată a conductorului la starea pentru care se calculează $p(0,n)$;
 $T(n)$ [°C] - temperatura stării pentru care se determină $p(0,n)$ cu valori cuprinse între -33 și +40°C;
 $a(\text{med})$ [m] - deschiderea medie pentru un panou cu "N" deschideri reale inegale $a(i)$, cu unghiuri de pantă $\Phi(i)$, $i = 1, \dots, N$ este calculată cu relația:

$$a(\text{med}) = [(a_1^3 \cos^3 \Phi_1 + \dots + a_N^3 \cos^3 \Phi_N) / (a_1 + \dots + a_N)]^{0,5} \text{ [m];}$$

u - factorul de denivelare al panoului este calculat cu relația:

$$u = [a_1 (1 + (h_1/a_1)^2/2) + \dots + a_N (1 + (h_N/a_N)^2/2)] / (a_1 + \dots + a_N)$$

5.4. Deschiderea critică

Deschiderea critică este acea valoare a deschiderii "a" pentru care influența temperaturii este egală cu influența sarcinii asupra efortului conductorului.

În calculele mecanice se va adopta în mod obișnuit ca regim inițial acela care este caracterizat la solicitarea maximă și care va fi cel mult egală cu solicitarea admisibilă de calcul.

Stabilirea regimului inițial între două stări limită se efectuează în funcție de: deschiderea, temperatura, încărcarea cu suprasarcini, valoarea rezistenței admisibile de calcul în conductorul de protecție principal.

Gruparea stărilor la scrierea ecuațiilor de stare pentru conductorul de protecție principal este următoarea:

- pentru conductor cu fire componente din același material stările 1 și 2 menționate la punctul 5.2;
- pentru conductor cu fire componente din materiale diferite stările 1 și 2; 1 și 3; 2 și 3, menționate la punctul 5.2.

5.4.1. Determinarea deschiderii critice se efectuează pentru fiecare grup de stări folosind formulele următoare:

$$a_{(cr1-2)} = \sqrt[0,5]{\frac{24 \cdot [p_1 - p_2 + \alpha(c) \cdot E(c) \cdot (T_1 - T_2)]}{E(c) \cdot ((\gamma(7,c)/p_1)^2 - (\gamma(1,c)/p_2)^2)}} \text{ [m]},$$

$$a(cr1-3) = \sqrt[5]{24 \cdot [p_1 - p_3 + \alpha(c) \cdot E(c) \cdot (T_1 - T_3)] / [E(c) \cdot ((\gamma(7,c)/p_1)^2 - (\gamma(1,c)/p_3)^2)]} \cdot i$$

$$a(cr2-3) = \sqrt[5]{24 \cdot [p_2 - p_3 + \alpha(c) \cdot E(c) \cdot (T_2 - T_3)] / [E(c) \cdot ((\gamma(1,c)/p_2)^2 - (\gamma(1,c)/p_3)^2)]} \cdot i$$

unde: p_1, p_2, p_3 și T_1, T_2, T_3 sunt valorile maxime ale rezistențelor mecanice de calcul respectiv valorile temperaturilor la stările 1, 2 și 3 definite la 5.2.

NOTĂ:

- Pentru conductor de protecție principal cu fire componente din același material se calculează doar $a(cr1-2)$;
- Pentru conductor de protecție principal cu fire componente din materiale diferite (de exemplu AI-OL) se calculează $a(cr1-2), a(cr1-3), a(cr2-3)$.

5.4.2. Stabilirea regimului inițial se efectuează ținând seama de următorii parametri: deschiderea, temperatura mediului ambiant, încărcarea cu suprasarcini, valoarea maximă admisibilă de calcul a efortului în conductorul de protecție principal.

Pentru conductorul de protecție principal cu fire componente din același material regimul inițial se determină aplicând următoarea regulă:

- dacă $a(\text{med}) < a(cr1-2)$, regimul inițial este cel de temperatură minimă (starea 2);
- dacă $a(\text{med}) > a(cr1-2)$, regimul inițial este cel de sarcină maximă (starea 1).

Pentru conductorul de protecție principal cu fire componente din materiale diferite regimul inițial se determină utilizând următoarea regulă:

- dacă $a(\text{med}) < a(cr1-2)$ regimul inițial este cel de temperatură minimă (starea 2);
- dacă $a(\text{med}) > a(cr2-3)$ regimul inițial este cel de suprasarcină maximă (starea 1);
- dacă $a(cr1-2) < a(\text{med}) < a(cr2-3)$ regimul inițial este cel de temperatură medie (starea 3).

5.5. Sarcina relativă critică pentru conductorul de protecție principal cu fire componente din materiale diferite este sarcina relativă la care deschiderile critice calculate cu formulele de la punctul 5.4 sunt egale:

$$a(\text{cr1-2}) = a(\text{cr1-3}) = a(\text{cr2-3}).$$

Sarcina relativă critică permite să se stabilească starea la care se dimensionează conductorul, se va nota cu $q(\text{cr})$ și se va calcula cu formula din [14]:

$$q(\text{cr}) = (p_1/p_2) \cdot [(A \cdot E(c) \cdot \alpha(c) + B) / (E(c) \cdot \alpha(c) \cdot (T_3 - T_2) + p_3 - p_2)]^{0,5},$$

unde s-au notat:

$$A = T_3 - T_1 + p_2/p_3 \cdot (T_1 - T_2),$$

$$B = p_3 - p_1 + (p_2/p_3)^2 \cdot (p_1 - p_2).$$

NOTĂ: Sarcina relativă critică se calculează doar pentru conductorul cu fire componente din materiale diferite.

TABELUL 5.1

Stabilirea stării de dimensionare a conductorului de protecție principal
cu fire componente din materiale diferite

Sarcina relativă	Deschiderea medie $a(\text{med})$		Starea care dimensionează	
			P	T[°C]
$q > q(\text{cr})$	$a(\text{med}) < a(\text{cr1-2})$		p_2	-33
	$a(\text{med}) > a(\text{cr1-2})$		p_1	-5
$q < q(\text{cr})$ sau $q(\text{cr}) = \text{imaginar}$	$a(\text{med}) < a(\text{cr1-2})$	$a(\text{cr2-3}) = \text{imaginar}$	p_3	+15
	$a(\text{med}) < a(\text{cr1-2})$	$a(\text{cr2-3}) > 0$	p_2	-33
		$a(\text{med}) > a(\text{cr2-3})$	p_3	+15
	$a(\text{med}) > a(\text{cr1-2})$	$a(\text{cr1-3}) = \text{imaginar}$	p_3	+15

	$a(\text{med}) > a(\text{cr1-2})$	$a(\text{cr1-3}) > 0$	$a(\text{med}) < a(\text{cr1-3})$	p_3	+15
			$a(\text{med}) > a(\text{cr1-3})$	p_1	-5

5.6. Determinarea stării care dimensionează conductorul de protecție principal

5.6.1. Stabilirea stării de dimensionare a conductorului cu fire componente din același material se efectuează astfel:

- dacă $a(\text{med}) < a(\text{cr1-2})$ starea care dimensionează este starea 2;
- dacă $a(\text{med}) > a(\text{cr1-2})$ starea care dimensionează este starea 1.

5.6.2. Stabilirea stării de dimensionare a conductorului cu fire componente din materiale diferite se efectuează conform tabelului 5.1, în funcție de relația între sarcina relativă și sarcina relativă critică precum și funcție de relația dintre deschiderea medie și deschiderile critice.

Se notează cu q sarcina relativă: $q = \gamma(7,c)/\gamma(1,c)$.

5.7. Calculul tracțiunii orizontale la starea care dimensionează

La starea care dimensionează determinată la punctul 5.6 se calculează tracțiunea orizontală pentru fiecare deschidere $a(i)$ din panou, ținând seama de denivelarea respectivă $h(i)$ și de unghiul de pantă, folosind următoarea ecuație dată în [14]:

$$p^2(0,m) + p(0,m) \leq [0,5 \leq h(i) \leq \gamma(m,c) - p(m)] \leq \cos\phi(i) + 0,125 \leq [a(i) \leq \gamma(m,c)]^2 = 0,$$

unde:

m - indice care reprezintă una din stările 1, 2, 3 (starea care dimensionează conform tabelului 5.6);

$\gamma(m,c)$ [daN/m/mm²] - încărcarea unitară specifică de calcul la starea "m" care dimensionează;

$p(m)$ [daN/mm²] - efortul maxim admis în conductor pentru starea care dimensionează;

$p(0,m)$ [daN/mm²] - efortul de tracțiune orizontală la starea m;

$a(i)$ [m] - deschiderea "i";

$h(i)$ [m] - denivelarea deschiderii "i";

$\Phi(i)$ [°] - unghiul de pantă al deschiderii "i"; $\cos\Phi(i) = a(i)/[a(i)^2 + h(i)^2]^{0,5}$.

Dacă discriminantul ecuației are valoare negativă conductorul se rupe sub greutatea proprie, caz în care trebuie micșorată lungimea deschiderii sau trebuie ales un conductor mai rezistent.

Dacă discriminatul este pozitiv, soluția pozitivă cea mai mare este aleasă ca valoare a tracțiunii orizontale la starea care dimensionează. Valoarea acestei soluții este dată de relația:

$$p(0, m) = \frac{-[0,5sh(i) \cdot \gamma(m, c) - p(m)] \cos(i) \pm \sqrt{[0,5sh(i) \cdot \gamma(m, c) - p(m)]^2 \cos^2(i) - 0,5[a(i) \cdot \gamma(m, c)]^0}}{i}$$

După determinarea tracțiunii orizontale pentru fiecare deschidere din panou se stabilește valoarea minimă a tracțiunii orizontale pentru panoul respectiv care va fi notată cu $P_0 = [p(0, m)] \min$.

5.8. Determinarea tracțiunii orizontale normate

Determinarea tracțiunilor orizontale normate este necesară pentru calculul săgeților conductorului de protecție principal în deschiderile panoului în faza de montaj și pentru diverse stări critice.

Cu ajutorul ecuației de stare prezentată la punctul 5.3 se calculează tracțiunile orizontale normate pentru diferite temperaturi de montaj în intervalul $(-33 \text{ la } +40)^\circ\text{C}$ luând în considerare doar greutatea conductorului, precum și la stările: $(-5^\circ\text{C} + \text{conductor} + \text{chiciură})$, $(-5^\circ\text{C} + \text{conductor} + \text{chiciură} + \text{vânt})$, $(-5^\circ\text{C} + \text{conductor} + \text{chiciură} + \text{vânt} + \text{avarie})$, $(T(\text{med}) + \text{vânt maxim})$, ținând seama de P_0 determinat la 5.7.

Pentru deschiderea medie $a(\text{med})$ se scrie ecuația de stare cu variabila $p(0, n)$:

$$u \cdot p(0, n) - [a(\text{med}) \cdot \gamma(n) / p(0, n)]^2 \cdot E(c) / 24 = u \cdot P_0 - [a(\text{med}) \cdot \gamma(m, c) / P_0]^2 \cdot E(c) / 24 - \alpha(c) \cdot E(c) \cdot [T(n) - T(m)].$$

Aceasta conduce la ecuația de gradul 3:

$$Ap^3(0, n) + Bp^2(0, n) + Cp(0, n) + D = 0,$$

unde:

$p(0,n)$ [daN/mm²] - componenta orizontală a tracțiunii specifice normate la starea "n";

$A = u$;

$B = -u \cdot P_0 + [a(\text{med}) \cdot \gamma(m,c)/P_0]^2 \cdot E(c)/24 + \alpha(c) \cdot E(c) \cdot [T(n) - T(m)]$;

$C = 0$;

$D = - [a(\text{med}) \cdot \gamma(n)]^2 \cdot E(c)/24$.

Din considerente economice, dintre cele trei rădăcini ale ecuației de mai sus se reține, pentru $p(0,n)$, rădăcina reală pozitivă care are valoarea cea mai mare.

5.9. Determinarea punctului de minim al curbei conductorului de protecție principal într-o deschidere denivelată

În figura 5.1 s-au notat cu $A(x_1, y_1)$, $B(x_2, y_2)$, punctele de susținere într-o deschidere denivelată, care au coordonatele raportate la sistemul de coordonate xoy, cu axa ox aflată la distanța h_0 de punctul de minim M al curbei conductorului și axa oy trecând chiar prin punctul de minim.

Se observă că: $x_2 - x_1 = a$ [m] este deschiderea, iar $y_2 - y_1 = h$ [m] denivelarea deschiderii.

Ecuația curbei conductorului în sistemul de coordonate xoy este:

$$y = h_0 \pm \text{ch}(x/h_0) \text{ [m]},$$

unde: $h_0 = p(0n)/\gamma(n)$ [m] - înălțimea conductorului în origine;

$p(0n)$ [daN/mm²] - tracțiunea orizontală normată, determinată anterior;

$\gamma(n)$ [daN/m/mm²] - este încărcarea specifică normată;

$\text{ch } \alpha = (e^\alpha + e^{-\alpha})/2$, pentru argumentul α real.

Cu aceste notații coordonatele punctelor de susținere față de originea sistemului xoy sunt:

$x_1 = -0,5 a + 2h_0 \pm \ln(k + (k^2 + 1)^{0,5})$ [m]; $y_1 = h_0 \pm \text{ch}(x_1/h_0)$ [m], pentru punctul A,

$x_2 = 0,5 a + 2h_0 \pm \ln(k + (k^2 + 1)^{0,5})$ [m]; $y_2 = h_0 \pm \text{ch}(x_2/h_0)$ [m], pentru punctul B,

unde:

$k = 0,5 h/h_0 / \text{sh}(0,5a/h_0)$ factor adimensional, iar

$\text{sh } \alpha = (e^\alpha - e^{-\alpha})/2$, pentru argumentul α real.

5.10. Unghiul de cădere al conductorului de protecție principal din clemă

În figura 5.1 este prezentată o deschidere a LCA, în care conductorul de protecție principal este suspendat la cele două capete A, B prin cleme de susținere. Unghiurile $\text{PSI}(A)$, $\text{PSI}(B)$, determinate de tangentele la conductorul de protecție principal în punctele de susținere față de orizontalele în aceste puncte se numesc unghiurile de cădere a conductorului din cleme și se calculează pentru o deschidere cu următoarele formule:

$$\text{tg } \text{PSI}_1 = \text{sh}(x_1/h_0), \quad \text{tg } \text{PSI}_2 = \text{sh}(x_2/h_0),$$

5.11. Componenta verticală a tracțiunii normate în conductorul de protecție principal în punctele de susținere

Cunoscând coordonatele punctelor de susținere calculate la 5.9 se calculează componenta verticală a tracțiunii normate în conductor, în aceste puncte, cu relațiile:

$$p(v,n,1) = p(0,n) \text{sh}(x_1/h_0) \quad [\text{daN/mm}^2], \quad \text{în punctul } A(x_1, y_1);$$

$$p(v,n,2) = p(0,n) \text{sh}(x_2/h_0) \quad [\text{daN/mm}^2], \quad \text{în punctul } B(x_2, y_2);$$

Tracțiunile normate în conductor în punctele de susținere A, B, tangente la curba conductorului în aceste puncte sunt:

$$\begin{aligned} p(n,1) &= [p(0,n)^2 + p(v,n,1)^2]^{0,5} \quad [\text{daN/mm}^2], \\ p(n,2) &= [p(0,n)^2 + p(v,n,2)^2]^{0,5} \quad [\text{daN/mm}^2], \end{aligned}$$

5.12. Calculul săgeții maxime a conductorului de protecție principal și coordonatele punctului de săgeată maximă într-o deschidere**5.12.1.** Conductor cu puncte de susținere la același nivel

În acest caz: $x_1 = x_2 = a/2$, $h = 0$, săgeata maximă se obține pentru abscisa $x(\text{max}) = 0$;

Săgeata maximă a conductorului cu puncte de susținere la același nivel se calculează cu formula:

$$f(\text{max}) = 2 \text{sh}(h_0) \text{sh}^2 [\text{gamma}(n) \text{sh}(a/4/p(0,n))] \quad [\text{m}],$$

sau cu formula aproximativă:

$$f(\max) = (a^2/8/h_0) \cdot (1 + (a/h_0)^2/48) \text{ [m]}, \text{ în care s-au notat:}$$

$p(0,n)$ [daN/mm²] - tracțiunea orizontală normală determinată anterior pentru starea la care se efectuează calculul săgeții;

$\gamma(n)$ [daN/m/mm²] - încărcarea specifică normală pentru starea la care se efectuează calculul săgeții;

h_0 [m] - înălțimea conductorului în origine având expresia de la punctul 5.9;

a [m] - lungimea deschiderii.

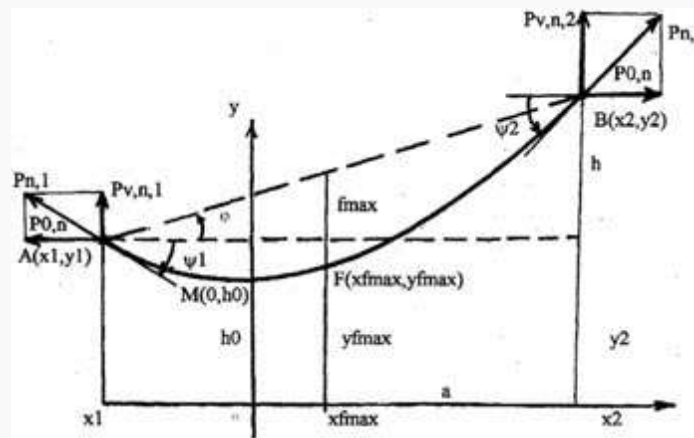


Figura 5.1

Deschiderea denivelată a conductorului colector

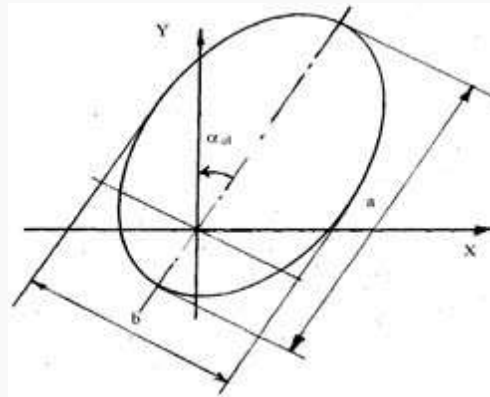


Figura 5.2

Locul geometric al unui punct de pe conductor în timpul galopării

5.12.2. Conductor cu puncte de susținere denivelate

Coordonatele punctului F (din figura 5.1), în care conductorul de protecție principal realizează o săgeată maximă în deschiderea denivelată (h diferit de 0) se determină exact cu formulele:

$$x(f_{\max}) = h_0 \cdot \ln [\operatorname{tg} \varphi + (1 + \operatorname{tg}^2 \varphi)^{0,5}] \text{ [m]}$$

pentru abscisa punctului de săgeată maximă,

$$y(f_{\max}) = h_0 \cdot \operatorname{ch} (x(f_{\max})/h_0) \text{ [m]}$$

pentru ordonata punctului de săgeată maximă

Valoarea maximă a săgeții în deschiderea denivelată este determinată exact cu formula:

$$f(\max) = h_0 [\operatorname{ch} (x_1/h_0) - \operatorname{ch} (x(f_{\max})/h_0)] + \operatorname{tg} \varphi (x(f_{\max}) - x_1) \text{ [m]},$$

unde: $\tan \Phi = h/a$ este tangenta unghiului de denivelare a deschiderii.

5.13. Verificarea calculului săgeții conductorului de protecție principal

Temperatura critică este temperatura la care săgeata conductorului neîncărcat este egală cu săgeata conductorului încărcat cu sarcina maximă, la temperatura corespunzătoare acestuia în regiunea considerată.

Determinarea temperaturii critice se efectuează cu formula:

$$T(cr) = T_1 + (p(-5^\circ\text{C} + \text{conductor} + \text{chiciură})/E(c)/\alpha(c)) (1 - \gamma(1,n)/\gamma(3,n)) \quad [^\circ\text{C}]$$

în care:

$T_1 = -5^\circ\text{C}$ - temperatura stării la care se formează chiciura;

$P(-5^\circ\text{C} + \text{conductor} + \text{chiciură})$ [daN/mm²] - tracțiunea orizontală normată determinată la punctul 5.8 pentru starea $(-5^\circ\text{C} + \text{conductor} + \text{chiciură})$;

$\gamma(1,n)$ [daN/m/mm²] - încărcarea specifică normată determinată doar de greutatea conductorului;

$\gamma(3,n)$ [daN/m/mm²] - încărcarea specifică normată determinată de greutatea conductorului și de depunerea de chiciură la -5°C ;

Dacă $T(cr) < 40^\circ\text{C}$ săgeata maximă apare în cazul temperaturii maxime $(+40^\circ\text{C})$;

Dacă $T(cr) > 40^\circ\text{C}$ săgeata maximă apare în cazul suprasarcinii maxime $(-5^\circ\text{C} + \text{conductor} + \text{chiciură})$.

5.14. Calculul lungimii conductorului de protecție principal

Ținând seama de notațiile de la punctul 5.9 se calculează lungimea conductorului într-o deschidere denivelată (h diferit de 0) cu formula exactă:

$$L = 2 \cdot h_0 \cdot \sinh(0,5 a/h_0) \cdot \cosh(0,5 (x_1 + x_2)/h_0) \quad [\text{m}],$$

unde: x_1, x_2 [m] - abscisele punctelor de susținere pentru deschiderea "a";

a [m] - deschiderea;

$h_0 = P(0,n)/\gamma(n)$ [m] - ordonata la originea sistemului de coordonate atașat deschiderii.

Acest calcul este necesar să se efectueze pentru fiecare deschidere din panou, calculându-se apoi lungimea totală a conductorului de protecție principal în panoul de întindere.

5.15. Calculul aproximativ al fluajului conductorului de protecție principal

Fluajul este o deformare plastică a conductoarelor care apare lent, în timp, sub acțiunea sarcinilor mecanice aplicate, sarcini care sunt inferioare limitei de curgere a materialului din care sunt fabricate conductoarele.

În general fluajul unui conductor al LCA depinde de materialul din care se fabrică conductorul, de tracțiunea ce se aplică, de timp și de temperatură.

Deoarece tracțiunea și temperatura variază în timp se va raporta fluajul conductorului de protecție principal la tracțiunea medie anuală și la temperatura medie anuală (precizată în tabelul 3.2).

O apreciere corectă a fluajului unui conductor se poate face doar în urma unor încercări în condiții de laborator asupra unor epruvete din conductorul respectiv (încercările se efectuează în condițiile precizate de [2]), rezultatele încercărilor fiind extrapolate pentru o durată de 10 ani.

În cazul conductoarelor cu fire componente din materiale diferite, de exemplu din oțel-aluminiu creșterea diferită a alungirilor de fluaj pentru cele două metale determină un transfer al eforturilor de la mantaua de aluminiu la inima de oțel.

Fluajul conductorului are ca efect o creștere în timp a săgeților conductorului în deschiderile panoului de întindere.

Pentru a se ține seama de fluajul conductorului de protecție principal se trage acest conductor la montaj, astfel, încât să fie satisfăcuți coeficienții de siguranță prescriși încă din faza inițială (la montaj).

Aceasta presupune ca la tragerea conductorului de protecție principal să se prevadă o rezervă față de distanța la sol prescrisă, rezervă care să acopere fluajul corespunzător pe o durată de 10 ani.

În calculele ce urmează se consideră ca stare finală starea conductorului de protecție principal la 10 ani de la montare.

Calculul lungimii și săgeții maxime a conductorului de protecție principal la starea inițială (temperatura medie din tabelul 3.2, încărcarea specifică normată $\gamma(1,n)$ determinată doar de greutatea specifică a conductorului gresat) se efectuează pentru tracțiunea orizontală normată $p(0,n)$ determinată la 5.8 pentru starea 3 și deschiderea $a(\text{med})$ folosind formulele de la punctul 5.12 și 5.14.

Vom nota:

L_1 [m] lungimea inițială a conductorului de protecție principal pentru deschiderea medie $a(\text{med})$, la temperatura medie;

$f(\text{max}1)$ [m] săgeata maximă inițială a conductorului de protecție principal pentru deschiderea medie $a(\text{med})$, la temperatura medie.

5.15.1. Lungimea conductorului de protecție principal după 10 ani de la montare, în deschiderea medie $a(\text{med})$, la temperatura medie (precizată conform tabelului 3.2) va fi:

$$L_{10} = L_1 [1 + K(f)] [m],$$

unde: $K(f)$ coeficient de fluaj dat de fabricantul conductorului (sau determinat experimental [2]).

5.15.2. Săgeata maximă a conductorului de protecție principal după 10 ani de la montare, în deschiderea $a(\text{med})$, la temperatura medie va fi determinată cu formula aproximativă:

$$f(\text{max}10) = [3 \text{ ș } a(\text{med}) (L_{10} - a(\text{med}))/8]^{0,5} [m].$$

5.15.3. Tracțiunea orizontală normată după 10 ani de la montare în deschiderea $a(\text{med})$, la temperatura medie se determină cu formula aproximativă:

$$p(0,n,10) = \text{gamma}(1,n) a^2 (\text{med})/8/f(\text{max}10) [\text{daN/mm}^2],$$

unde: $\text{gamma}(1,n)$ $[\text{daN/m/mm}^2]$ - încărcarea normată specifică dată de greutatea conductorului;

Fiind determinată $p(0,n,10)$ pentru $a(\text{med})$, se calculează:

a)- tracțiunile orizontale normate pentru celelalte stări: $(-33 \text{ la } +40^\circ\text{C} + \text{conductor}, -5^\circ\text{C} + \text{conductor} + \text{chiciură}, -5^\circ\text{C} + \text{conductor} + \text{chiciură} + \text{vânt})$ la o deschidere de lungime $a(\text{med})$, după 10 ani de la montaj, cu ecuația de stare de la punctul 5.3;

b)- săgețile maxime corespunzătoare în fiecare deschidere și în deschiderea medie, pentru fiecare stare, folosind rezultatele de la punctul a) și formulele de la punctele 5.9, 5.12;

c)- lungimile conductorului pentru fiecare stare și deschidere după 10 ani de la montaj.

5.16. Verificarea coeficienților de tracțiune ai clemelor pentru starea inițială și după fluaj

Clemele de tip A (supuse la tracțiune) [7], [9] trebuie să aibă o sarcină de alunecare $\geq 0,95$ din valoarea sarcinii de rupere minime a conductorului de protecție principal.

Coeficientul de tracțiune la starea "t" se calculează cu relația:

$$K(t,A) = p(\max,h,t) \cdot S_c / (0,95 \sigma(rc)),$$

unde:

S_c [mm²] - secțiunea reală a conductorului;

$\sigma(rc)$ [daN] - forța de rupere calculată a conductorului;

$p(\max,h,t)$ [daN/mm²] - tracțiunea orizontală maximă pe panou, la fiecare stare "t", determinată conform punctului 5.15.3 a).

Pentru cleme de tip B (nesupuse la tracțiune orizontală ci doar la încărcări verticale provenite din greutatea conductorului de protecție principal acoperit cu chiciură) [9], forțele de calcul este necesar să fie mai mici sau cel mult egale cu sarcina de calcul a clemei respective.

Sarcina de calcul a clemei de tip B este 50% din sarcina mecanică de rupere minimă a acesteia.

Coeficientul de tracțiune la starea "t" se calculează cu relația:

$$K(t,B) = p(\max,v,t) \cdot S(\text{clemă}) / (0,5 \sigma(r,\text{clemă})),$$

unde:

$S(\text{clemă})$ [mm²] - secțiunea reală a clemei;

$\sigma(r,\text{clemă})$ [daN] - sarcina mecanică de rupere minimă;

$p(\max,v,t)$ [daN/mm²] - tracțiunea verticală maximă pe panou la fiecare stare "t" determinată ca la punctul 4.3.2.2.

Dacă coeficienții de tracțiune sunt mai mari decât cei impuși, se schimbă conductorul sau se reia calculul săgeților conductorului de protecție principal cu o tracțiune de valoare mai mică decât valoarea impusă la punctul 5.2 pentru starea 3.

5.17. Galoparea conductorului de protecție principal [9], [14]

Fenomenul de galopare a conductorului de protecție principal este caracterizat de amplitudini relativ mari ale mișcării acestuia și prin frecvențe relativ mici (0,1 la 1) Hz [14].

Fenomenul este provocat de vânturi cu viteze de (3 la 22) m/s care acționează asupra conductorului acoperit de chiciură, în acest caz circulația aerului în jurul conductorului conduce la apariția unor forțe portante și a unor vibrații instabile cu

viteze mai mari de 7 m/s, care pot suprasolicita clemele de prindere și pot micșora distanțele reale de izolare în aer dintre conductorul de protecție principal și conductoarele active până la străpungerea acestora.

Mișcarea unui conductor supus acestui fenomen este o compunere de mișcare de torsiune simultan cu o oscilație verticală.

Experimental s-a determinat că, într-o secțiune transversală pe conductor, curba descrisă de acesta este cuprinsă în interiorul unei elipse.

Stabilirea relațiilor de calcul pentru determinarea distanțelor de amplasare pe stâlpii LCA, între conductorul de protecție principal și conductoarele active se efectuează în următoarele ipoteze de calcul:

- înfășurătoarea punctelor în care se deplasează conductorul (în plan transversal axei conductorului) în timpul galopării are forma unei elipse alungite, având axa mare de aproximativ 2 ori mai mare decât axa mică, și o înclinație față de axa verticală ca în figura 5.2;
- săgeata de referință a conductorului, în timpul galopării, se consideră la -5°C simultan cu chiciură [notată cu "f(ch)"];
- între elipsele de galopare ale conductoarelor active și elipsa de galopare a conductorului de protecție principal se va menține distanța minimă de izolare în aer $d(\min 3)$, determinată la punctul 5.18;
- pentru verificarea distanței minime de amplasare pe verticală și pe orizontală între conductorul de protecție principal și celelalte conductoare, la stâlp, se vor compune elipsele de galopare ale perechilor de conductoare, adunându-se lungimile axelor acestora și $d(\min 3)$; elipsa rezultată se va transla astfel încât centrul ei se va afla în punctul de susținere al conductorului de protecție principal la stâlp; dacă punctul de prindere al conductorului de protecție principal este pe elipsa traslatată, rezultată din compunere sau în afara ei, se consideră că între conductoare nu este posibilă o apropiere periculoasă.

Parametrii elipselor de galopare a conductoarelor se calculează cu următoarele formule:

Axa mică a elipsei de galopare a unui conductor "a"

- | | |
|----------------------------|---|
| $a = K(a) \cdot f(ch)$ | - pentru cazurile de galopare redusă ($K(a) = 0,3$); |
| $a = K(a) \cdot f(ch)$ | - pentru cazurile de galopare frecventă ($K(a) = 0,45$); |
| $a = 1 + K(a) \cdot f(ch)$ | - pentru cazurile de galopare frecventă și intensă ($K(a) = 0,45$). |

Axa mare a elipsei de galopare "b"

- $b = K(b) \cdot f(ch)$ - pentru cazurile de galopare redusă;
 $b = K(b) \cdot f(ch)$ - pentru cazurile de galopare frecventă;
 $b = 0,5 + 0,225 \cdot f(ch)$ - pentru cazurile de galopare frecventă și intensă;

unde:

$f(ch)$ - săgeata conductorului;

$K(b) = 0,23$ - pentru $f(ch)$ mai mică de 4 m;

$K(b) = 0,14$ - pentru $f(ch)$ cuprins între 4 m și 16 m.

Unghiul de înclinare a axei mari a elipsei de galopare a conductorului alfa(ei)

- $\alpha(e1) = 7^\circ$ - pentru zone cu galopare redusă;
 $\alpha(e1) = 7^\circ$ - pentru zone cu galopare frecventă;
 $\alpha(e1) = 15^\circ$ - pentru zone cu galopare frecventă și intensă.

Unghiul de înclinare al conductorului în punctul de susținere a(c)

- $a(c) = 14^\circ$ - pentru zone cu galopare redusă;
 $a(c) = 14^\circ$ - pentru zone cu galopare frecventă;
 $a(c) = 15^\circ$ - pentru zone cu galopare frecventă și intensă.

5.18. Montarea conductorului de protecție principal pe stâlpii LCA. Distanțe. Gabarite, [9]

5.18.1. Montarea conductorului de protecție principal pe stâlpii LCA se va realiza astfel încât să se respecte distanțele minime admisibile între acest conductor și conductoarele active și între conductorul de protecție principal și nivelul superior al șinelor.

5.18.2. Determinarea distanței minime admisibile a conductorului de protecție principal față de conductoarele active ale LCA, în poziții nedeviate de acțiunea vântului, după condiția apropierii în deschidere, sunt calculate cu formula empirică:

$$d(\min 1) = k \cdot f^{0,5} + U(n)/150 \text{ [m]},$$

unde:

f [m] - săgeata maximă în deschidere, a conductoarelor LCA inclusiv a conductorului de protecție principal în două ipoteze:

- temperatură maximă, vântul și chiciura lipsesc;
- temperatură de formare a chiciurii și depuneri de chiciură pe elementele componente ale liniei, vântul lipsește;

$U(n)$ [kV] - tensiunea nominală a LCA;

k - coeficient care depinde de tensiunea nominală a liniei, de materialul și secțiunea conductoarelor și de poziția lor pe stâlp, coeficient calculat cu formula:

$$k = k(h) + (k(v) - k(h)) \cdot \frac{b^2}{a^2 + b^2}$$

unde:

$k(h)$ - coeficientul la așezarea conductoarelor pe orizontală;

$k(v)$ - coeficientul la așezarea conductoarelor pe verticală, cu valorile din tabelul 5.2;

a, b - sunt distanțele între axele conductoarelor pe orizontală respectiv pe verticală.

TABELUL 5.2

Valorile coeficienților $k(v)$ și $k(h)$ [9]

Materialul conductoarelor			Tensiunea nominală a liniei: $U_n < 110$ kV	
Oțel și oțel aluminat	Aluminiu și aliaje de aluminiu	Oțel - Aluminiu	Coeficientul	
Secțiunea conductoarelor LCA mm			$k(v)$	$k(h)$
10 - 16	16 - 150	16 - 70	0,85	0,65
25 - 35	> 150	95 - 150	0,75	0,62
70 - 95	-	185 - 300	0,7	0,6
> 95	-	> 300	0,7	0,6

Nota 1 : Pentru conductoare din materiale sau secțiuni diferite se va lua în calcul conductorul pentru care săgeata este cea mai mare, respectiv coeficientul k are valoarea cea mai mare.

Nota 2 : Pentru circuite cu tensiuni nominale diferite se va lua valoarea cea mai mare a tensiunii nominale.

De exemplu pentru tensiunea nominală $U_n = 25$ kV și un conductor de protecție principal din Al-OL, 95/15 mm² se alege din tabelul 5.2: $k(v) = 0,75$, $k(h) = 0,62$.

Rezultă:

$$k = 0,62 + (0,75 - 0,62) \frac{b^2}{(a^2 + b^2)},$$

unde a , b reprezintă distanța orizontală respectiv distanța verticală între punctele de susținere ale cablului purtător și conductorului de protecție principal pe stâlpii LCA.

Cu valoarea coeficientului k pentru distanțele a , b fixate se calculează distanța minimă între conductoare nesupuse acțiunii vântului $d(\min 1)$.

5.18.3. Determinarea distanței minime admisibile pentru conductoarele supuse la acțiunea vântului [9]

Pentru conductoare de secțiuni diferite, din materiale diferite sau cu săgeți diferite, se va verifica distanța " d " între conductoare, în ipoteza că primul conductor este supus presiunii maxime a vântului, iar al doilea conductor presiunii unui vânt cu viteză mai mică cu 20% decât primul. Distanța minimă între conductoare în această ipoteză trebuie să fie:

$$d(\min 2) = U_n / 150 \text{ [m]},$$

însă nu mai mică decât 0,2 m (de exemplu pentru $U_n = 25$ kV rezultă din calcul $d(\min 2) = 0,166$ m, iar din condiția suplimentară se alege $d(\min 2) = 0,2$ m).

5.18.4. Determinarea distanțelor minime admise de separare între conductorul de protecție principal și conductoarele active pentru cazuri speciale [9] (inclusiv galoparea, saltul conductoarelor la descărcarea de chiciură, pendularea asincronă și încărcările neuniforme cu chiciură ale conductoarelor) se va efectua în funcție de condițiile locale; aceste distanțe nu vor fi mai mici decât distanțele rezultate în condițiile precizate la 5.18.2, 5.18.3.

În cazul galopării, saltului conductoarelor la descărcarea de chiciură, pendulării asincrone și încărcărilor neuniforme cu chiciură ale conductoarelor, distanțele de separare minime admise între conductorul de protecție principal și celelalte conductoare active ale LCA vor fi obținute, aproximativ, din valorile precizate în [9] prin interpolare liniară. De exemplu pentru tensiunea nominală de $U_n = 25 \text{ kV}$ se obține prin interpolare distanța de separare minimă admisibilă între conductorul de protecție principal și celelalte conductoare active ale LCA:

$$d(\text{min3}) = 0,2 + 0,25/90 (U_n - 20) = 0,214 \text{ m.}$$

5.18.5. Determinarea distanței minime admisibile între conductorul de protecție principal și nivelul superior al șinelor (NSS) se recomandă să se efectueze după [21], [24] și [34].

6. DOCUMENTE DE REFERINȚĂ

- [1] SR EN 50183:2002 Conductoare pentru linii electrice aeriene. Sârme de aliaj de aluminiu-magneziu-siliciu.
- [2] SR EN 61395:2000 Conductoare electrice aeriene. Metode de încercare la fluaj pentru conductoarele cablate.
- [3] SR CEI 60104:1995 Sârme de aliaj de aluminiu-magneziu-siliciu pentru conductoarele liniilor aeriene.
- [4] SR CEI 60888:1994 Sârme de oțel zincate pentru conductoare cablate.
- [5] SR CEI 60889:2002 (SR CEI 60899:1994 + SR CEI 60899:1994/A99:2002) Sârmă de aluminiu trasă la rece în stare de ecruisare tare pentru conductoarele liniilor aeriene.
- [6] SR CEI 61089:1996 + A1:1999 Conductoare pentru linii aeriene cu sârme rotunde cablate în straturi concentrice.
- [7] SR EN 61284:2000 Linii electrice aeriene. Prescripții și încercări pentru accesorii.
- [8] SR EN 60721-3-4:1996 Clasificarea condițiilor de mediu. Partea 3: Clasificarea grupelor de agenți de mediu și a gradelor de severitate ale acestora. Secțiunea 4: Utilizarea staționară în spații neprotejate împotriva intemperiilor.
- [9] NTE 003/04/00: Normativ pentru construcția liniilor aeriene de energie electrică cu tensiuni peste 1000 V.
- [10] SR EN 50119:2003 Aplicații feroviare. Instalații fixe. Linii aeriene de contact pentru tracțiunea electrică.
- [11] SR EN 50125-2:2003 Aplicații feroviare. Condiții de mediu pentru echipamente. Partea 2: Instalații electrice fixe.
- [12] SR EN 50163:2003 Aplicații feroviare. Tensiuni de alimentare ale rețelelor de tracțiune electrică.
- [13] SR EN 50122-1:2002 Aplicații feroviare. Instalații fixe. Partea 1: Măsuri de protecție referitoare la securitatea electrică și la legarea la pământ.
- [14] Arie A. Arie ș.a. Rețele Electrice - Calculul Mecanic Ed. Tehnică 1981.
- [15] STAS 3197-2:1990 Căi ferate normale. Elemente geometrice.

- [16] SR CEI 60050-811:2000 Vocabular electrotehnic internațional - Capitolul 811: Tracțiune electrică.
- [17] SR EN 61140:2002 Protecție împotriva șocurilor electrice. Aspecte comune în instalații și echipamente electrice.
- [18] ID-33:77 Normativ pentru protecția împotriva influențelor căilor ferate electrificate monofazat 25 kV, 50 Hz, aprobat de MTTc cu Ordinul nr. 1.976 din 06.12.1977.
- [19] 351:1988 Instrucțiuni pentru întreținerea tehnică și repararea instalațiilor de semnalizare centralizare și bloc (SCB) - 1989 - MTTc, Direcția Linii și Instalații, aprobat cu ordin MTTc nr. 1.749 din 23.09.1998.
- [20] SR EN 50126:2003 Aplicații feroviare. Specificarea și demonstrarea fiabilității, disponibilității, mentenanței și siguranței (FDMS).
- [21] STAS 4392:1984 Căi ferate normale. Gabarite.
- [22] SR EN ISO 1461:2002 Acoperiri termice de zinc pentru piese fabricate din fontă și oțel. Specificații și metode de încercare.
- [23] PE-028:1987 Îndrumar privind indicatorii de fiabilitate pentru principalele produse utilizate în instalații energetice.
- [24] STAS 1244-2:2004 Siguranța circulației. Treckeri la nivel cu calea ferată. Partea a 2 a: Instalații neautomate. Prescripții.
- [25] OMT nr. 290/2000 Ordin al ministrului transporturilor privind admiterea tehnică a produselor și/sau serviciilor destinate utilizării în activitățile de construire, modernizare, întreținere și reparare a infrastructurii feroviare și a materialului rulant, pentru transportul feroviar și cu metroul, modificat de OMTCT nr. 2.068/2004.
- [26] HGR nr. 2.139/2004 Hotărâre pentru aprobarea Catalogului privind clasificarea și duratele normale de funcționare a mijloacelor fixe.
- [27] SR HD 478.2.1 S1:2002 (STAS CEI 60721-2-1:1992 + STAS CEI 60721-2-1:1992/A99:2002) Clasificarea condițiilor de mediu. Part 2: Condiții de mediu prezente în natură. Temperatură și umiditate.
- [28] SR HD 478.2.2 S1:2002 (STAS CEI 60721-2-2:1992 + STAS CEI 60721-2-2:1992/A99:2002) Clasificarea condițiilor de mediu. Part 2: Condiții de mediu prezente în natură. Precipitații și vânt.
- [29] DIN 48204 Aluminium conductors, steel reinforced. (Conductoare de aluminiu întărite cu oțel).
- [30] DIN 48203-11 Aluminium conductors, steel reinforced, technical terms of delivery. (Conductoare de aluminiu întărite cu oțel, termeni tehnici pentru livrare.)
- [31] DIN 48203-5 Wires and stranded conductors of aluminium for lines. (Sârme și conductoare funie de aluminiu pentru linii electrice.)
- [32] DIN 48201-5 Aluminium stranded conductors. (Conductoare funie de aluminiu.)

[33] SR 11100-1:1993 Zonarea seismică. Macrozonarea teritoriului României

[34] 328:2001 Instrucțiuni pentru admiterea și expedierea transporturilor excepționale pe infrastructura feroviară publică, aprobat de MLPTL cu Ordinul nr. 1.126 din 06.08.2001.

ANEXA A

A.1. Exemplu de calcul privind determinarea tracțiunii orizontale normate și săgeții maxime pentru conductorul de protecție principal AI-OL-95/15 (DIN 48204), în cazul unui panou cu o singură deschidere nominală.

A.1.1. Caracteristicile conductorului, [29], [30]

Diametrul:	$d_c = 13,6$	mm;
Secțiunea nominală:	$S_n = 95 + 15 = 110$	mm ² ;
Secțiunea reală:	$S_c = 109,7$	mm ² ;
Greutatea specifică:	$G_c = 0,3757$	daN/m;
Forța de rupere calculată:	$\sigma(r) = 3517$	daN;
Modulul de elasticitate:	$E_c = 7700$	daN/mm ² ;
Coeficientul de dilatare:	$\alpha(c) = 0,189 \cdot 10^{-4}$	°C ⁻¹ ;
Deschiderea nominală:	$a(n) = a(\text{med}) = 63$	m;
Denivelarea punctelor de suspensie:	$h = 0$	m;
Factorul de denivelare pentru panoul cu o singură deschidere nominală:	$u = 1,0$.	

A.1.2. Caracteristicile zonei climatice

S-au efectuat calculele pentru zona climatică C, caracterizată de următoarele valori ale factorilor meteorologici, conform punctului 3.1 din normativ:

a) Altitudine:	< 800 m;
b) Presiune dinamică de bază:	
- pentru vânt maxim fără chiciură:	55 daN/m ² ;
- pentru vânt simultan cu chiciură:	20 daN/m ² ;
c) Grosimea stratului de chiciură:	22 mm;

d)	Greutatea volumică a chiciurii:	0,75 daN/dm ³ ;
e)	Temperatura de formare a chiciurii:	-5 °C;
f)	Media temperaturilor minime anuale:	-33 °C;
g)	Media temperaturilor maxime anuale:	+40 °C;
h)	Media mediilor anuale de temperatură:	+15 °C.

A.1.3. Încărcări normate

A.1.3.1. Încărcări unitare normate și de calcul

Folosind formulele de calcul de la punctul 4.1 din normativ se determină încărcările unitare normate respectiv încărcările unitare de calcul:

$g(1,n) = 0,3757$ daN/m, $g(1,c) = 0,4133$ daN/m pentru greutatea conductorului;

$g(2,n) = 1,8454$ daN/m, $g(2,c) = 3,3217$ daN/m pentru greutatea chiciurii;

$g(3,n) = 2,2211$ daN/m, $g(3,c) = 3,7349$ daN/m pentru greutatea conductorului acoperit cu chiciură;

$g(4,n) = 1,3913$ daN/m, $g(4,c) = 1,8087$ daN/m pentru presiunea la vânt maxim fără chiciură;

$g(5,n) = 2,1427$ daN/m, $g(5,c) = 2,7855$ daN/m pentru presiunea la vânt simultan cu chiciură;

$g(6,n) = 1,4411$ daN/m, $g(6,c) = 1,8553$ daN/m pentru greutatea conductorului și vânt maxim;

$g(7,n) = 3,0862$ daN/m, $g(7,c) = 4,6593$ daN/m pentru greutatea conductorului acoperit cu chiciură, supus presiunii vântului;

$g(8,n) = 0,4121$ daN/m, $g(8,c) = 0,5357$ daN/m pentru greutatea chiciurei, presiunea vântului, regim de avarie;

$g(9,n) = 2,2590$ daN/m, $g(9,c) = 3,7732$ daN/m pentru greutatea conductorului acoperit cu chiciură, la presiunea vântului, în regim de avarie.

A.1.3.2. Încărcările specifice normate și de calcul

Cu formulele de la punctul 4.2 din normativ se calculează încărcările specifice normate respectiv încărcările specifice de calcul:

$\gamma(1,n) = 0,00342$ daN/m/mm², $\gamma(1,c) = 0,00377$ daN/m/mm² pentru greutatea conductorului;

$\gamma(2,n) = 0,01682$ daN/m/mm², $\gamma(2,c) = 0,03028$ daN/m/mm² pentru greutatea chiciurii;

$\gamma(3,n) = 0,02025$ daN/m/mm², $\gamma(3,c) = 0,03405$ daN/m/mm² pentru greutatea conductorului + chiciură;

$\gamma(4,n) = 0,01268$ daN/m/mm², $\gamma(4,c) = 0,01649$ daN/m/mm² pentru presiunea la vânt maxim fără chiciură;

$\gamma(5,n) = 0,01953$ daN/m/mm², $\gamma(5,c) = 0,02539$ daN/m/mm² pentru presiunea la vânt + chiciură;

$\gamma(6,n) = 0,01314 \text{ daN/m/mm}^2$, $\gamma(6,c) = 0,01691 \text{ daN/m/mm}^2$ pentru greutatea conductorului + vânt maxim;
 $\gamma(7,n) = 0,02813 \text{ daN/m/mm}^2$, $\gamma(7,c) = 0,04247 \text{ daN/m/mm}^2$ pentru greutatea conductorului + chiciură + vânt

$\gamma(8,n) = 0,00376 \text{ daN/m/mm}^2$, $\gamma(8,c) = 0,00488 \text{ daN/m/mm}^2$ pentru vânt + chiciură + avarie;
 $\gamma(9,n) = 0,02059 \text{ daN/m/mm}^2$, $\gamma(9,c) = 0,03439 \text{ daN/m/mm}^2$ pentru greutate conductor + chiciură + vânt + avarie.

A.1.4. Rezistența de rupere calculată a conductorului

Se calculează cu relația de la punctul 5.1 din normativ, cu secțiunea conductorului Sc și forța calculată de rupere $\sigma(r)$ precizate la A.1.1:

$$p(rc) = 0,95 \sigma(r)/Sc = 30,457 \text{ daN/mm}^2$$

A.1.5. Rezistențele maxime de calcul

Pentru rezistența de rupere calculată a conductorului $p(rc)$ se calculează rezistențele maxime de calcul pentru cele trei stări critice cu relațiile de la punctul 5.2 din normativ:

$p_1 = p(\max) (-5^\circ\text{C} + \text{conductor} + \text{chiciură} + \text{vânt})$	$= 0,4752 p(rc) = 14,470 \text{ daN/mm}^2;$
$p_2 = p(\max) (-33^\circ\text{C} + \text{conductor})$	$= 0,3250 p(rc) = 9,898 \text{ daN/mm}^2;$
$p_3 = p(\max) (15^\circ\text{C} + \text{conductor})$	$= 0,1650 p(rc) = 5,028 \text{ daN/mm}^2.$

A.1.6. Deschiderile critice pentru conductorul de protecție principal (conductor cu fire din materiale diferite)

Se calculează cu relațiile de la punctul 5.4.1 din normativ:

$$a(cr12) = 56,4 \text{ m};$$

$$a(cr13) = 50,26 \text{ m};$$

$$a(cr23) = 125,9 \text{ m}.$$

Se observă că $a(\text{med}) = 63 \text{ m} > a(cr12) = 56,4 \text{ m}$.

A.1.7. Sarcina relativă critică

Utilizând relația de la punctul 5.5 din normativ se obține sarcina relativă critică:

$$q(cr) = 4,404.$$

A.1.8. Sarcina relativă

Se calculează cu formula precizată la punctul 5.6.2 din normativ obținându-se:

$$q = 11,278.$$

Se observă că $q > q_{(cr)}$.

A.1.9. Stabilirea stării care dimensionează

Ținând seama de deschiderile critice și de sarcina relativă critică precizate la punctele A.1.6, A.1.7, A.1.8, din anexă și în conformitate cu tabelul 5.1 prezentat la punctul 5.6 din normativ, starea care dimensionează este starea 1 (corespunzătoare unei temperaturi de -5°C și tracțiunii determinate de greutatea conductorului acoperit cu chiciură sub acțiunea vântului).

A.1.10. Tracțiunea orizontală la starea care dimensionează (starea 1)

Se determină rezolvând ecuația de gradul 2 prezentată la punctul 5.7 din normativ:

$$p_{0,1}^2 - 14,47 p_{0,1} + 0,8948 = 0$$

și alegând soluția cea mai mare pozitivă, $p_{0,1} = 14,407 \text{ daN/mm}^2$.

A.1.11. Determinarea tracțiunii orizontale normate și a săgeții maxime în deschidere

Pentru deschiderea nominală $a(n) = 63 \text{ m}$, la diverse regimuri climatice, în zona climatică C, se calculează valorile tracțiunilor orizontale normate în conductorul de protecție principal prin rezolvarea ecuației de stare de la punctul 5.3 din normativ. Această ecuație se scrie pentru starea la care se face dimensionarea (starea 1) și pentru regimul climatic la care se determină tracțiunea orizontală normată.

În continuare se exemplifică determinarea tracțiunii orizontale normate și a săgeții maxime în deschiderea nominală $a(n) = 63 \text{ m}$, pentru regimul climatic $15^{\circ}\text{C} + \text{conductor}$, urmărind metodologia de calcul din normativ.

a) Încărcarea specifică normată determinată de greutatea conductorului la $T_n = 15^{\circ}\text{C}$ este: $\gamma(n) = \gamma(1,n) = 0,00342 \text{ daN/m/mm}^2$ conform punctului 4.2.1 din normativ, iar rezistența mecanică maximă de calcul este $p_3 = 5,028 \text{ daN/mm}^2$, vezi punctul A.1.5.

b) Încărcarea specifică de calcul la starea $m = 1$ (care dimensionează), la $T_m = -5^{\circ}\text{C} + \text{conductor} + \text{chiciură}$, este $\gamma(m,c) = \gamma(7,c) = 0,04247 \text{ daN/m/mm}^2$ conform punctului 4.2.2, iar tracțiunea orizontală de calcul la starea 1 este determinată conform punctului A.1.10: $p_{0,1} = 14,407 \text{ daN/mm}^2$.

c) Pentru determinarea tracțiunii orizontale normate la regimul climatic 15°C + conductor se scrie ecuația de stare conform punctului 5.3 din normativ:

$$p(0,n) - (63\text{ș}0,00342/p(0,n))^2\text{ș}7700/24 = 14,407 - (63\text{ș}0,04247/14,407)^2\text{ș}7700/24 - 0,189\text{ș}10^4\text{ș}7700(15+5).$$

Aceasta conduce la ecuația de gradul 3:

$$p^3(0,n) - 0,43072 p^2(0,n) - 14,89405 = 0,$$

cu soluția reală pozitivă: $p(0,n) = 2,6126 \text{ daN/mm}^2$, care reprezintă tracțiunea orizontală normată în conductor la starea 15°C + conductor.

d) Forța de tracțiune orizontală în conductor la starea 15°C + conductor are valoarea: $P(0,n) = Sc \cdot p(0,n) = 286,6 \text{ daN}$, valoare care se regăsește în tabelul prezentat la punctul A.2 al anexei corespunzător zonei climatice C și deschiderii nominale cu lungimea de 63 m.

e) Coordonatele punctelor de suspensie față de sistemul de coordonate din figura 5.1 se determină utilizând relațiile de la punctul 5.9 din normativ:

$$h_0 = 763,944 \text{ m};$$

$$x_1 = -63/2 = -31,5 \text{ m}; y_1 = 763,94 \text{ ch}(31,5/763,94) = 764,58 \text{ m};$$

$$x_2 = 63/2 = 31,5 \text{ m}; y_2 = 764,58 \text{ m}.$$

f) Coordonatele punctului de săgeată maximă față de același sistem de coordonate sunt determinate conform relațiilor precizate la punctul 5.12.2 din normativ:

$$x(\text{max}) = 0; y(\text{max}) = h_0 = p(0,n)/\gamma(7,n) = 763,94 \text{ m}.$$

g) Săgeata maximă este calculată cu relația de la punctul 5.12.2 din normativ:

$$f(\text{max}) = 763,94 [\text{ch}(31,5/763,94) - 1] = 0,65 \text{ m},$$

valoare care se regăsește în tabelul de la punctul A.2.

h) Unghiurile de cădere a conductorului din cleme se calculează cu formula precizată la punctul 5.10 din normativ și au semnificația din figura 5.1. Pentru deschiderea nominală aceste unghiuri sunt egale:

$$\text{tg PSI}_1 = \text{tg PSI}_2 = |\text{sh}(x_1/h_0)| = |\text{sh}(-31,5/763,94)| = 0,04124$$

rezultă: $\text{PSI}_1 = \text{PSI}_2 = 2,36^\circ$.

i) Componenta verticală a tracțiunii normate în conductorul de protecție principal în punctele de susținere este determinată cu formula de la punctul 5.11 din normativ:

$$p(v,n,1)=P(v,n,2)=p(0,n)|sh(x_1/h_0)|=2,6126 \cdot 0,04124=0,1077 \text{ daN/mm}^2$$

j) Tracțiunile normate în conductorul de protecție principal în punctele de susținere sunt:

$$p(n,1) = p(n,2) = (2,6126^2 + 0,1077^2)^{0,5} = 2,614 \text{ daN/mm}^2.$$

k) Lungimea conductorului de protecție principal într-o deschidere nominală se calculează cu formula dată la punctul 5.14 din normativ pentru $h_0 = 763,944 \text{ m}$; $x_1 = -31,5 \text{ m}$; $x_2 = 31,5 \text{ m}$; $a = 63 \text{ m}$:

$$L = 2 \cdot 763,94 \cdot sh(31,5/763,94) \cdot ch_0 = 63,009 \text{ m}.$$

A.2. Tabele de reglaj - Tracțiunea orizontală normată și săgeata maximă a conductorului de protecție principal funcție de lungimea deschiderii nominale și de regimul climatic, pentru diverse tipuri de conductoare utilizate.

În cele ce urmează se prezintă rezultatele exemplelor de calcul pentru determinarea forțelor de tracțiune orizontale și săgeților maxime în conductorul de protecție principal pentru diverse regimuri climatice și pentru lungimi ale deschiderii nominale în domeniul 27 la 63 m.

Calculul mecanic au fost exemplificat pentru zonele climatice A, B, C definite în tabelul de la punctul 3.1 din normativ, pentru 4 tipuri de conductoare: Al-OL-95/15, Al-OL-70/12, Al-OL-240/40 cu caracteristicile mecanice indicate în [29], [30] și Al-240 cu caracteristicile indicate în [31], [32].

Notă: Pentru realizarea conductorului de protecție principal se pot folosi și alte tipuri de conductoare electrice cu caracteristicile din standardele românești și internaționale, alese pe baza calculului regimurilor electrice de funcționare și verificat din punct de vedere mecanic conform prezentului normativ.

TABELUL A.2.1

TRACȚIUNEA ORIZONTALĂ NORMALĂ ȘI SĂGEATA MAXIMĂ A CONDUCTORULUI DE PROTECȚIE PRINCIPAL ÎN FUNCȚIE DE LUNGIMEA DESCHIDERII NOMINALE ȘI DE REGIMUL CLIMATIC - TIPUL CONDUCTORULUI: AI - OL 95/15 DIN 48204.

Rezistențele mecanice de calcul maxime: $p_1 = 14,47$, $p_2 = 9,90$, $p_3 = 5,03$ daN/mm²

Zona meteo: A

Faza lucrării: montaj

Regim climatic	Tracțiune orizontală normală P(0,n)	Deschidere nominală a(n) [m]									
	Săg. max. f(max)	27	31,5	36	40,5	45	49,5	54	58,5	63	
-33°C + cond.	[daN]	1085	1085	1085	1084	1084	1084	1083	1083	1082	
	[cm]	3.2	4.3	5.6	7.1	8.8	10.6	12.6	14.8	17.2	
-30°C + cond.	[daN]	1038	1037	1037	1037	1037	1037	1037	1036	1036	
	[cm]	3.3	4.5	5.9	7.4	9.2	11.1	13.2	15.5	18.0	
-25°C + cond.	[daN]	958	958	959	959	959	959	959	959	959	
	[cm]	3.6	4.9	6.4	8.0	9.9	12.0	14.3	16.8	19.4	
-20°C + cond.	[daN]	879	880	880	880	881	881	882	883	883	
	[cm]	3.9	5.3	6.9	8.7	10.8	13.1	15.5	18.2	21.1	
-15°C + cond.	[daN]	800	801	802	803	804	805	806	807	808	
	[cm]	4.3	5.8	7.6	9.6	11.8	14.3	17.0	19.9	23.1	
-10°C + cond.	[daN]	722	723	724	726	727	729	731	733	735	
	[cm]	4.7	6.4	8.4	10.6	13.1	15.8	18.7	21.9	25.4	
-5°C + cond.	[daN]	644	646	648	650	652	655	657	660	663	
	[cm]	5.3	7.2	9.4	11.9	14.6	17.6	20.8	24.3	28.1	
0°C + cond.	[daN]	567	569	572	575	579	582	586	590	595	
	[cm]	6.0	8.2	10.6	13.4	16.4	19.8	23.4	27.2	31.4	
+5°C + cond.	[daN]	491	494	498	503	508	513	518	524	529	
	[cm]	7.0	9.4	12.2	15.3	18.7	22.4	26.4	30.7	35.2	
10°C + cond.	[daN]	417	422	428	434	441	448	455	462	469	
	[cm]	8.2	11.0	14.2	17.7	21.6	25.7	30.1	34.8	39.8	
15°C + cond.	[daN]	346	354	362	371	379	388	397	405	414	

	[cm]	9.9	13.2	16.8	20.8	25.1	29.7	34.5	39.6	45.0
20°C + cond.	[daN]	282	292	303	314	325	335	346	356	366
	[cm]	12.2	15.9	20.1	24.5	29.3	34.3	39.6	45.1	50.9
25°C + cond.	[daN]	227	240	253	266	279	291	303	314	326
	[cm]	15.1	19.4	24.0	28.9	34.1	39.5	45.2	51.1	57.3
30°C + cond.	[daN]	184	199	214	228	242	255	268	280	292
	[cm]	18.6	23.4	28.4	33.8	39.3	45.1	51.2	57.5	63.9
35°C + cond.	[daN]	152	169	184	199	213	226	239	252	264
	[cm]	22.5	27.6	33.1	38.8	44.7	50.9	57.3	63.9	70.7
40°C + cond.	[daN]	130	146	161	176	190	203	216	229	241
	[cm]	26.3	31.9	37.7	43.8	50.1	56.7	63.4	70.3	77.5
-5°C + cond. + ch.	[daN]	740	766	793	821	849	876	904	931	958
	[cm]	18.4	24.1	30.5	37.3	44.5	52.1	60.2	68.6	77.3
-5°C + cond. + ch. + v	[daN]	775	808	842	876	909	943	976	1008	1040
	[cm]	21.2	27.7	34.7	42.3	50.3	58.7	67.5	76.7	86.2
-5°C + cond. + ch. + v + a	[daN]	741	768	795	823	851	879	907	934	961
	[cm]	18.5	24.3	30.6	37.5	44.7	52.4	60.5	68.9	77.7
T(med) + cond. + V(max)	[daN]	420	442	465	486	508	528	549	569	588
	[cm]	18.4	23.7	29.5	35.7	42.2	49.1	56.2	63.7	71.4

TABELUL A.2.2

TRACȚIUNEA ORIZONTALĂ NORMALĂ ȘI SĂGEATA MAXIMĂ A CONDUCTORULUI DE PROTECȚIE PRINCIPAL ÎN FUNCȚIE DE LUNGIMEA DESCHIDERII NOMINALE ȘI DE REGIMUL CLIMATIC - TIPUL CONDUCTORULUI: AI - OL 95/15 DIN 48204.

Rezistențele mecanice de calcul maxime: $p_1 = 14,47$, $p_2 = 9,90$, $p_3 = 5,03 \text{ daN/mm}^2$

Zona meteo: B

Faza lucrării: montaj

Regim climatic	Tracțiune orizontală normată P(0,n)	Deschidere nominală a(n) [m]									
	Săg. max. f(max)	27	31,5	36	40,5	45	49,5	54	58,5	63	
-33°C + cond.	[daN]	1085	1085	1085	1084	1084	1084	1083	1083	964	
	[cm]	3.2	4.3	5.6	7.1	8.8	10.6	12.6	14.8	19,3	
-30°C + cond.	[daN]	1038	1037	1037	1037	1037	1037	1037	1036	918	
	[cm]	3.3	4.5	5.9	7.4	9.2	11.1	13.2	15.5	20.3	
-25°C + cond.	[daN]	958	958	959	959	959	959	959	959	842	
	[cm]	3.6	4.9	6.4	8.0	9.9	12.0	14.3	16.8	22.1	
-20°C + cond.	[daN]	879	880	880	880	881	881	882	883	768	
	[cm]	3.9	5.3	6.9	8.7	10.8	13.1	15.5	18.2	24.3	
-15°C + cond.	[daN]	800	801	802	803	804	805	806	807	696	
	[cm]	4.3	5.8	7.6	9.6	11.8	14.3	17.0	19.9	26.8	
-10°C + cond.	[daN]	722	723	724	726	727	729	731	733	626	
	[cm]	4.7	6.4	8.4	10.6	13.1	15.8	18.7	21.9	29.8	
-5°C + cond.	[daN]	644	646	648	650	652	655	657	660	559	
	[cm]	5.3	7.2	9.4	11.9	14.6	17.6	20.8	24.3	33.4	
0°C + cond.	[daN]	567	569	572	575	579	582	586	590	496	
	[cm]	6.0	8.2	10.6	13.4	16.4	19.8	23.4	27.2	37.6	
+5°C + cond.	[daN]	491	494	498	503	508	513	518	524	438	
	[cm]	7.0	9.4	12.2	15.3	18.7	22.4	26.4	30.7	42.5	
10°C + cond.	[daN]	417	422	428	434	441	448	455	462	387	
	[cm]	8.2	11.0	14.2	17.7	21.6	25.7	30.1	34.8	48.1	
15°C + cond.	[daN]	346	354	362	371	379	388	397	405	343	
	[cm]	9.9	13.2	16.8	20.8	25.1	29.7	34.5	39.6	54.3	
20°C + cond.	[daN]	282	292	303	314	325	335	346	356	306	
	[cm]	12.2	15.9	20.1	24.5	29.3	34.3	39.6	45.1	60.9	
25°C + cond.	[daN]	227	240	253	266	279	291	303	314	276	
	[cm]	15.1	19.4	24.0	28.9	34.1	39.5	45.2	51.1	67.6	
30°C + cond.	[daN]	184	199	214	228	242	255	268	280	251	
	[cm]	18.6	23.4	28.4	33.8	39.3	45.1	51.2	57.5	74.4	

35°C + cond.	[daN]	152	169	184	199	213	226	239	252	230
	[cm]	22.5	27.6	33.1	38.8	44.7	50.9	57.3	63.9	81.1
40°C + cond.	[daN]	130	146	161	176	190	203	216	229	213
	[cm]	26.3	31.9	37.7	43.8	50.1	56.7	63.4	70.3	87.7
-5°C + cond. + ch.	[daN]	822	864	906	948	988	1029	1068	1107	1083
	[cm]	24.6	31.9	39.7	48.1	56.9	66.2	75.8	85.9	101.8
-5°C + cond. + ch. + v	[daN]	896	950	1003	1055	1105	1155	1203	1251	1239
	[cm]	29.1	37.3	46.2	55.6	65.5	75.8	86.6	97.8	114.5
-5°C + cond. + ch. + v + a	[daN]	825	868	910	952	993	1034	1074	1113	1090
	[cm]	24.8	32.1	40.0	48.4	57.3	66.6	76.3	86.4	102.4
T(med) + cond. + V(max)	[daN]	466	495	524	552	579	606	631	657	627
	[cm]	22.0	28.2	34.8	41.9	49.3	57.0	65.1	73.4	89.2

TABELUL A.2.3

TRACȚIUNEA ORIZZONTALĂ NORMALĂ ȘI SĂGEATA MAXIMĂ A CONDUCTORULUI DE PROTECȚIE PRINCIPAL ÎN FUNCȚIE DE LUNGIMEA DESCHIDERII NOMINALE ȘI DE REGIMUL CLIMATIC - TIPUL CONDUCTORULUI: AI - OL 95/15 DIN 48204.

Rezistențele mecanice de calcul maxime: $p_1 = 14,47$, $p_2 = 9,90$, $p_3 = 5,03$ daN/mm²

Zona meteo: C

Faza lucrării: montaj

Regim climatic	Tracțiune orizontală normală P(0,n)	Deschidere nominală a(n) [m]									
	Săg. max. f(max)	27	31,5	36	40,5	45	49,5	54	58,5	63	
-33°C + cond.	[daN]	1085	1085	1085	1084	1084	1084	1083	999	841	
	[cm]	3.2	4.3	5.6	7.1	8.8	10.6	12.6	16.1	22.2	
-30°C + cond.	[daN]	1038	1037	1037	1037	1037	1037	1037	953	796	
	[cm]	3.3	4.5	5.9	7.4	9.2	11.1	13.2	16.9	23.4	
-25°C + cond.	[daN]	958	958	959	959	959	959	959	877	723	

	[cm]	3.6	4.9	6.4	8.0	9.9	12.0	14.3	18.3	25.8
-20°C + cond.	[daN]	879	880	880	880	881	881	882	801	652
	[cm]	3.9	5.3	6.9	8.7	10.8	13.1	15.5	20.1	28.6
-15°C + cond.	[daN]	800	801	802	803	804	805	806	727	583
	[cm]	4.3	5.8	7.6	9.6	11.8	14.3	17.0	22.1	32.0
-10°C + cond.	[daN]	722	723	724	726	727	729	731	655	519
	[cm]	4.7	6.4	8.4	10.6	13.1	15.8	18.7	24.5	35.9
-5°C + cond.	[daN]	644	646	648	650	652	655	657	585	459
	[cm]	5.3	7.2	9.4	11.9	14.6	17.6	20.8	27.5	40.6
0°C + cond.	[daN]	567	569	572	575	579	582	586	519	406
	[cm]	6.0	8.2	10.6	13.4	16.4	19.8	23.4	31.0	45.9
+5°C + cond.	[daN]	491	494	498	503	508	513	518	457	359
	[cm]	7.0	9.4	12.2	15.3	18.7	22.4	26.4	35.2	51.9
10°C + cond.	[daN]	417	422	428	434	441	448	455	401	320
	[cm]	8.2	11.0	14.2	17.7	21.6	25.7	30.1	40.0	58.3
15°C + cond.	[daN]	346	354	362	371	379	388	397	353	287
	[cm]	9.9	13.2	16.8	20.8	25.1	29.7	34.5	45.6	65.1
20°C + cond.	[daN]	282	292	303	314	325	335	346	311	260
	[cm]	12.2	15.9	20.1	24.5	29.3	34.3	39.6	51.6	71.8
25°C + cond.	[daN]	227	240	253	266	279	291	303	277	237
	[cm]	15.1	19.4	24.0	28.9	34.1	39.5	45.2	58.0	78.6
30°C + cond.	[daN]	184	199	214	228	242	255	268	250	219
	[cm]	18.6	23.4	28.4	33.8	39.3	45.1	51.2	64.4	85.2
35°C + cond.	[daN]	152	169	184	199	213	226	239	227	203
	[cm]	22.5	27.6	33.1	38.8	44.7	50.9	57.3	70.8	91.6
40°C + cond.	[daN]	130	146	161	176	190	203	216	208	191
	[cm]	26.3	31.9	37.7	43.8	50.1	56.7	63.4	77.1	97.9
-5°C + cond. + ch.	[daN]	822	864	906	948	988	1029	1068	1062	1024
	[cm]	24.6	31.9	39.7	48.1	56.9	66.2	75.8	89.5	107.7
-5°C + cond. + ch. + v	[daN]	922	980	1037	1092	1146	1198	1250	1259	1236
	[cm]	30.5	39.1	48.2	58.0	68.2	78.9	90.0	104.9	123.9

-5°C + cond. + ch. + v + a	[daN]	827	870	912	954	995	1036	1076	1071	1033
	[cm]	24.9	32.2	40.1	48.6	57.5	66.8	76.5	90.3	108.5
T(med) + cond. + V(max)	[daN]	516	552	587	622	655	687	718	711	678
	[cm]	25.5	32.4	39.7	47.5	55.7	64.3	73.2	86.7	105.5

TABELUL A.2.4

TRACȚIUNEA ORIZONTALĂ NORMALĂ ȘI SĂGEATA MAXIMĂ A CONDUCTORULUI DE PROTECȚIE PRINCIPAL ÎN FUNCȚIE DE LUNGIMEA DESCHIDERII NOMINALE ȘI DE REGIMUL CLIMATIC - TIPUL CONDUCTORULUI: AI - OL 70/12 DIN 48204.

Rezistențele mecanice de calcul maxime: $p_1 = 16,14$, $p_2 = 11,53$, $p_3 = 5,76$ daN/mm²

Zona meteo: A

Faza lucrării: montaj

Regim climatic	Tracțiune orizontală normală P(0,n)	Deschidere nominală a(n) [m]									
	Săg. max. f(max)	27	31,5	36	40,5	45	49,5	54	58,5	63	
-33°C + cond.	[daN]	937	937	937	936	936	936	936	936	935	
	[cm]	2.7	3.7	4.8	6.1	7.5	9.1	10.9	12.7	14.8	
-30°C + cond.	[daN]	902	901	901	901	901	901	901	901	901	
	[cm]	2.8	3.8	5.0	6.3	7.8	9.5	11.3	13.2	15.3	
-25°C + cond.	[daN]	843	843	843	843	843	843	843	843	843	
	[cm]	3.0	4.1	5.4	6.8	8.4	10.1	12.0	14.1	16.4	
-20°C + cond.	[daN]	784	784	784	784	784	785	785	785	785	
	[cm]	3.2	4.4	5.8	7.3	9.0	10.9	12.9	15.2	17.6	
-15°C + cond.	[daN]	725	725	726	726	726	727	727	728	728	
	[cm]	3.5	4.8	6.2	7.9	9.7	11.7	14.0	16.4	19.0	
-10°C + cond.	[daN]	666	667	667	668	669	669	670	671	672	
	[cm]	3.8	5.2	6.8	8.6	10.5	12.7	15.2	17.8	20.6	
-5°C + cond.	[daN]	608	609	609	610	611	612	614	615	616	

	[cm]	4.2	5.7	7.4	9.4	11.5	13.9	16.6	19.4	22.4
0°C + cond.	[daN]	550	551	552	553	555	556	558	559	561
	[cm]	4.6	6.3	8.2	10.3	12.7	15.3	18.2	21.3	24.6
+5°C + cond.	[daN]	492	493	495	497	499	501	503	505	508
	[cm]	5.2	7.0	9.1	11.5	14.1	17.0	20.2	23.6	27.2
10°C + cond.	[daN]	434	436	439	441	444	447	450	453	456
	[cm]	5.8	7.9	10.3	13.0	15.9	19.1	22.6	26.3	30.3
15°C + cond.	[daN]	378	380	384	387	391	394	398	403	407
	[cm]	6.7	9.1	11.8	14.8	18.1	21.6	25.5	29.6	34.0
20°C + cond.	[daN]	322	326	331	335	340	345	350	355	361
	[cm]	7.9	10.6	13.7	17.0	20.7	24.7	29.0	33.5	38.3
25°C + cond.	[daN]	269	275	281	287	293	300	306	312	319
	[cm]	9.4	12.6	16.1	19.9	24.1	28.5	33.2	38.1	43.3
30°C + cond.	[daN]	220	228	236	243	251	259	267	274	282
	[cm]	11.5	15.2	19.2	23.5	28.1	32.9	38.1	43.4	49.0
35°C + cond.	[daN]	178	187	197	206	215	224	233	242	250
	[cm]	14.3	18.5	22.9	27.7	32.7	38.0	43.6	49.3	55.3
40°C + cond.	[daN]	143	155	166	176	186	196	205	215	223
	[cm]	17.7	22.3	27.3	32.4	37.9	43.6	49.5	55.6	61.9
-5°C + cond. + ch.	[daN]	677	697	717	739	760	782	804	826	847
	[cm]	17.8	23.6	29.9	36.7	44.1	51.8	60.0	68.6	77.5
-5°C + cond. + ch. + v	[daN]	707	733	760	788	815	842	870	896	923
	[cm]	21.2	27.8	35.0	42.8	51.0	59.8	68.9	78.4	88.4
-5°C + cond. + ch. + v + a	[daN]	678	698	719	741	763	785	807	829	850
	[cm]	18.0	23.7	30.1	37.0	44.4	52.2	60.4	69.0	78.0
T(med) + cond. + V(max)	[daN]	421	435	450	465	479	494	509	524	538
	[cm]	15.4	20.2	25.6	31.3	37.5	44.0	50.8	58.0	65.4

TABELUL A.2.5

TRACȚIUNEA ORIZONTALĂ NORMATĂ ȘI SĂGEATA MAXIMĂ A CONDUCTORULUI DE PROTECȚIE PRINCIPAL ÎN FUNCȚIE DE LUNGIMEA DESCHIDERII NOMINALE ȘI DE REGIMUL CLIMATIC - TIPUL CONDUCTORULUI: AI - OL 70/12 DIN 48204.

Rezistențele mecanice de calcul maxime: $p_1 = 16,14$, $p_2 = 11,53$, $p_3 = 5,76 \text{ daN/mm}^2$

Zona meteo: B.

Faza lucrării: montaj

Regim climatic	Tracțiune orizontală normată P(0,n)	Deschidere nominală a(n) [m]									
	Săg. max. f(max)	27	31,5	36	40,5	45	49,5	54	58,5	63	
-33°C + cond.	[daN]	937	937	937	936	936	936	889	760	624	
	[cm]	2.7	3.7	4.8	6.1	7.5	9.1	11.4	15.7	22.2	
-30°C + cond.	[daN]	902	901	901	901	901	901	854	725	591	
	[cm]	2.8	3.8	5.0	6.3	7.8	9.5	11.9	16.4	23.4	
-25°C + cond.	[daN]	843	843	843	843	843	843	796	668	536	
	[cm]	3.0	4.1	5.4	6.8	8.4	10.1	12.8	17.8	25.8	
-20°C + cond.	[daN]	784	784	784	784	784	785	738	612	484	
	[cm]	3.2	4.4	5.8	7.3	9.0	10.9	13.8	19.5	28.6	
-15°C + cond.	[daN]	725	725	726	726	726	727	681	557	433	
	[cm]	3.5	4.8	6.2	7.9	9.7	11.7	14.9	21.4	31.9	
-10°C + cond.	[daN]	666	667	667	668	669	669	624	503	385	
	[cm]	3.8	5.2	6.8	8.6	10.5	12.7	16.3	23.7	35.9	
-5°C + cond.	[daN]	608	609	609	610	611	612	568	450	341	
	[cm]	4.2	5.7	7.4	9.4	11.5	13.9	17.9	26.5	40.5	
0°C + cond.	[daN]	550	551	552	553	555	556	513	400	301	
	[cm]	4.6	6.3	8.2	10.3	12.7	15.3	19.8	29.8	45.9	
+5°C + cond.	[daN]	492	493	495	497	499	501	459	353	267	
	[cm]	5.2	7.0	9.1	11.5	14.1	17.0	22.1	33.7	51.9	
10°C + cond.	[daN]	434	436	439	441	444	447	408	311	237	
	[cm]	5.8	7.9	10.3	13.0	15.9	19.1	24.9	38.4	58.3	
15°C + cond.	[daN]	378	380	384	387	391	394	359	273	213	

	[cm]	6.7	9.1	11.8	14.8	18.1	21.6	28.3	43.7	65.0
20°C + cond.	[daN]	322	326	331	335	340	345	314	240	193
	[cm]	7.9	10.6	13.7	17.0	20.7	24.7	32.3	49.6	71.8
25°C + cond.	[daN]	269	275	281	287	293	300	274	213	176
	[cm]	9.4	12.6	16.1	19.9	24.1	28.5	37.1	55.8	78.5
30°C + cond.	[daN]	220	228	236	243	251	259	239	191	162
	[cm]	11.5	15.2	19.2	23.5	28.1	32.9	42.5	62.3	85.1
35°C + cond.	[daN]	178	187	197	206	215	224	210	173	151
	[cm]	14.3	18.5	22.9	27.7	32.7	38.0	48.3	68.7	91.6
40°C + cond.	[daN]	143	155	166	176	186	196	187	159	141
	[cm]	17.7	22.3	27.3	32.4	37.9	43.6	54.4	75.1	97.8
-5°C + cond. + ch.	[daN]	745	778	812	846	880	913	919	884	854
	[cm]	24.8	32.3	40.4	49.1	58.3	67.9	80.3	98.0	117.7
-5°C + cond. + ch. + v	[daN]	810	855	900	944	987	1029	1046	1024	1004
	[cm]	30.0	38.7	48.1	58.0	68.5	79.5	93.1	111.6	132.0
-5°C + cond. + ch. + v + a	[daN]	747	782	816	851	885	918	925	891	861
	[cm]	25.0	32.6	40.8	49.5	58.7	68.5	80.9	98.6	118.4
T(med) + cond. + V(max)	[daN]	452	472	493	513	533	553	546	502	468
	[cm]	19.3	25.1	31.4	38.2	45.4	52.9	63.8	81.4	101.4

TABELUL A.2.6

TRACȚIUNEA ORIZONTALĂ NORMALĂ ȘI SĂGEATA MAXIMĂ A CONDUCTORULUI DE PROTECȚIE PRINCIPAL ÎN FUNCȚIE DE LUNGIMEA DESCHIDERII NOMINALE ȘI DE REGIMUL CLIMATIC - TIPUL CONDUCTORULUI: AI - OL 70/12 DIN 48204.

Rezistențele mecanice de calcul maxime: $p_1 = 16,14$, $p_2 = 11,53$, $p_3 = 5,76$ daN/mm²

Zona meteo: C

Faza lucrării: montaj

Regim climatic	Tracțiune orizontală normată P(0,n)	Deschidere nominală a(n) [m]									
	Săg. max. f(max)	27	31,5	36	40,5	45	49,5	54	58,5	63	
-33°C + cond.	[daN]	937	937	937	936	936	936	794	651	503	
	[cm]	2.7	3.7	4.8	6.1	7.5	9.1	12.8	18.3	27.5	
-30°C + cond.	[daN]	902	901	901	901	901	901	759	617	472	
	[cm]	2.8	3.8	5.0	6.3	7.8	9.5	13.4	19.3	29.3	
-25°C + cond.	[daN]	843	843	843	843	843	843	702	561	422	
	[cm]	3.0	4.1	5.4	6.8	8.4	10.1	14.5	21.2	32.8	
-20°C + cond.	[daN]	784	784	784	784	784	785	645	507	375	
	[cm]	3.2	4.4	5.8	7.3	9.0	10.9	15.7	23.5	36.9	
-15°C + cond.	[daN]	725	725	726	726	726	727	589	455	331	
	[cm]	3.5	4.8	6.2	7.9	9.7	11.7	17.2	26.2	41.7	
-10°C + cond.	[daN]	666	667	667	668	669	669	533	404	293	
	[cm]	3.8	5.2	6.8	8.6	10.5	12.7	19.0	29.5	47.2	
-5°C + cond.	[daN]	608	609	609	610	611	612	479	357	259	
	[cm]	4.2	5.7	7.4	9.4	11.5	13.9	21.2	33.4	53.3	
0°C + cond.	[daN]	550	551	552	553	555	556	427	314	231	
	[cm]	4.6	6.3	8.2	10.3	12.7	15.3	23.8	38.0	59.8	
+5°C + cond.	[daN]	492	493	495	497	499	501	377	276	208	
	[cm]	5.2	7.0	9.1	11.5	14.1	17.0	27.0	43.2	66.6	
10°C + cond.	[daN]	434	436	439	441	444	447	330	243	188	
	[cm]	5.8	7.9	10.3	13.0	15.9	19.1	30.8	49.1	73.3	
15°C + cond.	[daN]	378	380	384	387	391	394	288	215	173	
	[cm]	6.7	9.1	11.8	14.8	18.1	21.6	35.3	55.3	80.1	
20°C + cond.	[daN]	322	326	331	335	340	345	251	193	160	
	[cm]	7.9	10.6	13.7	17.0	20.7	24.7	40.4	61.8	86.6	
25°C + cond.	[daN]	269	275	281	287	293	300	220	175	149	
	[cm]	9.4	12.6	16.1	19.9	24.1	28.5	46.1	68.2	93.0	
30°C + cond.	[daN]	220	228	236	243	251	259	195	160	139	
	[cm]	11.5	15.2	19.2	23.5	28.1	32.9	52.1	74.6	99.2	

35°C + cond.	[daN]	178	187	197	206	215	224	174	148	131
	[cm]	14.3	18.5	22.9	27.7	32.7	38.0	58.3	80.8	105.2
40°C + cond.	[daN]	143	155	166	176	186	196	158	137	125
	[cm]	17.7	22.3	27.3	32.4	37.9	43.6	64.3	86.8	110.9
-5°C + cond. + ch.	[daN]	745	778	812	846	880	913	868	832	801
	[cm]	24.8	32.3	40.4	49.1	58.3	67.9	85.1	104.2	125.5
-5°C + cond. + ch. + v	[daN]	834	882	930	977	1024	1069	1042	1021	1003
	[cm]	31.7	40.7	50.5	60.8	71.7	83.1	101.4	121.4	143.4
-5°C + cond. + ch. + v + a	[daN]	749	783	818	852	887	921	876	841	811
	[cm]	25.1	32.7	40.9	49.7	58.9	68.7	85.9	105.1	126.4
T(med) + cond. + V(max)	[daN]	488	514	540	566	592	616	570	536	508
	[cm]	23.0	29.6	36.8	44.5	52.6	61.1	78.6	98.2	120.0

TABELUL A.2.7

TRACȚIUNEA ORIZZONTALĂ NORMATĂ ȘI SĂGEATA MAXIMĂ A CONDUCTORULUI DE PROTECȚIE PRINCIPAL ÎN FUNCȚIE DE LUNGIMEA DESCHIDERII NOMINALE ȘI DE REGIMUL CLIMATIC - TIPUL CONDUCTORULUI: AI - OL 240/40 DIN 48204.

Rezistențele mecanice de calcul maxime: $p_1 = 12,50$, $p_2 = 8,93$, $p_3 = 4,46$ daN/mm²

Zona meteo: A

Faza lucrării: montaj

Regim climatic	Tracțiune orizontală normată P(0,n)	Deschidere nominală a(n) [m]									
	Săg. max. f(max)	27	31,5	36	40,5	45	49,5	54	58,5	63	
-33°C + cond.	[daN]	2520	2519	2518	2517	2516	2515	2514	2512	2511	
	[cm]	3.5	4.8	6.2	7.9	9.7	11.8	14.0	16.5	19.1	
-30°C + cond.	[daN]	2397	2397	2396	2396	2395	2395	2394	2394	2393	
	[cm]	3.7	5.0	6.5	8.3	10.2	12.4	14.7	17.3	20.0	
-25°C + cond.	[daN]	2194	2194	2195	2195	2196	2196	2197	2197	2198	

	[cm]	4.0	5.5	7.1	9.0	11.1	13.5	16.0	18.8	21.8
-20°C + cond.	[daN]	1991	1992	1994	1995	1997	1999	2002	2004	2006
	[cm]	4.4	6.0	7.9	9.9	12.2	14.8	17.6	20.6	23.9
-15°C + cond.	[daN]	1789	1792	1795	1798	1802	1806	1810	1814	1819
	[cm]	4.9	6.7	8.7	11.0	13.6	16.4	19.5	22.8	26.4
-10°C + cond.	[daN]	1589	1593	1598	1604	1609	1616	1623	1630	1637
	[cm]	5.5	7.5	9.8	12.4	15.2	18.3	21.7	25.4	29.3
-5°C + cond.	[daN]	1391	1397	1405	1413	1422	1432	1442	1452	1463
	[cm]	6.3	8.6	11.1	14.0	17.2	20.7	24.4	28.5	32.8
0°C + cond.	[daN]	1196	1207	1218	1230	1243	1257	1271	1285	1300
	[cm]	7.4	9.9	12.9	16.1	19.7	23.6	27.7	32.2	36.9
+5°C + cond.	[daN]	1008	1023	1040	1057	1075	1093	1112	1131	1149
	[cm]	8.7	11.7	15.1	18.7	22.8	27.1	31.7	36.6	41.7
10°C + cond.	[daN]	831	853	876	899	922	946	969	992	1015
	[cm]	10.6	14.0	17.9	22.0	26.5	31.3	36.3	41.7	47.2
15°C + cond.	[daN]	673	702	732	761	790	818	846	873	899
	[cm]	13.1	17.1	21.4	26.0	31.0	36.2	41.6	47.4	53.3
20°C + cond.	[daN]	541	578	613	647	680	712	743	773	801
	[cm]	16.3	20.7	25.5	30.6	36.0	41.6	47.4	53.5	59.8
25°C + cond.	[daN]	442	482	521	557	593	626	659	690	720
	[cm]	19.9	24.9	30.1	35.5	41.3	47.3	53.5	59.9	66.6
30°C + cond.	[daN]	370	411	451	488	524	558	591	623	654
	[cm]	23.8	29.1	34.7	40.6	46.7	53.0	59.6	66.4	73.4
35°C + cond.	[daN]	319	360	398	435	470	504	536	568	599
	[cm]	27.6	33.3	39.4	45.6	52.1	58.8	65.7	72.8	80.1
40°C + cond.	[daN]	282	321	358	393	427	460	492	523	553
	[cm]	31.2	37.4	43.8	50.4	57.3	64.3	71.6	79.0	86.7
-5°C + cond. + ch.	[daN]	1522	1565	1609	1655	1701	1747	1793	1839	1885
	[cm]	14.3	19.0	24.1	29.6	35.6	41.9	48.6	55.6	62.9
-5°C + cond. + ch. + v	[daN]	1554	1605	1656	1709	1761	1814	1867	1919	1970
	[cm]	15.7	20.7	26.2	32.1	38.5	45.2	52.3	59.7	67.4

-5°C + cond. + ch. + v + a	[daN]	1523	1566	1611	1657	1703	1750	1796	1842	1888
	[cm]	14.4	19.0	24.2	29.7	35.7	42.1	48.8	55.8	63.1
T(med) + cond. + V(max)	[daN]	776	822	867	911	954	996	1037	1076	1115
	[cm]	17.3	22.3	27.6	33.2	39.1	45.4	51.9	58.7	65.7

TABELUL A.2.8

TRACȚIUNEA ORIZONTALĂ NORMALĂ ȘI SĂGEATA MAXIMĂ A CONDUCTORULUI DE PROTECȚIE PRINCIPAL ÎN FUNCȚIE DE LUNGIMEA DESCHIDERII NOMINALE ȘI DE REGIMUL CLIMATIC - TIPUL CONDUCTORULUI: AI - OL 240/40 DIN 48204.

Rezistențele mecanice de calcul maxime: $p_1 = 12,50$, $p_2 = 8,93$, $p_3 = 4,46$ daN/mm²

Zona meteo: B

Faza lucrării: montaj

Regim climatic	Tracțiune orizontală normală P(0,n)	Deschidere nominală a(n) [m]									
	Săg. max. f(max)	27	31,5	36	40,5	45	49,5	54	58,5	63	
-33°C + cond.	[daN]	2520	2519	2518	2517	2516	2515	2514	2512	2511	
	[cm]	3.5	4.8	6.2	7.9	9.7	11.8	14.0	16.5	19.1	
-30°C + cond.	[daN]	2397	2397	2396	2396	2395	2395	2394	2394	2393	
	[cm]	3.7	5.0	6.5	8.3	10.2	12.4	14.7	17.3	20.0	
-25°C + cond.	[daN]	2194	2194	2195	2195	2196	2196	2197	2197	2198	
	[cm]	4.0	5.5	7.1	9.0	11.1	13.5	16.0	18.8	21.8	
-20°C + cond.	[daN]	1991	1992	1994	1995	1997	1999	2002	2004	2006	
	[cm]	4.4	6.0	7.9	9.9	12.2	14.8	17.6	20.6	23.9	
-15°C + cond.	[daN]	1789	1792	1795	1798	1802	1806	1810	1814	1819	
	[cm]	4.9	6.7	8.7	11.0	13.6	16.4	19.5	22.8	26.4	
-10°C + cond.	[daN]	1589	1593	1598	1604	1609	1616	1623	1630	1637	
	[cm]	5.5	7.5	9.8	12.4	15.2	18.3	21.7	25.4	29.3	
-5°C + cond.	[daN]	1391	1397	1405	1413	1422	1432	1442	1452	1463	

	[cm]	6.3	8.6	11.1	14.0	17.2	20.7	24.4	28.5	32.8
0°C + cond.	[daN]	1196	1207	1218	1230	1243	1257	1271	1285	1300
	[cm]	7.4	9.9	12.9	16.1	19.7	23.6	27.7	32.2	36.9
+5°C + cond.	[daN]	1008	1023	1040	1057	1075	1093	1112	1131	1149
	[cm]	8.7	11.7	15.1	18.7	22.8	27.1	31.7	36.6	41.7
10°C + cond.	[daN]	831	853	876	899	922	946	969	992	1015
	[cm]	10.6	14.0	17.9	22.0	26.5	31.3	36.3	41.7	47.2
15°C + cond.	[daN]	673	702	732	761	790	818	846	873	899
	[cm]	13.1	17.1	21.4	26.0	31.0	36.2	41.6	47.4	53.3
20°C + cond.	[daN]	541	578	613	647	680	712	743	773	801
	[cm]	16.3	20.7	25.5	30.6	36.0	41.6	47.4	53.5	59.8
25°C + cond.	[daN]	442	482	521	557	593	626	659	690	720
	[cm]	19.9	24.9	30.1	35.5	41.3	47.3	53.5	59.9	66.6
30°C + cond.	[daN]	370	411	451	488	524	558	591	623	654
	[cm]	23.8	29.1	34.7	40.6	46.7	53.0	59.6	66.4	73.4
35°C + cond.	[daN]	319	360	398	435	470	504	536	568	599
	[cm]	27.6	33.3	39.4	45.6	52.1	58.8	65.7	72.8	80.1
40°C + cond.	[daN]	282	321	358	393	427	460	492	523	553
	[cm]	31.2	37.4	43.8	50.4	57.3	64.3	71.6	79.0	86.7
-5°C + cond. + ch.	[daN]	1622	1686	1751	1816	1881	1946	2009	2072	2134
	[cm]	18.2	23.8	29.9	36.5	43.6	51.0	58.7	66.8	75.3
-5°C + cond. + ch. + v	[daN]	1696	1774	1853	1931	2007	2083	2158	2231	2303
	[cm]	20.6	26.8	33.5	40.7	48.4	56.4	64.8	73.5	82.6
-5°C + cond. + ch. + v + a	[daN]	1625	1689	1755	1821	1886	1951	2015	2079	2141
	[cm]	18.3	23.9	30.1	36.7	43.8	51.2	59.0	67.1	75.6
T(med) + cond. + V(max)	[daN]	847	904	958	1011	1063	1113	1161	1209	1255
	[cm]	19.8	25.2	31.0	37.2	43.7	50.5	57.6	65.0	72.6

TABELUL A.2.9

TRACȚIUNEA ORIZONTALĂ NORMALĂ ȘI SĂGEATA MAXIMĂ A CONDUCTORULUI DE PROTECȚIE PRINCIPAL ÎN FUNCȚIE DE LUNGIMEA DESCHIDERII NOMINALE ȘI DE REGIMUL CLIMATIC - TIPUL CONDUCTORULUI: AI - OL 240/40 DIN 48204.

Rezistențele mecanice de calcul maxime: $p_1 = 12,50$, $p_2 = 8,93$, $p_3 = 4,46$ daN/mm²

Zona meteo: C

Faza lucrării: montaj

Regim climatic	Tracțiune orizontală normală P(0,n)	Deschidere nominală a(n) [m]									
	Săg. max. f(max)	27	31,5	36	40,5	45	49,5	54	58,5	63	
-33°C + cond.	[daN]	2520	2519	2518	2517	2516	2515	2514	2512	2511	
	[cm]	3.5	4.8	6.2	7.9	9.7	11.8	14.0	16.5	19.1	
-30°C + cond.	[daN]	2397	2397	2396	2396	2395	2395	2394	2394	2393	
	[cm]	3.7	5.0	6.5	8.3	10.2	12.4	14.7	17.3	20.0	
-25°C + cond.	[daN]	2194	2194	2195	2195	2196	2196	2197	2197	2198	
	[cm]	4.0	5.5	7.1	9.0	11.1	13.5	16.0	18.8	21.8	
-20°C + cond.	[daN]	1991	1992	1994	1995	1997	1999	2002	2004	2006	
	[cm]	4.4	6.0	7.9	9.9	12.2	14.8	17.6	20.6	23.9	
-15°C + cond.	[daN]	1789	1792	1795	1798	1802	1806	1810	1814	1819	
	[cm]	4.9	6.7	8.7	11.0	13.6	16.4	19.5	22.8	26.4	
-10°C + cond.	[daN]	1589	1593	1598	1604	1609	1616	1623	1630	1637	
	[cm]	5.5	7.5	9.8	12.4	15.2	18.3	21.7	25.4	29.3	
-5°C + cond.	[daN]	1391	1397	1405	1413	1422	1432	1442	1452	1463	
	[cm]	6.3	8.6	11.1	14.0	17.2	20.7	24.4	28.5	32.8	
0°C + cond.	[daN]	1196	1207	1218	1230	1243	1257	1271	1285	1300	
	[cm]	7.4	9.9	12.9	16.1	19.7	23.6	27.7	32.2	36.9	
+5°C + cond.	[daN]	1008	1023	1040	1057	1075	1093	1112	1131	1149	
	[cm]	8.7	11.7	15.1	18.7	22.8	27.1	31.7	36.6	41.7	
10°C + cond.	[daN]	831	853	876	899	922	946	969	992	1015	
	[cm]	10.6	14.0	17.9	22.0	26.5	31.3	36.3	41.7	47.2	
15°C + cond.	[daN]	673	702	732	761	790	818	846	873	899	

	[cm]	13.1	17.1	21.4	26.0	31.0	36.2	41.6	47.4	53.3
20°C + cond.	[daN]	541	578	613	647	680	712	743	773	801
	[cm]	16.3	20.7	25.5	30.6	36.0	41.6	47.4	53.5	59.8
25°C + cond.	[daN]	442	482	521	557	593	626	659	690	720
	[cm]	19.9	24.9	30.1	35.5	41.3	47.3	53.5	59.9	66.6
30°C + cond.	[daN]	370	411	451	488	524	558	591	623	654
	[cm]	23.8	29.1	34.7	40.6	46.7	53.0	59.6	66.4	73.4
35°C + cond.	[daN]	319	360	398	435	470	504	536	568	599
	[cm]	27.6	33.3	39.4	45.6	52.1	58.8	65.7	72.8	80.1
40°C + cond.	[daN]	282	321	358	393	427	460	492	523	553
	[cm]	31.2	37.4	43.8	50.4	57.3	64.3	71.6	79.0	86.7
-5°C + cond. + ch.	[daN]	1622	1686	1751	1816	1881	1946	2009	2072	2134
	[cm]	18.2	23.8	29.9	36.5	43.6	51.0	58.7	66.8	75.3
-5°C + cond. + ch. + v	[daN]	1725	1808	1891	1973	2054	2134	2212	2290	2365
	[cm]	21.4	27.8	34.8	42.2	50.0	58.3	66.9	75.8	85.1
-5°C + cond. + ch. + v + a	[daN]	1626	1691	1757	1823	1888	1953	2018	2081	2144
	[cm]	18.3	24.0	30.2	36.8	43.8	51.3	59.1	67.2	75.7
T(med) + cond. + V(max)	[daN]	928	996	1061	1124	1184	1243	1300	1356	1410
	[cm]	22.2	28.2	34.5	41.3	48.3	55.7	63.4	71.4	79.6

TABELUL A.2.10

TRACȚIUNEA ORIZONTALĂ NORMALĂ ȘI SĂGEATA MAXIMĂ A CONDUCTORULUI DE
PROTECȚIE PRINCIPAL ÎN FUNCȚIE DE LUNGIMEA DESCHIDERII NOMINALE ȘI DE
REGIMUL CLIMATIC - TIPUL CONDUCTORULUI: AI - 240 DIN 48201 - 5

Rezistențele mecanice de calcul maxime: $p_1 = 8,51$, $p_2 = 6,08$, $p_3 = 3,03$ daN/mm²

Zona meteo: A

Faza lucrării: montaj

Regim climatic	Tracțiune orizontală normală P(0,n)	Deschidere nominală a(n) [m]									
	Săg. max. f(max)	27	31,5	36	40,5	45	49,5	54	58,5	63	
-33°C + cond.	[daN]	1473	1472	1471	1471	1470	1469	1468	1467	1465	
	[cm]	4.1	5.5	7.2	9.2	11.3	13.7	16.3	19.2	22.3	
-30°C + cond.	[daN]	1382	1381	1381	1381	1381	1380	1380	1380	1379	
	[cm]	4.3	5.9	7.7	9.8	12.1	14.6	17.4	20.4	23.6	
-25°C + cond.	[daN]	1231	1231	1232	1233	1234	1235	1236	1237	1238	
	[cm]	4.9	6.6	8.6	10.9	13.5	16.3	19.4	22.7	26.3	
-20°C + cond.	[daN]	1081	1083	1085	1087	1089	1092	1095	1098	1101	
	[cm]	5.5	7.5	9.8	12.4	15.3	18.4	21.9	25.6	29.6	
-15°C + cond.	[daN]	932	936	940	944	949	954	959	965	970	
	[cm]	6.4	8.7	11.3	14.3	17.5	21.1	25.0	29.2	33.6	
-10°C + cond.	[daN]	787	793	800	807	815	823	831	839	848	
	[cm]	7.6	10.3	13.3	16.7	20.4	24.5	28.8	33.5	38.5	
-5°C + cond.	[daN]	647	657	668	679	690	702	714	725	737	
	[cm]	9.3	12.4	15.9	19.9	24.1	28.7	33.6	38.8	44.2	
0°C + cond.	[daN]	517	533	548	564	580	595	611	626	641	
	[cm]	11.6	15.3	19.4	23.9	28.7	33.8	39.2	44.9	50.9	
+5°C + cond.	[daN]	405	426	447	467	487	506	524	542	560	
	[cm]	14.8	19.1	23.8	28.9	34.2	39.8	45.7	51.9	58.3	
10°C + cond.	[daN]	318	344	368	391	413	434	455	474	493	
	[cm]	18.8	23.7	29.0	34.5	40.3	46.4	52.7	59.3	66.1	
15°C + cond.	[daN]	257	284	309	334	357	379	400	420	440	
	[cm]	23.3	28.7	34.4	40.4	46.7	53.2	59.9	66.9	74.1	
20°C + cond.	[daN]	215	242	267	291	314	336	357	378	398	
	[cm]	27.8	33.7	39.9	46.3	53.0	59.9	67.1	74.4	82.0	
25°C + cond.	[daN]	187	212	236	259	281	303	324	344	363	
	[cm]	32.1	38.5	45.1	52.0	59.1	66.5	74.0	81.8	89.8	
30°C + cond.	[daN]	166	190	213	235	256	277	297	316	335	
	[cm]	36.1	43.0	50.1	57.4	65.0	72.8	80.7	88.9	97.3	

35°C + cond.	[daN]	151	173	194	215	236	256	275	294	312
	[cm]	39.8	47.2	54.8	62.6	70.6	78.8	87.2	95.7	104.5
40°C + cond.	[daN]	138	159	180	200	219	238	257	275	293
	[cm]	43.3	51.2	59.2	67.5	75.9	84.5	93.3	102.3	111.4
-5°C + cond. + ch.	[daN]	841	889	936	982	1026	1070	1113	1155	1195
	[cm]	22.0	28.3	35.1	42.3	50.0	58.0	66.4	75.1	84.1
-5°C + cond. + ch. + v	[daN]	887	942	995	1047	1098	1148	1196	1243	1288
	[cm]	24.0	30.8	38.1	45.8	53.9	62.4	71.3	80.5	90.1
-5°C + cond. + ch. + v + a	[daN]	843	891	938	984	1029	1073	1116	1158	1199
	[cm]	22.0	28.4	35.2	42.5	50.1	58.2	66.6	75.3	84.3
T(med) + cond. + V(max)	[daN]	391	433	472	510	546	580	613	645	676
	[cm]	28.6	35.2	42.2	49.4	57.0	64.9	73.1	81.5	90.2

TABELUL A.2.11

TRACȚIUNEA ORIZONTALĂ NORMATĂ ȘI SĂGEATA MAXIMĂ A CONDUCTORULUI DE
PROTECȚIE PRINCIPAL ÎN FUNCȚIE DE LUNGIMEA DESCHIDERII NOMINALE ȘI DE
REGIMUL CLIMATIC - TIPUL CONDUCTORULUI: AI - 240 DIN 48201 - 5

Rezistențele mecanice de calcul maxime: $p_1 = 8,51$, $p_2 = 6,08$, $p_3 = 3,03$ daN/mm²

Zona meteo: B

Faza lucrării: montaj

Regim climatic	Tracțiune orizontală normată P(0,n)	Deschidere nominală a(n) [m]									
	Săg. max. f(max)	27	31,5	36	40,5	45	49,5	54	58,5	63	
-33°C + cond.	[daN]	1473	1472	1471	1471	1470	1469	1468	1467	1465	
	[cm]	4.1	5.5	7.2	9.2	11.3	13.7	16.3	19.2	22.3	
-30°C + cond.	[daN]	1382	1381	1381	1381	1381	1380	1380	1380	1379	
	[cm]	4.3	5.9	7.7	9.8	12.1	14.6	17.4	20.4	23.6	
-25°C + cond.	[daN]	1231	1231	1232	1233	1234	1235	1236	1237	1238	

	[cm]	4.9	6.6	8.6	10.9	13.5	16.3	19.4	22.7	26.3
-20°C + cond.	[daN]	1081	1083	1085	1087	1089	1092	1095	1098	1101
	[cm]	5.5	7.5	9.8	12.4	15.3	18.4	21.9	25.6	29.6
-15°C + cond.	[daN]	932	936	940	944	949	954	959	965	970
	[cm]	6.4	8.7	11.3	14.3	17.5	21.1	25.0	29.2	33.6
-10°C + cond.	[daN]	787	793	800	807	815	823	831	839	848
	[cm]	7.6	10.3	13.3	16.7	20.4	24.5	28.8	33.5	38.5
-5°C + cond.	[daN]	647	657	668	679	690	702	714	725	737
	[cm]	9.3	12.4	15.9	19.9	24.1	28.7	33.6	38.8	44.2
0°C + cond.	[daN]	517	533	548	564	580	595	611	626	641
	[cm]	11.6	15.3	19.4	23.9	28.7	33.8	39.2	44.9	50.9
+5°C + cond.	[daN]	405	426	447	467	487	506	524	542	560
	[cm]	14.8	19.1	23.8	28.9	34.2	39.8	45.7	51.9	58.3
10°C + cond.	[daN]	318	344	368	391	413	434	455	474	493
	[cm]	18.8	23.7	29.0	34.5	40.3	46.4	52.7	59.3	66.1
15°C + cond.	[daN]	257	284	309	334	357	379	400	420	440
	[cm]	23.3	28.7	34.4	40.4	46.7	53.2	59.9	66.9	74.1
20°C + cond.	[daN]	215	242	267	291	314	336	357	378	398
	[cm]	27.8	33.7	39.9	46.3	53.0	59.9	67.1	74.4	82.0
25°C + cond.	[daN]	187	212	236	259	281	303	324	344	363
	[cm]	32.1	38.5	45.1	52.0	59.1	66.5	74.0	81.8	89.8
30°C + cond.	[daN]	166	190	213	235	256	277	297	316	335
	[cm]	36.1	43.0	50.1	57.4	65.0	72.8	80.7	88.9	97.3
35°C + cond.	[daN]	151	173	194	215	236	256	275	294	312
	[cm]	39.8	47.2	54.8	62.6	70.6	78.8	87.2	95.7	104.5
40°C + cond.	[daN]	138	159	180	200	219	238	257	275	293
	[cm]	43.3	51.2	59.2	67.5	75.9	84.5	93.3	102.3	111.4
-5°C + cond. + ch.	[daN]	961	1027	1090	1152	1211	1269	1325	1380	1434
	[cm]	27.0	34.4	42.4	50.8	59.6	68.8	78.4	88.4	98.7
-5°C + cond. + ch. + v	[daN]	1051	1129	1203	1275	1345	1412	1478	1542	1604
	[cm]	30.2	38.3	47.0	56.1	65.7	75.6	86.0	96.8	107.9

-5°C + cond. + ch. + v + a	[daN]	965	1031	1095	1157	1217	1275	1332	1387	1441
	[cm]	27.2	34.6	42.6	51.0	59.8	69.1	78.7	88.7	99.1
T(med) + cond. + V(max)	[daN]	466	516	563	608	651	692	732	771	808
	[cm]	31.2	38.4	45.9	53.8	62.1	70.6	79.4	88.6	98.0

TABELUL A.2.12

TRACȚIUNEA ORIZZONTALĂ NORMALĂ ȘI SĂGEATA MAXIMĂ A CONDUCTORULUI DE
PROTECȚIE PRINCIPAL ÎN FUNCȚIE DE LUNGIMEA DESCHIDERII NOMINALE ȘI DE
REGIMUL CLIMATIC - TIPUL CONDUCTORULUI: AI - 240 DIN 48201 - 5

Rezistențele mecanice de calcul maxime: $p_1 = 8,51$, $p_2 = 6,08$, $p_3 = 3,03$ daN/mm²

Zona meteo: C

Faza lucrării: montaj

Regim climatic	Tracțiune orizontală normală P(0,n)	Deschidere nominală a(n) [m]									
	Săg. max. f(max)	27	31,5	36	40,5	45	49,5	54	58,5	63	
-33°C + cond.	[daN]	1473	1472	1471	1471	1470	1469	1468	1467	1328	
	[cm]	4.1	5.5	7.2	9.2	11.3	13.7	16.3	19.2	24.5	
-30°C + cond.	[daN]	1382	1381	1381	1381	1381	1380	1380	1380	1244	
	[cm]	4.3	5.9	7.7	9.8	12.1	14.6	17.4	20.4	26.2	
-25°C + cond.	[daN]	1231	1231	1232	1233	1234	1235	1236	1237	1107	
	[cm]	4.9	6.6	8.6	10.9	13.5	16.3	19.4	22.7	29.5	
-20°C + cond.	[daN]	1081	1083	1085	1087	1089	1092	1095	1098	976	
	[cm]	5.5	7.5	9.8	12.4	15.3	18.4	21.9	25.6	33.4	
-15°C + cond.	[daN]	932	936	940	944	949	954	959	965	853	
	[cm]	6.4	8.7	11.3	14.3	17.5	21.1	25.0	29.2	38.2	
-10°C + cond.	[daN]	787	793	800	807	815	823	831	839	742	
	[cm]	7.6	10.3	13.3	16.7	20.4	24.5	28.8	33.5	44.0	
-5°C + cond.	[daN]	647	657	668	679	690	702	714	725	645	

	[cm]	9.3	12.4	15.9	19.9	24.1	28.7	33.6	38.8	50.6
0°C + cond.	[daN]	517	533	548	564	580	595	611	626	563
	[cm]	11.6	15.3	19.4	23.9	28.7	33.8	39.2	44.9	57.9
+5°C + cond.	[daN]	405	426	447	467	487	506	524	542	496
	[cm]	14.8	19.1	23.8	28.9	34.2	39.8	45.7	51.9	65.8
10°C + cond.	[daN]	318	344	368	391	413	434	455	474	442
	[cm]	18.8	23.7	29.0	34.5	40.3	46.4	52.7	59.3	73.7
15°C + cond.	[daN]	257	284	309	334	357	379	400	420	399
	[cm]	23.3	28.7	34.4	40.4	46.7	53.2	59.9	66.9	81.7
20°C + cond.	[daN]	215	242	267	291	314	336	357	378	365
	[cm]	27.8	33.7	39.9	46.3	53.0	59.9	67.1	74.4	89.4
25°C + cond.	[daN]	187	212	236	259	281	303	324	344	337
	[cm]	32.1	38.5	45.1	52.0	59.1	66.5	74.0	81.8	96.9
30°C + cond.	[daN]	166	190	213	235	256	277	297	316	313
	[cm]	36.1	43.0	50.1	57.4	65.0	72.8	80.7	88.9	104.2
35°C + cond.	[daN]	151	173	194	215	236	256	275	294	294
	[cm]	39.8	47.2	54.8	62.6	70.6	78.8	87.2	95.7	111.1
40°C + cond.	[daN]	138	159	180	200	219	238	257	275	277
	[cm]	43.3	51.2	59.2	67.5	75.9	84.5	93.3	102.3	117.8
-5°C + cond. + ch.	[daN]	961	1027	1090	1152	1211	1269	1325	1380	1370
	[cm]	27.0	34.4	42.4	50.8	59.6	68.8	78.4	88.4	103.2
-5°C + cond. + ch. + v	[daN]	1083	1165	1243	1319	1392	1463	1532	1599	1603
	[cm]	31.3	39.6	48.5	57.9	67.7	77.9	88.6	99.6	115.2
-5°C + cond. + ch. + v + a	[daN]	967	1033	1097	1159	1219	1278	1335	1390	1380
	[cm]	27.2	34.7	42.6	51.1	60.0	69.2	78.9	88.9	103.8
T(med) + cond. + V(max)	[daN]	545	603	658	711	762	810	857	903	902
	[cm]	33.7	41.4	49.6	58.1	67.0	76.2	85.7	95.5	110.8