

**UNIVERSITATEA "POLITEHNICA" DIN TIMIȘOARA
FACULTATEA DE MANAGEMENT ÎN PRODUCȚIE ȘI
TRANSPORTURI
CATEDRA DE MECANIZARE ȘI INGINERIA
TRANSPORTURILOR**

Ing. BUNGESCU SORIN TIBERIU

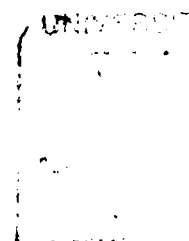
TEZĂ DE DOCTORAT

**STUDII ȘI CERCETĂRI PRIVIND DISTRIBUȚIA
TENSIUNILOR PE SUPRAFAȚA CORMANEI DE TIP
LAMELAR ÎN VEDEREA MODELĂRII ȘI OPTIMIZĂRII
CONSTRUCȚIEI**

**Conducător științific:
Prof. univ. dr. ing. ȘTEFAN CONSTANTIN**

**BIBLIOTECA CENTRALĂ
UNIVERSITATEA "POLITEHNICA"
TIMIȘOARA**

**TIMIȘOARA
2000**



Celor care fizic nu mai sunt alături de mine dar spiritual îi simt mereu aproape și mă îndeamnă să le urmez modelul: bunicului meu Prof. Dr. Ing. Gheorghe Bungescu și Prof. Dr. Octavian Gheorghiu.

PREFAȚĂ

Pe această cale doresc să aduc mulțumiri tuturor celor care într-un fel sau altul m-au sprijinit și au fost alături de mine în realizarea acestei lucrări.

Exprim întreaga mea recunoștință pentru înalta competență științifică cu care m-a îndrumat în toți acești ani domnului Prof. Dr. Ing. Ștefan Constantin. Sfaturile sale generatoare de optimism și încredere, criticile sale pertinente, materialul bibliografic bogat, pus la dispoziție, m-au ajutat pe parcursul elaborării tezei.

Aduc mulțumiri domnului Prof. Dr. Ing. Dumitru O. Ion și domnului Prof. Dr. Ing. Faur Nicolae care cu pasiune și pricepere m-au ajutat la realizarea părții teoretice și experimentale a acestei lucrări.

Gândurile mele de mulțumire se îndreaptă și spre domnul Prof. Dr. Ing. Babeu Tiberiu care cu deosebită bunăvoință mi-a dat sfaturi prețioase privind alcătuirea lucrării și m-a susținut pe parcursul acesteia.

De asemenea, aduc mulțumiri colegilor: Ș.L. Ing. Iancului Dumitru, Ș.L. Dr. Ing. Gonczii Atilla și Ș.L. Ing. Ursulescu Remus de la Catedra de Mecanizare și Ingineria Transporturilor (fosta Catedră de Mașini Agricole) din cadrul U.P. Timișoara pentru ajutorul acordat în toți acești ani.

Calde mulțumiri domnului Prof. Dr. Ing. Dănilă Ion, Prof. Dr. Ing. Nica Constantin, domnului Prof. Dr. Ing. Lăncrăjan Zenoviu, doamnei Prof. Dr. Ing. Tonea Cornelia, doamnei Prof. Dr. Ing. Voia Iulia și domnului Prof. Dr. Babescu Gheorghe pentru sugestiile lor și sprijinul moral acordat.

Doresc să-mi exprim profunda mea grațitudine specialiștilor de la Combinatul Agroindustrial Curtici: Dir. Gen. Dr. Ing. Muscă Dimitrie, Ing. Șef. Brumbea Vasile, Ing. Tigan Toader și specialiștilor de la S.C. PROMPT S.A. Timișoara: Ing. Pop Nicolae, Ing. Lupea Mircea, Ing. Gruia George care m-au ajutat la efectuarea încercărilor experimentale și prelucrării datelor obținute în cadrul acestei teze.

Totodată aduc mulțumiri doamnei CPIII Ing. Predoiu Cristina, domnului CPII Ing. Popescu Eugen, domnului CPII Ing. Magyar Mihai Zoltan și domnului Ing. Bodea Codru de la I.N.M.A. București, care mi-au netezit drumul în mod deosebit în etapa de documentare și de efectuare a încercărilor experimentale pentru această teză.

Exprim mulțumire domnului director general al I.N.M.A. București, Dr. Ing. Gîngu Vergil și domnului director general al S.C. Multim S.A. Timișoara, Ing. Todorescu Aurel pentru amabilitatea și sprijinul acordat.

Mulțumesc de asemenea domnului Ing. Mihailov Jean pentru colaborarea și amabilitatea domniei sale.

Aduc mulțumiri domnului Ing. Petcu Gheorghe de la S.C. MAT S.A. Craiova și doamnei Ing. Popovici Maria de la S.C. U.M.T. S.A. Timișoara pentru ajutorul deosebit acordat pe parcursul încercărilor experimentale de laborator.

De asemenea, aduc mulțumiri domnului Prof. Dr. Ing. Paulen Jozef de la Universitatea Agricolă din Nitra și domnului director general al S.T.S. Nitra pentru materialele puse la dispoziție pe parcursul bursei de documentare, de care am beneficiat în cursul acestui an, în Slovacia.

Mulțumesc specialiștilor de la firmele: IPSO John Deer - România, AGRIPOWER București, Exco Agraria București, Rom Agra Businesses București, KUHN - România, MAT Craiova, SEMBRAZI Sibiu, MARIUS Cluj, MECANICA Ceahlău, SUMA Băilești, PREMAGRO Oradea, MECANICA Codlea, I.M.A. Iași, MECANICA Vaslui, IMA Iași, Vogel & Noot Arad - România, AGROCOMERT Holding S.A. Timișoara, DORIELA AGRO-SERVICE București și TADIS Agro Timișoara pentru informațiile prețioase pe care le-au furnizat.

Nu în ultimul rând, aduc calde mulțumiri familiei mele, care, în toți acești ani, m-a ajutat moral și material, făcând posibilă finalizarea acestei teze de doctorat.

Ing. Bungescu Sorin Tiberiu

CUPRINS

	Pag.
CUPRINS	II
CONSIDERAȚII GENERALE	1
PARTEA I - STUDIUL CRITIC PRIVIND STADIUL ACTUAL AL REALIĂRILOR ÎN DOMENIUL PLUGURILOR ECHIPATE CU CORMANE DE TIP LAMELAR	
<u>CAPITOLUL 1. STADIUL ACTUAL PRIVIND ECHIPAREA PLUGURILOR CU CORMANE LAMELARE</u>	6
1.1. Studii privind evoluția pe plan mondial a echipării plugurilor cu cormane lamelare	6
1.2. Studii privind evoluția pe plan național a echipării plugurilor cu cormane lamelare	26
<u>CAPITOLUL 2. STADIUL ACTUAL AL CERCETĂRILOR PRIVIND DISTRIBUȚIA TENSIUNILOR PE SUPRAFEȚELE ORGANELOR DE LUCRU ALE MAȘINILOR DE LUCRAT SOLUL</u>	31
2.1. Sinteza procedeelelor de studiu a stării de tensiune din organele de lucru ale mașinilor agricole. Importanța acestor studii	31
2.2. Sinteza încercărilor de măsurare a distribuției presiunilor superficiale pe organele de lucru ale unor mașini agricole	32
2.3. Utilizarea Metodei Elementului Finit(M.E.F.) la determinarea distribuției tensiunilor pe suprafața organelor de lucru	40
2.4. Aprecierea distribuției presiunilor, funcție de gradul de uzură al zonei de lucru	46
2.5. Stadiul actual al realizărilor în domeniul utilizării traductoarelor și a aparatului necesare pentru măsurarea presiunii solului asupra trupiței plugului.....	48
CONCLUZII LA PARTEA I.	58
PARTEA a II-a - CONTRIBUȚII TEORETICE PRIVIND DISTRIBUȚIA TENSIUNILOR PE SUPRAFAȚA CORMANELOR PLUGURILOR MECANICE	
<u>CAPITOLUL 3. CONTRIBUȚII TEORETICE PRIVIND STUDIUL INTERACȚIUNII SOL -CORMANĂ LAMELARĂ</u>	62
3.1. Considerații generale	62
3.2. Contribuții la studiul cinematicii brazdei în procesul de răsturnare, în cazul plugurilor cu cormane lamelare	63
3.3. Studiul interacțiunii sol - cormană lamelară	67
3.3.1. Ecuatiile mișcării stratului de sol pe suprafața de lucru a cormanei lamelare	67
3.3.2. Ecuația traiectoriei brazdei pe suprafața de lucru a cormanei lamelare	71
3.3.3. Calculul energiei necesare aruncării particulelor de sol în procesul de arat	76
3.3.4. Rezistența opusă datorită mișcării stratului de sol pe suprafața de lucru a cormanei lamelare	79

3.3.5. Studiul analitic a tensiunilor ce acționează pe cormana lamelară a plugului	85
CAPITOLUL 4. STUDII ASUPRA MATERIALELOR UTILIZATE LA CORMANILE PLUGURILOR MECANICE	87
4.1. Considerații generale	87
4.2. Cercetări asupra tipurilor de materiale utilizate în construcția cormanelor plugurilor	87
4.3. Studiul materialelor compozite stratificate, utilizate în construcția cormanelor plugurilor	96
4.3.1. Considerații generale	96
4.3.2. Studiul caracteristicilor materialelor compozite stratificate laminate folosite în construcția cormanelor	99
4.4. Calculul de rezistență al materialelor compozite stratificate utilizate la construcția cormanelor	106
4.4.1. Ipoteze generale	106
4.4.2. Deformații și deplasări	106
4.4.3. Tensiuni.....	110
 CAPITOLUL 5. UTILIZAREA METODELOR NUMERICE ÎN VEDEREA MODELĂRII STĂRILOR DE TENSIUNE ȘI DEFORMAȚII ÎN CAZUL TRUPIȚELOR CU CORMANE LAMELARE	112
5.1. Considerații generale privind utilizarea Metodei Elementului Finit(M.E.F.) în calculul stării de tensiune și deformație din straturile de rezistență	112
5.2. Bazele teoretice ale Metodei Elementelor Finite aplicate la cormana de tip lamelar	113
5.3. Principiul Metodei Elementului Finit	115
5.4. Aplicarea elementului finit triunghiular, la studiul stării de deformații și tensiune	117
5.5. Modelarea stării de tensiune și deformație pe trupița cu cormană cu lamele drepte	124
 CONCLUZII LA PARTEA a II-a.	167
 PARTEA a III-a - CERCETĂRI EXPERIMENTALE PRIVIND DISTRIBUȚIA TENSIUNILOR PE SUPRAFAȚA CORMANEI DE TIP LAMELAR	
CAPITOLUL 6. CERCETĂRI DE LABORATOR ASUPRA STRUCTURII MATERIALELOR ȘI GEOMETRIEI CORMANELOR LAMELARE STUDIAȚE	170
6.1. Contribuții privind evaluarea caracteristicilor mecanice și evidențierea unor aspecte metalografice asupra materialelor utilizate la cormanele lamelare	170
6.2. Studiul parametrilor geometrici ai suprafeței de lucru a cormanelor lamelare studiate	186
 CAPITOLUL 7. CERCETĂRI EXPERIMENTALE ÎN TEREN PRIVIND DISTRIBUȚIA TENSIUNILOR PE SUPRAFAȚA CORMANEI DE TIP LAMELAR	199
7.1. Criterii de alegere pentru experiment a tipului de cormană lamelară	199
7.2. Criterii de alegere a metodei de măsurare a tensiunilor	200
7.3. Metodică experimentală, utilaje și aparate folosite	207
7.4. Evaluarea proprietăților solului pe care s-au efectuat experimentările	212

IV

7.4.1. Stabilirea tipului de sol	212
7.4.2. Stabilirea umidității solului	212
7.5. Experimentări în teren	215
7.5.1. Pregătirea pentru experiment a agregatului și parametrii principali măsurăți în timpul experimentului	215
7.5.2. Prezentarea materialului primar	215
CAPITOLUL 8. PRELUCRAREA REZULTATELOR EXPERIMENTALE ȘI ANALIZA LOR	237
8.1. Prelucrarea oscilogramelor	237
8.2. Distribuția tensiunilor pe lamele	242
CONCLUZII LA PARTEA a III-a.	253
CONCLUZII FINALE. CONTRIBUȚII PERSONALE. RECOMANDĂRI.	
Concluzii finale	257
Contribuții personale	259
Recomandări	261
ANEXA 1.a.	262
ANEXA 1.b.	265
ANEXA 1.c.	275
ANEXA 2.a.	286
ANEXA 2.b.	289
ANEXA 2.c	299
BIBLIOGRAFIE	309

CONSIDERAȚII GENERALE

Agricultura a fost considerată de la origine și până în secolele trecute, când au început să apară mașinile agricole, drept o artă a tradițiilor în care regulile se transmiteau din tată în fiu, rarele și micile schimbări fiind condamnate ca abateri grave la tradiție.

Apariția mașinilor agricole a fost văzută la început de către unii "teoreticieni" burghezi ca un fel de lux inutil.

Chiar spre sfârșitul secolului al XIX-lea în tratatele care se bucurau de cel mai mare prestigiu, se putea citi că "mecanica agricolă nu este încă decât o parte accesorie, slabă, negativă chiar a agriculturii. Partea fundamentală, delicată și într-adevăr fecundă o formează botanica și zoologia aplicată".

Folosirea rațională a darurilor cerului - se spunea pe atunci - trebuie să aibă precădere în fața celei mai ingenioase mașini de lucrat solul, semănat, cosit, secerat sau treierat.

Dacă atât calitatea cât și cantitatea produselor solului nu va crește, la ce va servi - se întrebau „teoreticienii” timpului - toată această bogăție mecanică?

În prezent, ne vine să râdem de aceste concepții, pentru că astăzi orice mecanizator știe că mașinile agricole sunt mai prețioase decât darurile cerului. Dacă ploaia nu cade atunci când e nevoie, mecanizatorii folosesc agregate de ploaie artificială. Dacă un teren e prea mocirlos, i se trimite un „doctor” în ajutor. Doctorul e de fapt tractoristul, iar medicamentul, un plug enorm care sapă un canal adânc de un metru pentru scurgerea apei.

Marele om de știință român Gheorghe Ionescu-Șișești spune, la 17 octombrie 1925[236][237], următoarele:

„ Când vor încolți în mintea organelor administrative că îmbunătățirea producției agricole este o problemă fundamentală a statului nostru românesc, atunci greutățile vor fi pe jumătate biruite. Dacă va deveni unanimă această convingere, se vor găsi și mijloacele și căile pentru a se ajunge la scop”

Mecanizarea completă și complexă a tuturor proceselor de producție din agricultură, reprezintă unul din factorii principali care determină creșterea producției și productivității din agricultură.

Mecanizarea, alături de selecția plantelor și a animalelor, chimizare și irigații este elementul determinant pentru o agricultură modernă.

Cea mai importantă lucrare a solului este aratul. Însemnătatea arăturii se datorează atât proceselor fizice, chimice și biologice pe care le suferă solul în urma acestor lucrări, cât și efortul mare de tracțiune pe care îl necesită.

Dintre toate mașinile și uneltele agricole, plugul pare cea mai „modestă” unealtă. Și totuși plugul a avut în istoria omenirii o însemnătate uriașă. Rolul pe care l-a jucat el în dezvoltarea civilizației, în crearea unor noi condiții pentru viața omului, poate fi asemuit doar cu rolul pe care l-a avut mult mai târziu mașina cu aburi în dezvoltarea tehnicii și a industriei, în deschiderea unor noi posibilități pentru ridicarea nivelului de trai al oamenilor.

Apariția plugului a permis omului să treacă de la situația de culegător în care se găsea în epoca sălbăticiiei, la aceea de semănător-culegător în epoca barbariei.

Plugurile sunt destinate efectuării arăturii, lucrare prin care se realizează tăierea, desprinderea, comprimarea, întoarcerea, deplasarea laterală, mărunțirea, amestecarea și afânarea unei fâșii de sol de la suprafață, numită brazdă.

Plugul datează din cele mai vechi timpuri ale existenței omenirii, fiind cea mai veche uneltă agricolă. El a apărut pe treapta istorică de trecere a societății omenești de la viața nomadă la cea sedentară de agricultori.

Marele om de știință român Constantin Sandu Aldea spunea, în 1921, următoarele:

„Multe și felurite mașinării a izvodit mintea omenească, în curgerea vremurilor, dar nici una dintre ele nu se poate măsura cu plugul, oricât de puternice, oricât de grozave ar fi ele.

În mersul ei înainte, omenirea nu mai are nevoie azi de unelte pe care le-a scornit ieri.

Toate trec...

Împărății puternice se prăbușesc, orașe mari cad la pământ, cetăți ferecate se fac pulbere, noroade numeroase pier în negura viacurilor, piscurile munților se macină de vreme și se surpă, apele își croiesc pe alocuri alte mătci.

Numai plugul rămâne.

Pe unde au fost odată mândre palate sau cetăți năprasnice, el trece biruitor și-n brazda lui binecuvântată rodește pâinea omenirii.

Lumea trebuie să creadă în plug, ca însemnul celei mai curate munci, de pe urma căruia trăiește.

El începe munca țăranilor primăvara, el o sfârșește toamna.

El deschide sânul pământului, sporind rodirea, el împrăștie pe ogoare învăluite în cormana lui, dulcea mireasmă a brazdei proaspete.

Să ne plecăm, deci, cu iubire pe coarneaua lui și să-l prețuim după cuviință.

Omenirea nu poate trăi fără el”

Flegon A., în 1956, spunea în cartea sa "Mașinile agricole de-a lungul veacurilor"[109], următoarele:

"În prezent chiar viața omului este de neconceput fără agricultură, iar agricultura este de neconceput fără plug.

Fără combine, tractoare, semănători, cultivatoare și alte mașini agricole, omul ar putea trăi și astăzi, bineînțeles, la un nivel de viață mult mai scăzut. Dovada o constituie țările mai înapoiate din diversele colțuri ale pământului. Fără plug, însă, societatea de astăzi ar fi sortită pieirii groaznice și inevitabile, prin înfometare".

Majoritatea agrotehnicienilor recunosc că fierul de plug a pus bazele culturii omenești și că nu există altă uneltă sau mașină agricolă care să ridice fertilitatea pământului în măsura în care a ridicat-o plugul. Ei își întăresc afirmațiile prin următoarele explicații științifice:

"Plugul, răsturnînd și mărunțind stratul arabil al solului, îngroapă buruienile și semințele lor, precum și inamicii plantelor agricole. Totodată, partea de jos a solului, care are o compoziție fizică structurală, e scoasă la suprafață, iar partea de sus, rămasă fără structură, cade la fund. Solul fără structură este apoi divizat de către rădăcinile vii în glomerule, iar humusul(o substanță organică complexă, lipicioasă, de obicei de culoare închisă), care ia naștere în urma descompunerii resturilor moarte ale plantelor, contribuie la cimentarea particulelor din glomerulele de sol. În acest fel, prin răsturnarea solului, se creează condițiile necesare pentru refacerea structurii lui.

Mărunțirea stratului arabil asigură pătrunderea apei și a aerului în sol. În același timp, din cauză că se rup capilarele înguste dintre particulele solului, se previne uscarea suprafeții solului. Datorită accesului ușor al aerului și al apei în sol se intensifică procesele biochimice de descompunere a resturilor organice și se formează sărurile minerale necesare alimentației plantelor"

Evoluția plugului este strâns legată de evoluția și dezvoltarea forțelor de producție ale societății umane.

La început aceste unelte, bețe ascuțite, erau acționate de om, iar calitatea "arăturii" era în funcție de forța musculară a acestuia.

Plugul primitiv a evoluat permanent luând forme tot mai perfecționate construindu-se din părți componente adecvate tracțiunii animale. Vârfurile de lucru ale uneltelor de lucrat solul au fost protejate cu metale pentru a li se mări durabilitatea ceea ce a constituit strămoșul brăzdarului de astăzi.

În societatea sclavagistă și în feudalism s-a prevăzut o scândură montată lateral, sub un unghi față de acesta, care să deplaseze și să răstoarne stratul de sol tăiat și ridicat de brăzdar. Pe parcursul dezvoltării lui plugul a căpătat forme din ce în ce mai perfecționate; i s-a adăugat cuțitul lung, avantrenul, iar scândura ce folosea la deplasarea brazdei a căpătat forma cormanei.

Odată cu dezvoltarea capitalismului, în Europa au luat ființă atelierele constructoare de pluguri perfecționate cu tracțiune animală.

Primele încercări pentru mecanizarea procesului de arat s-au făcut la sfârșitul secolului al 16-lea când plugul cu tracțiune animală a fost tras cu ajutorul cablurilor și a două trolii de lemn.

Odată cu apariția tracțiunii mecanice, la început cu abur, apoi cu tractoare folosind motoare cu ardere internă, construcția plugurilor a fost complet revoluționată. Primele pluguri cu tracțiune mecanică au fost plugurile polibrăzdare balansiere.

La sfârșitul secolului al 19-lea, începutul secolului al 20-lea paralel cu dezvoltarea tractoarelor cu motoare cu ardere internă, plugurile tractate mecanic au avut o evoluție rapidă.

La noi în țară construcția plugurilor a urmărit aceeași evoluție generală ca și celelalte țări ale Europei. Până la primul război mondial toate plugurile erau importate, în marea lor majoritate de la firmele germane, existând și pluguri de lemn.

După primul război mondial s-au fabricat la noi în țară pluguri cu tracțiune animală la Uzinele Bocșa Română.

Plugurile destinate a lucra în agregat cu tractoare au fost produse în România numai după cel de al doilea război mondial.

Plugurile cu cormane au înregistrat în ultimul timp o evoluție spectaculoasă. Cu toate că pe plan mondial lucrarea fundamentală a solului a început să fie executată și cu alte mașini, de concepție cu totul diferită de aceea a plugurilor cu cormane, totuși acestea din urmă, continuă să dețină ponderea de bază în executarea lucrării de arat. Mai mult decât atât, în conceperea construcției și funcționării plugurilor moderne cu cormane s-a investit mult efort intelectual și s-au creat exemplare de o creativitate nebănuită.

Cele mai noi construcții de pluguri realizate de firme constructoare cu realizări prestigioase în acest domeniu, atât pe plan european cât și mondial, reprezintă chintesența a tot ce a putut să creeze mai bun tehnica constructoare în domeniu. Ele dispun de o capacitate de adaptare deosebită la noile tehnologii de lucrare a asolului. Soluțiile tehnice adoptate, sunt capabile să ofere un mare grad de adaptabilitate la categoriile de sol, stare a terenului, grad de acoperire cu resturi vegetale, potențialul bazei energetice etc.

Un exemplu concludent îl reprezintă plugurile cu cormane lamelare care în etapa actuală au devenit preponderente în preferințele agricultorilor din Uniunea Europeană.

Păun Ion Otiman, Membru al Academiei Române, profesor și rector la Universitatea de Științe Agricole a Banatului, în 2000, spunea în cartea sa "Restructurarea agriculturii și dezvoltarea rurală a României în vederea aderării la Uniunea Europeană"[184], următoarele:

"Opțiunea României de aderare la Uniunea Europeană, de integrare în structurile europene și euroatlantice, de apropiere din toate punctele de vedere - economic, social, cultural, juridic și politic - de Europa este teza politică fundamentală pe care trebuie să se așeze viitorul țării noastre. Pornind de la această strategie trebuie înțeles că aderarea la U.E. nu este o problemă conjunkturală, ci este o problemă care cuprinde o serie de criterii de performanță politică, juridică, economică și socială"

În încheierea acestor rânduri trebuie arătat că, după părerea autorului prezentei lucrări, cercetarea cormanelor cu lamele ar trebui să fie mai mult în centrul atenției cercetătorilor din România, atât a celor care fac cercetare fundamentală aplicativă, cât și a celor care lucrează în cercetarea - dezvoltarea de mașini agricole. Lucrarea de față se înscrie în această dorință a autorului de a avea o contribuție în acest domeniu pe care îl consideră de o importanță deosebită.

PARTEA I

STUDIUL CRITIC PRIVIND STADIUL ACTUAL AL REALIZĂRILOR ÎN DOMENIUL PLUGURILOR ECHIPATE CU CORMANE DE TIP LAMELAR

CAPITOLUL 1

STADIUL ACTUAL PRIVIND ECHIPAREA PLUGURILOR CU CORMANE LAMELARE

1.1. Studii privind evoluția pe plan mondial a echipării plugurilor cu cormane lamelare.

Pe solurile grele și foarte grele, cu umiditate ridicată, mlăștinoase, tip lăcoviște, cormanele clasice nu execută o arătură de calitate. În scopul eliminării acestui neajuns, pe plan mondial, s-a trecut la realizarea cormanelor cu lamele (benzi, fâșii) care s-au dovedit că lucrează foarte bine pe astfel de soluri.

Pentru a vedea interesul manifestat pe plan mondial față de plugurile cu cormane lamelare, s-a consultat rețeaua internațională de calculatoare **INTERNET**. Rezultatul cercetării a fost indicarea a peste 30 de adrese, dintre acestea o mare parte au fost adresele principalelor firme constructoare de pluguri cu cormane lamelare.

Cu ajutorul acestei imense resurse de informații care este **INTERNET-ul**, s-a reușit stabilirea nivelului actual al cercetărilor privind utilizarea pe plan mondial a cormanelor lamelare în construcția plugurilor mecanice.

Apariția cormanelor lamelare (cu fâșii), nu este de dată recentă. Primele cormane lamelare au fost realizate de către **Bajac în Franța încă în anul 1900**. El a echipat varianta sa de plug reversibil cu astfel de cormane (figura 1.1) [271].

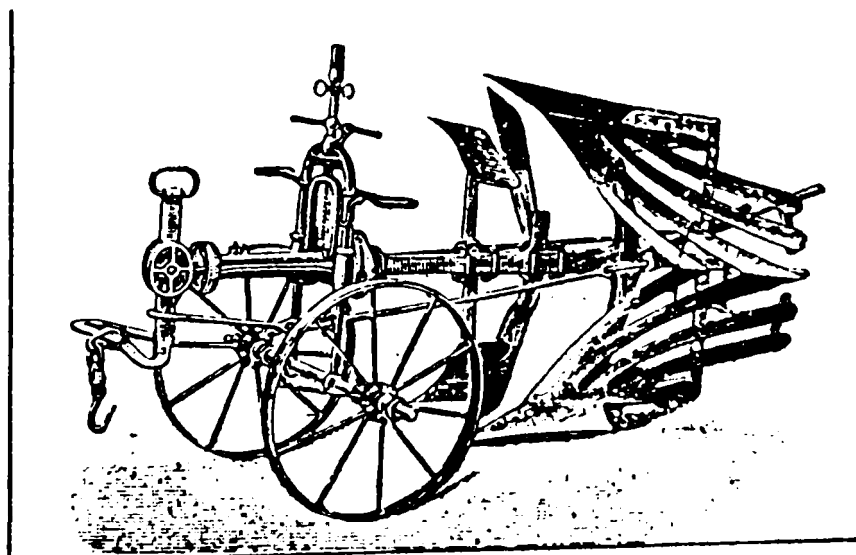


Figura 1.1. Plug reversibil Bajac cu cormane lamelare [271].

În decursul timpului firmele constructoare de pluguri din lume au realizat noi variante de cormane lamelare și le-au perfecționat pe cele existente astfel încât, în prezent, există o varietate de astfel de cormane care să lucreze în bune condiții pe toate tipurile de sol.

La ora actuală marea majoritate a producătorilor de pluguri din lume oferă pe lângă cormanele clasice și cormane cu lamele. Dintre firmele care realizează acest tip de cormană amintim [132][267][302][309][310][311][312][313][314][318][320].

- ❖ **firmele germane:** Rabe - Werk, Lemken, Eberhardt, Vogel & Noot, Krone, Frost;
- ❖ **firmele austriece:** Landsberg, Regent, Pöttinger;
- ❖ **firmele franceze:** Kuhn - Huard, Gregorie - Besson;
- ❖ **firmele italiene:** Nardi;
- ❖ **firmele norvegiene:** Kverneland;
- ❖ **firmele americane:** John Deer, Case, Massey Ferguson;
- ❖ **firmele iugoslave:** IMT.

Formele de cormane cu lamele sunt tot atât de variate ca și cele fără lamele, dimensiunile lamelor și evoluția parametrilor geometrici, atât pentru lamele cât și pentru întreaga suprafață de lucru a cormanei, respectă în principiu aceeași parametrii ce caracterizează geometria cormanelor fără lamele, dar care se încadrează în unul din tipurile de bază utilizate pentru echiparea plugurilor, respectiv: cilindrice, universale, semielicoidale sau elicoidale.

Corespunzător categoriei tipului de cormană, se remarcă diferențe în ceea ce privește lungimea, lățimea și grosimea lamelor, evoluția spațiilor dintre ele și modul de repartiție pe suprafața de lucru, astfel încât să se respecte în principiu configurația conturului exterior în cazul când trupa respectivă ar fi echipată cu cormană fără lamele. Spațiile dintre lamele se lătesc spre partea posterioară a cormanei (spre spate). Acest lucru face ca pietrele să nu se înțepenească între lamele.

Respectarea acestei reguli se evidențiază prin modul de dispunere a lamelor prezentate în figurile 1.3, 1.4, 1.5, . . . , 1.22. [320].

Particularitățile constructiv - funcționale ale principalelor tipuri de cormane lamelare, inclusiv materialele din care sunt confecționate lamelele de către diversele firme constructoare se prezintă în tabelul 1.1. [320].

Una dintre cele mai mari firme constructoare de pluguri cu cormane lamelare din lume, este firma germană Rabe - Werk. Mai mult de 75% din plugurile firmei **Rabe** construite azi sunt cu cormane lamelare.

Cormanele lamelare construite de această firmă lucrează aproape în toate solurile mai bine decât cormana plină (figura 1.6. a, b) [320][132].

Unii cercetători străini, au comparat atât din punct de vedere energetic cât și din punct de vedere al consumurilor specifice cormanele clasice cu cele lamelare. Au mai studiat și aspecte legate de calitatea lucrărilor. Concluziile sunt următoarele:

- ❖ Cormanele lamelare lucrează în condiții foarte bune pe toate tipurile de sol;
- ❖ Avantajul principal al cormanelor lamelare este reprezentat de capacitatea lor de a lucra bine solurile grele și cu umiditate ridicată;
- ❖ Cormanele lamelare reduc dimensiunile bulgărilor de sol, și realizează o arătură mai bine mărunțită și mai ușor de lucrat ulterior;
- ❖ În condițiile specifice ale interacțiunii dintre lamele și sol, acesta nu se lipește pe suprafața cormanei, indiferent de tipul solului pe care-l lucrează;

- ❖ Cormanele lamelare reduc forța de tracțiune pe toate tipurile de sol, dar mai ales pe solurile cu umiditate ridicată(pe aceste soluri forța de tracțiune se reduce cu peste 20%);
- ❖ Economia de energie la executarea lucrării cu astfel de cormane, este o particularitate a plugurilor respective;
- ❖ Prin folosirea lamelor interschimbabile(înlocuibile) se reduc costurile la piesele de uzură;
- ❖ Prezența unei divergențe între lamele, face ca pietrele să se autoelimine.

Din încercările realizate de către cercetătorii de la **Universitatea HOHENHEIN** și de către cei de la "**Institutul pentru Tehnică Agrară**" din **Stuttgart - Germania** asupra comportării cormanelor lamelare ce echipază plugurile **Rabe - Werk**[270][320], a rezultat că pe un sol argilos, cu umiditatea de 19%, valoarea forței specifice de rezistență la tracțiune a plugului echipat cu cormane lamelare este mai mică cu 20% față de cea a plugului echipat cu cormane clasice, pe întreaga gamă de viteze de lucru. Variația forței specifice de rezistență la tracțiune cu plugurile cu cormane clasice, respectiv cu lamele în funcție de viteza de lucru este prezentată în figura 1.2.

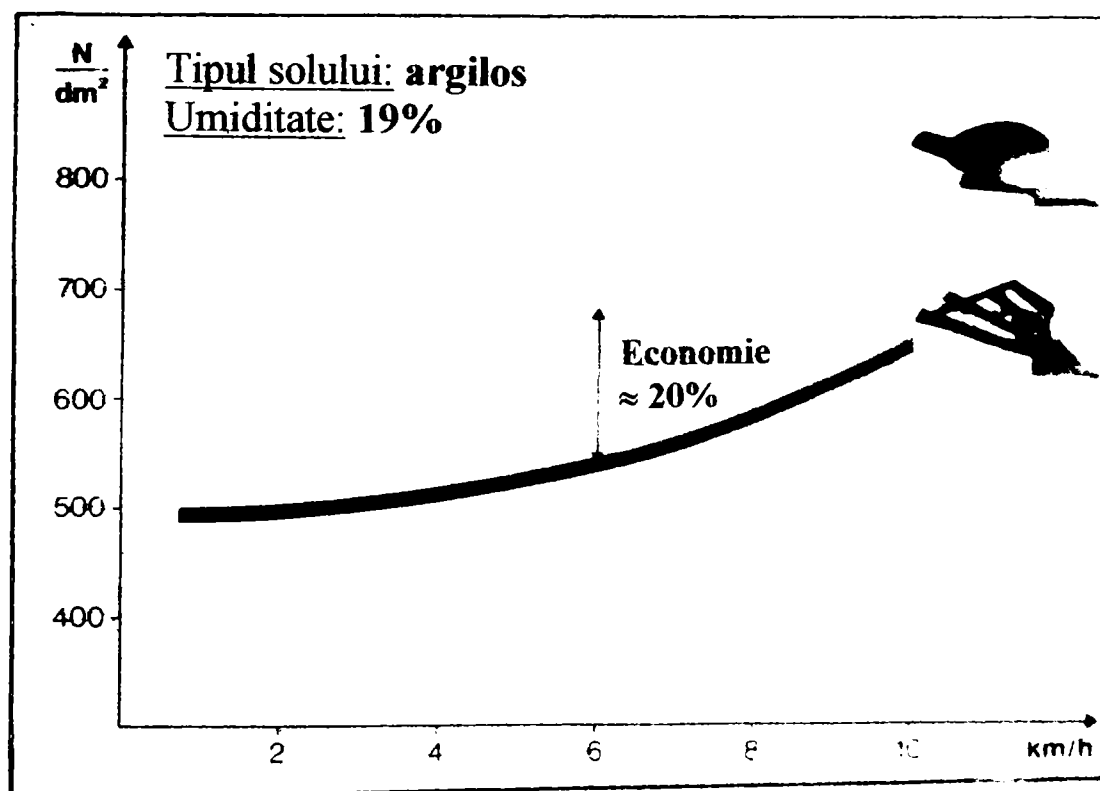


Figura 1.2. Variația forței specifice de rezistență la tracțiune în funcție de viteza de lucru la plugurile echipate cu cormane clasice și respectiv cu cormane cu lamele[270][320].

Tabelul 1.1. Particularitățile constructiv - funcționale ale cormanelor lamelare prezentate în figurile 1.3.,..., 1.21.

Firma producătoare	Nr. figurii	Tipul cormanei. Destinație.	Adâncimea de lucru. [cm]	Lățimea de lucru. [cm]	Modul de prindere al lamelor.	Tipul materialului.	Tipul lamelor.
1	2	3	4	5	6	7	8
Lemken (Germania)	1.3. a	BS42 BS40 BS20 soluri lutoase brăzdar tip SB56DR SB56DL (11x150)	28-35	30-50	cu suport comun	Letrix	drepte interschimbabile și independente
Lemken (Germania)	1.3. b	BS42 BS40 BS20 soluri lutoase brăzdar tip SB56R SB56L (10x145)	28-35	30-50	cu suport comun	Letrix	drepte interschimbabile și independente
Lemken (Germania)	1.4. a	Universală BUS1B	25-35	25-50	cu suport comun	Letrix	curbe neschimbabile
Lemken (Germania)	1.4. b	US40 US35 brăzdar tip SB56R SB56L (11x145)	20-40	25-50	cu suport comun	Letrix	drepte interschimbabile și independente
Lemken (Germania)	1.5. a	US40 US35 brăzdar tip SB56DR SB56DL (11x150)	20-40	25-50	cu suport comun	Letrix	drepte interschimbabile și independente

Tabelul 1.1. (continuare)

1	2	3	4	5	6	7	8
Lemken (Germania)	1.5. b	Universala spre semisicoidala - lamele de sus este invernală	25-40	25-50	cu suport comun	Letrix	drepte interschimbabile și independente
Rabe-Werk (Germania)	1.6. a	pentru toate tipurile de sol	29-37	25-53	cu suport comun	Conit Rabedur	drepte interschimbabile și independente
Rabe-Werk (Germania)	1.6. b	pentru toate tipurile de sol - brădar cu vârf reversibil - cormă nă suplimentară	29-37	25-53	cu suport comun	Conit Rabedur	drepte interschimbabile și independente
Rabe-Werk (Germania)	1.6. c	pentru soluri gre- le argiloase care tind să se lipească grad de mărunțire bun	max. 37,5	35-40	cu suport comun	Dreilegematerial Conit	drepte interschimbabile și independente
Rabe-Werk (Germania)	1.6. d	pentru soluri grele argiloase care tind să se li- pească - grad de mărunțire bun - brădar cu vârf reversibil - pre- lungitor strip cormă	max. 37,5	35-40	cu suport comun	Dreilegematerial Conit	drepte interschimbabile și independente
Vogel & Noot (Germania)	1.7. a	Universala Tip ULST soluri clasice. apare spre semigrele	18-30	26-55	cu suport individual	Permanit	drepte interschimbabile și independente
Vogel & Noot (Germania)	1.7. b	Universala Tip ULST soluri semigrele spre grele	18-30	26-55	cu suport comun	Permanit	drepte interschimbabile și independente

Tabelul 1.1. (continuare)

1	2	3	4	5	6	7	8
Eberhardt (Germania)	1.8.	universală tip U soluri lutoase, argiloase	28-32	30-50	cu suport comun	Sandwich-Bauweise EUROHART 2000	drepte interschimbabile și independente
Krone (Germania)	1.9. a	Universală Tip KG 122/161 brăzdar cu vârf reversibil + cor- mană supliment- ară	-	30-50	cu suport comun	-	drepte interschimbabile și independente
Krone (Germania)	1.9. b	Combinată - pentru toate tipurile de sol	-	30-50	cu suport co- mun și diferit față de cel de la tip KG	-	drepte interschimbabile și independente
Frost (Germania)	1.10. a	Universală Tip UST soluri lipicioase	18-30	28-46	cu suport individual	Permanit	drepte interschimbabile și independente
Frost (Germania)	1.10. b	Universală Tip ULST soluri lipicioase	18-30	28-46 28-40 32-44 30-50 35-43 34-46	cu suport comun	Permanit	drepte interschimbabile și independente
Pottinger (Austria)	1.11	pentru soluri grele	35-40	25-55	cu suport comun	Leunit	drepte interschimbabile și independente
Landberg (Austria)	1.12. a	Tip WSS universală - so- luri grele - mă- rime bună pe teren mlăștinos și sol argilos	35-40	30-50	cu suport comun	Leunit	drepte, late interschimbabile. lamele 60x10 mm
Landberg (Austria)	1.12. b	Tip UFS soluri grele	27-35	30-50	cu suport comun	Leunit	drepte interschimbabile și independente
Landberg (Austria)	1.12. c	Tip UWS soluri grele	30-35	30-50	cu suport comun	Leunit	curbe, mai înguste mai mici interschimbabile. lamele 60x10 mm

Tabelul 1.1. (continuare)

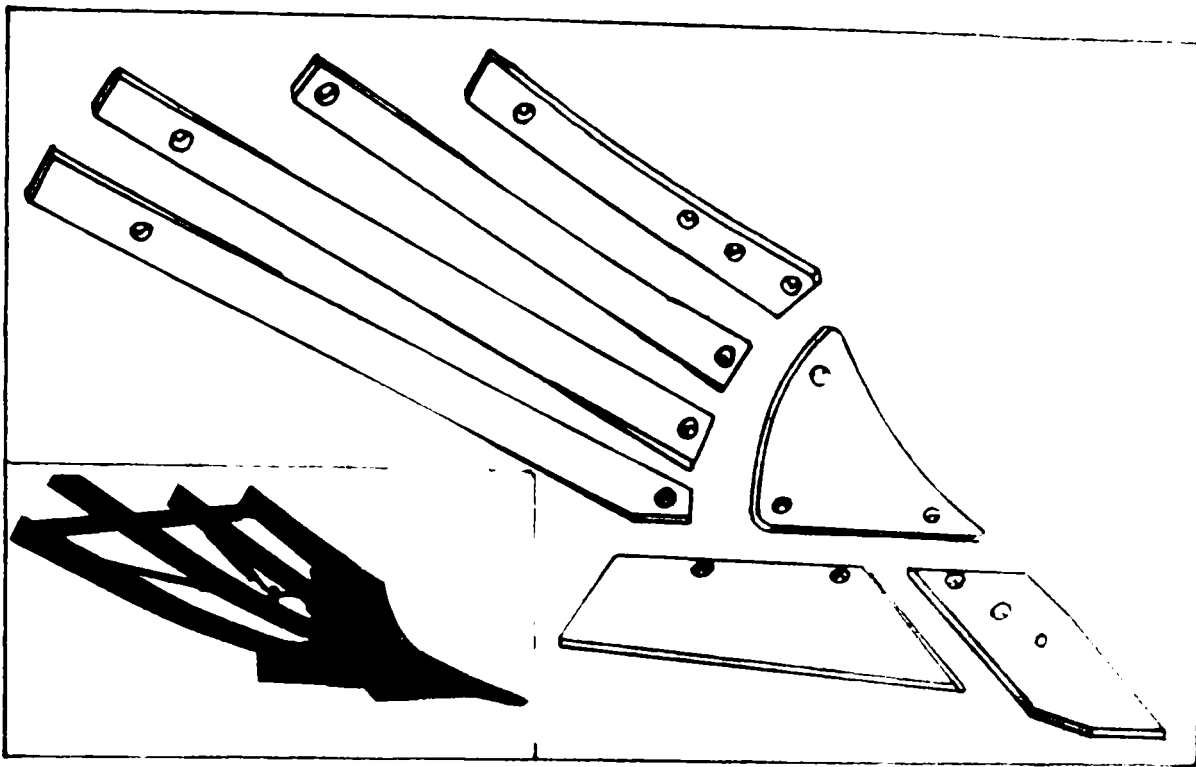
1	2	3	4	5	6	7	8
Landsberg (Austria)	I 12. d	Tip W pestru dez- marșit	26-35	30-50	cu suport comun	Leurit	curbe interschimbabile și independente
Regent (Austria)	I 13. a	SK4 solari uscate, nisipoase spre seminalăstinoase	-	32-52 32-44 32-48 32-50 34-52 32-45 34-48	cu suport comun	Trigent	drepte interschimbabile și independente
Regent (Austria)	I 13. b	SKL5 solari lipicioase, bogate în hu- mus, mătănoase	-	32-52 32-44 32-48 32-50 34-52	cu suport comun	Trigent	drepte interschimbabile și independente
Kverneland (Norvegia)	I 14.	solari argiloase- mătănoase	20-40	max 40	cu suport individual	oțel omogen (g-8mm) obținut printr-o metodă denumită Sagittal rezistent la uzură + flexibilitate)	drepte neschimbabile
Heard (Franța)	I 15	Univerală Tip VP solari argilo-li- picioase, mătă- noase, efort de tracțiune redus	-	35-40 35-45 30-50	cu suport comun	Triplex	drepte interschimbabile și independente
Gregorio-Besson (Franța)	I 16. a	Citadrelă americană Tip B2	-	30-50	cu suport comun	-	drepte interschimbabile și independente
Gregorio-Besson (Franța)	I 16. b	Citadrelă Tip B3-CV7	-	-	cu suport comun	-	drepte interschimbabile și independente

Tabelul 1.1. (continuare)

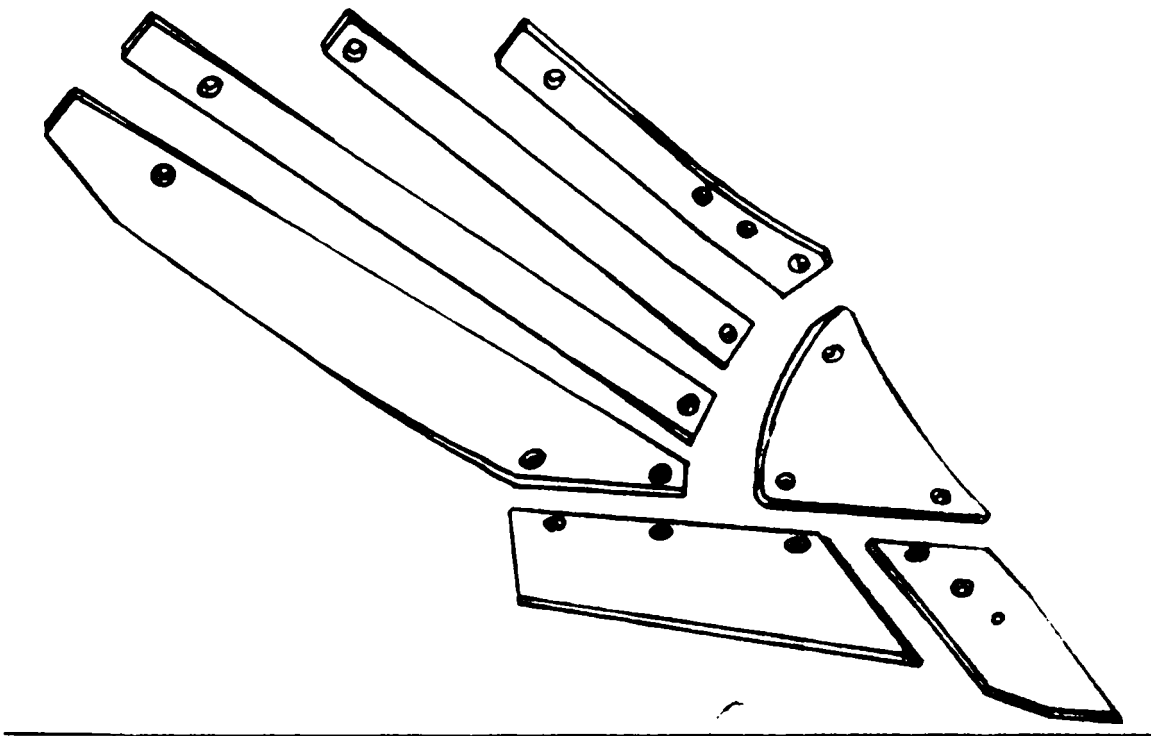
1	2	3	4	5	6	7	8
Nardi (Italia)	1.17.	Universală Tip UN6 solari umede, semi-grele, coloidale	27-33	30-45	cu suport comun	.	drepte interschimbabile și independente
Nardi (Italia)	1.17.	Universală Tip UN7 solari umede, semi-grele, coloidale	33-38	33-50	cu suport comun	.	drepte interschimbabile și independente
Nardi (Italia)	1.17.	Universală Tip UN7-M solari umede, semi-grele, coloidale	33-40	33-50	cu suport comun	.	drepte interschimbabile și independente
Nardi (Italia)	1.17.	Universală Tip UN9 solari umede, semi-grele, coloidale	35-45	36-54	cu suport comun	.	drepte interschimbabile și independente
Nardi (Italia)	1.17.	Universală Tip UP9 solari umede, semi-grele, coloidale	35-45	36-54	cu suport comun	.	drepte interschimbabile și independente
IMT (Serbia)	1.18.	Universală solari independente	35	40	cu suport comun	.	drepte interschimbabile și independente
John Deer (SUA)	1.19.	Universală solari letonice	16-45	40-60	cu suport comun	.	drepte interschimbabile și independente

Tabelul 1.1 (continuare)

1	2	3	4	5	6	7	8
Massey-Ferguson (SUA)	1.20.	Universală - lucrează în soluri unde lucrul cu cormana clasică este o problemă	10-30	30-45	cu suport comun		drepte interschimbabile și independente
Case (SUA)	1.21.	Tip HSCS soluri cleioase (lipicioase)	-	-	cu suport comun	oțel special călit în straturile exterioare	curbe interschimbabile și independente
Prototip România INMA București MAT Craiova	1.22. a	Universală	max.22	25	cu suport comun	material compozit laminat stratificat	curbe interschimbabile+ cormana su- plimentară
Prototip România INMA București MAT Craiova	1.22. b	Universală soluri cu umiditate ridicată + lipicioase	max.30	35	cu suport comun	material compozit laminat stratificat	drepte interschimbabile+ antecormana
Prototip România INMA București MAT Craiova	1.22. c	Universală soluri cu umiditate ridicată + lipicioase	max.30	35	cu suport comun	material compozit laminat stratificat	curbe interschimbabile+ prept detașabil

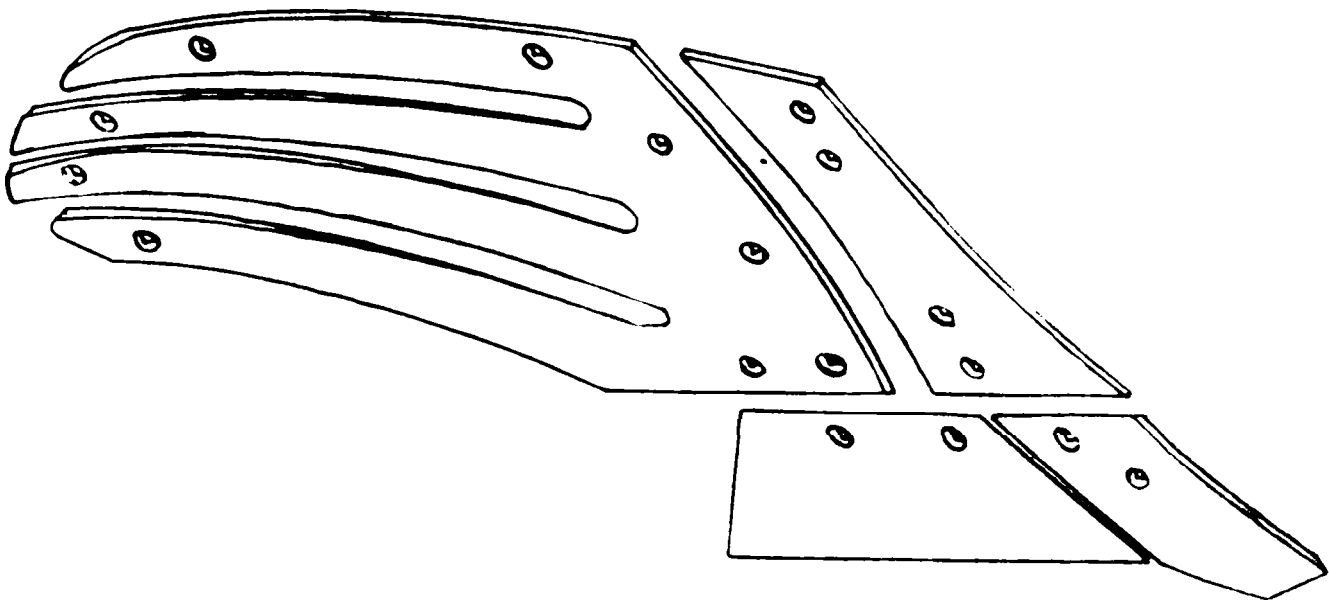


a)

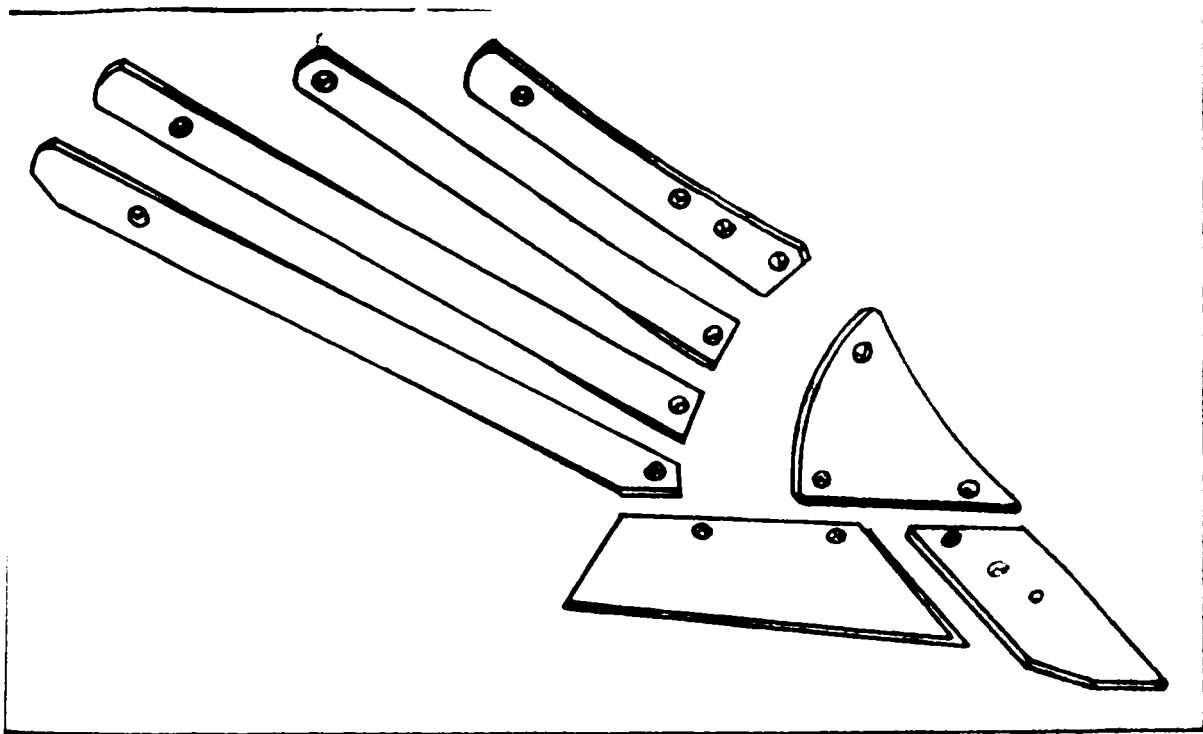


b)

Figura 1.3. Variantele firmei germane "LEMKEN"

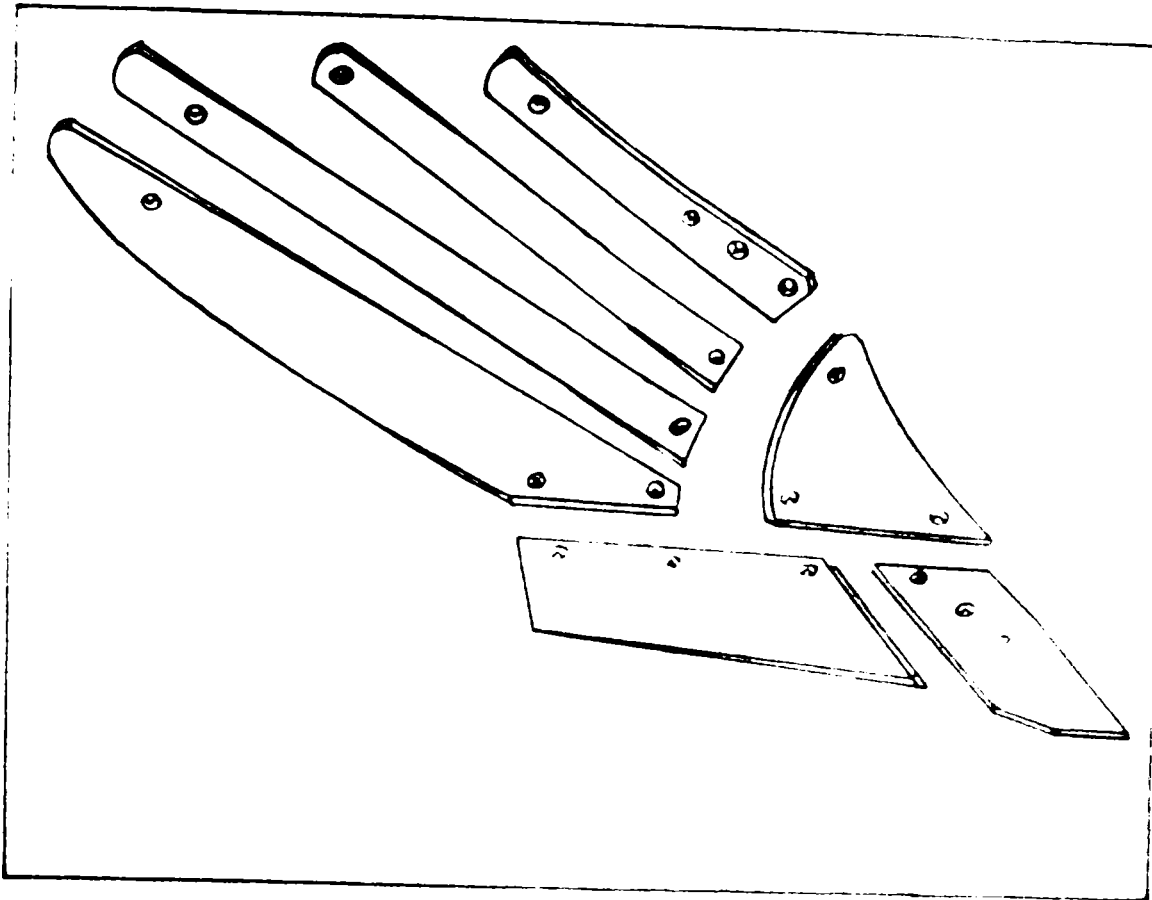


a)



b)

Figura 1.4. Variantele firmei germane "LEMKEN".

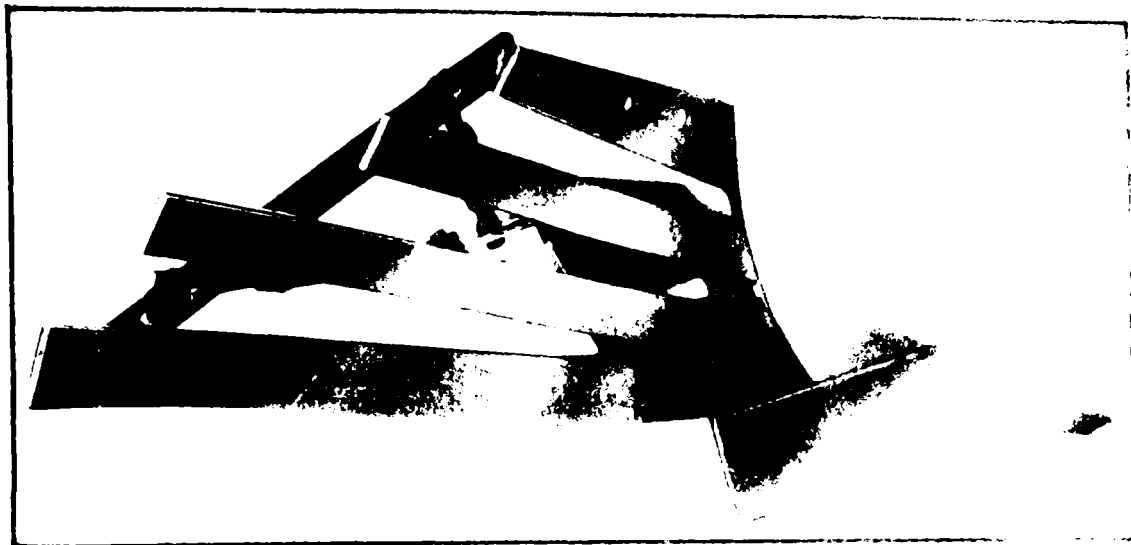


a)

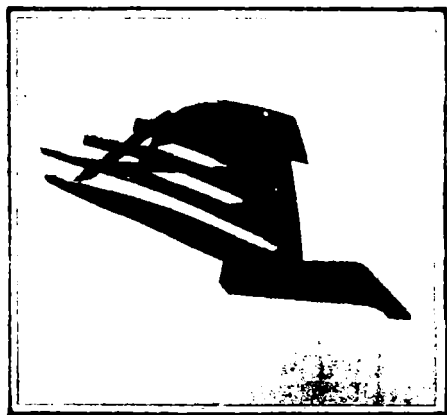


b)

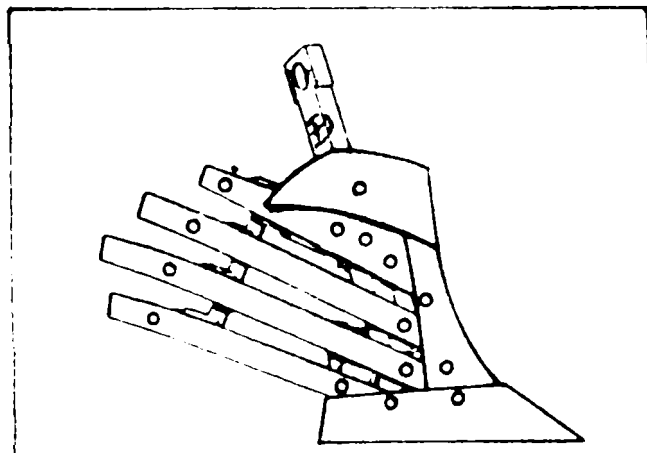
Figura 1.5. Variantele firmei germane "LEMKEN".



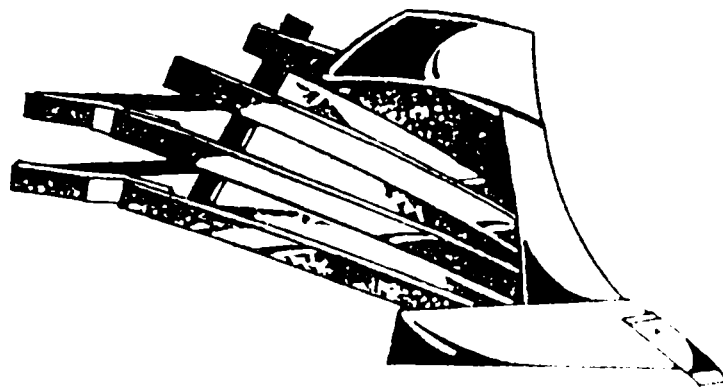
a)



b)



c)

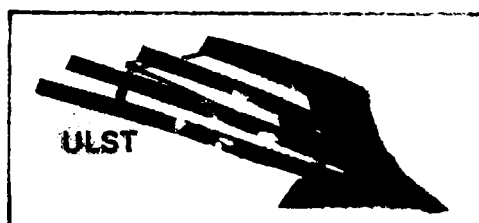


d)

Figura 1.6. Variantele firmei germane "RABE - WERK".



ULST



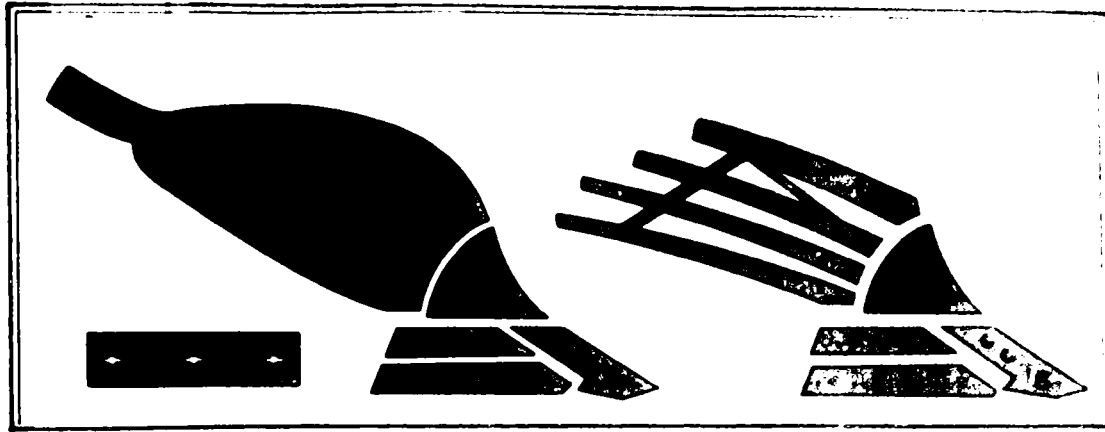
ULST

VOGEL & NOOT

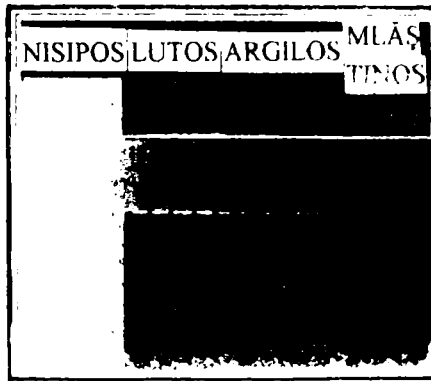
a)

b)

Figura 1.7. Variantele firmei germane "VOGEL&NOOT".

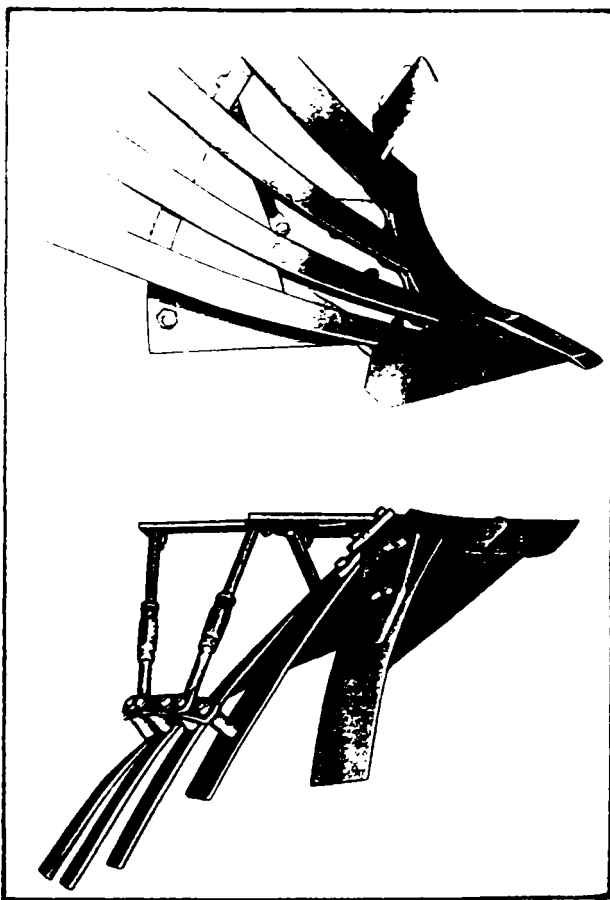


a)



b)

Figura 1.8. Cormana lamelară a firmei germane "EBERHARDT" în comparație cu cormana plină, a aceleiași firme. Tipul solului pe care lucrează.



a)



b)

Figura 1.9. Variantele firmei germane "KRONE".



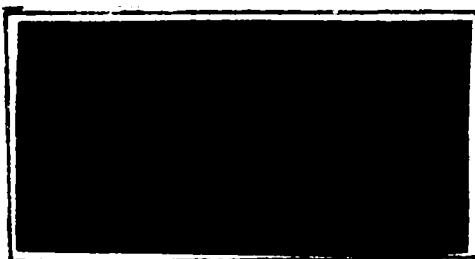
FROST

Figura 1.10. Varianta firmei germane "FROST"

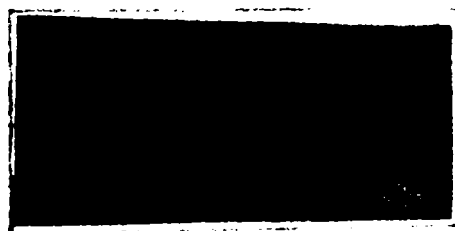


PÖTTINGER

Figura 1.11. Varianta firmei austriece "PÖTTINGER"



a)



c)



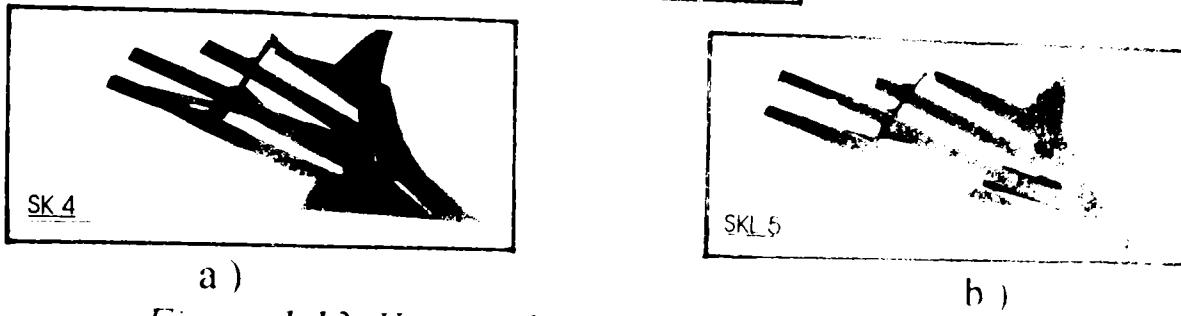
b)



d)

Figura 1.12. Variantele firmei austriece "LANDSBERG"

Regent



a) b)
Figura 1.13. Variantele firmei austriece "REGENT".

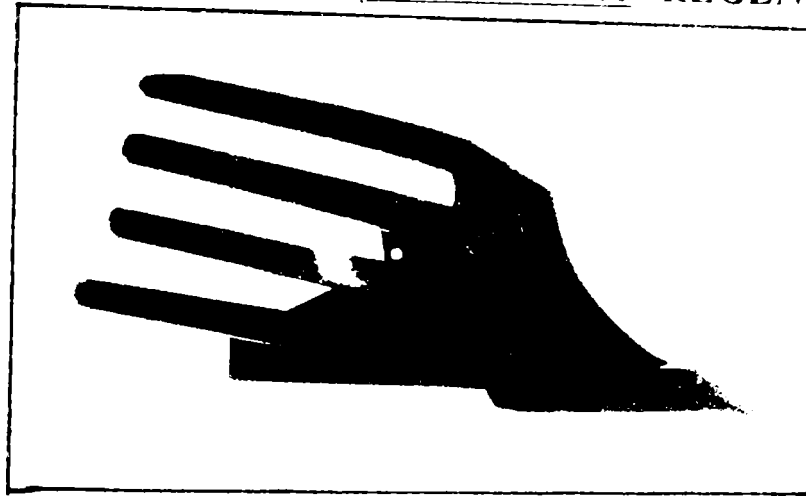


Figura 1.14. Varianta firmei norvegiene "KVERNELAND".

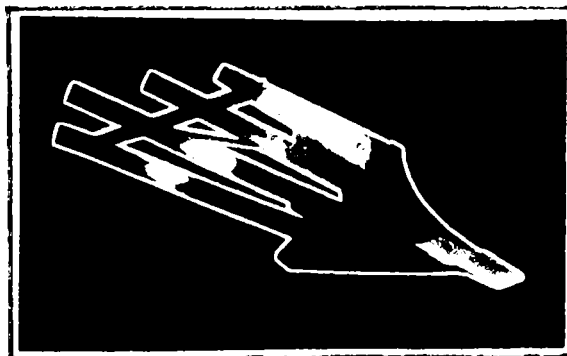


Figura 1.15. Varianta firmei franceze "KUHNS".

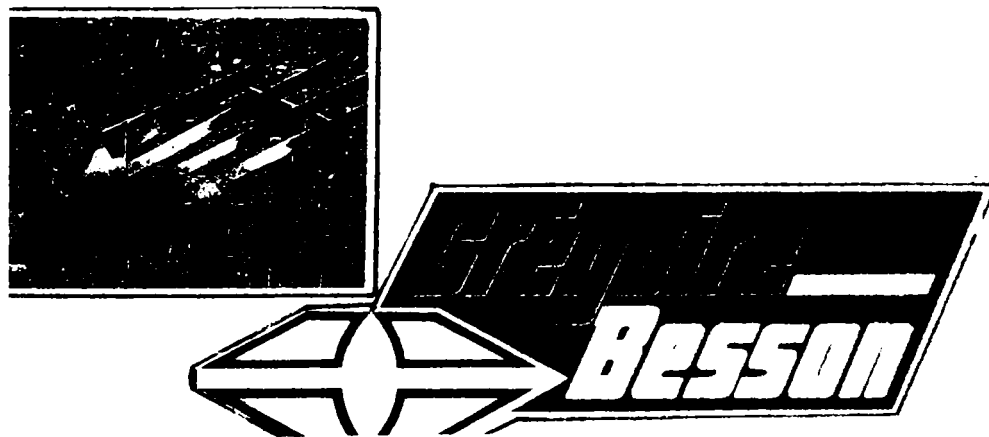


Figura 1.16. Varianta firmei franceze "GRÉGOIRE BESSON".



Figura 1.17. Varianta firmei italiene "NARDI".

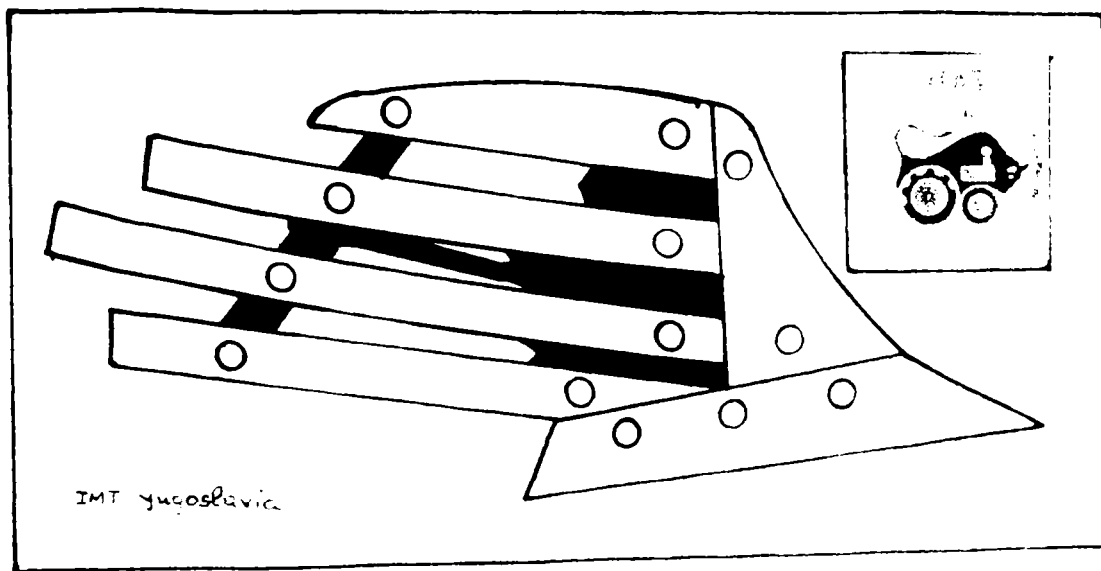


Figura 1.18. Varianta firmei sârbești "IMT".



Figura 1.19. Varianta firmei americane "JOHN DEERE"

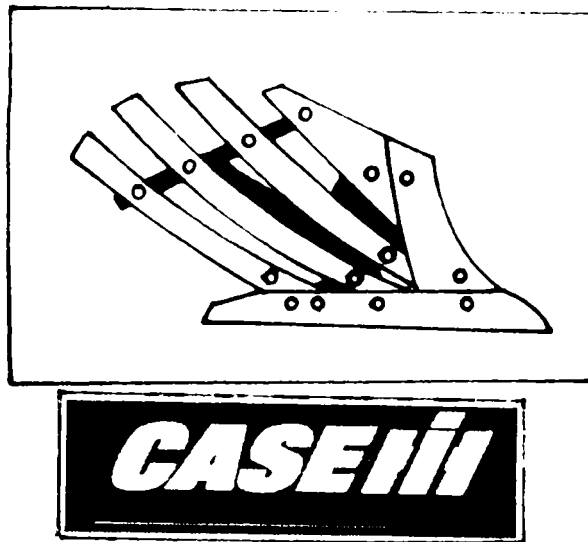


Figura 1.20. Varianta firmei americane "CASE".

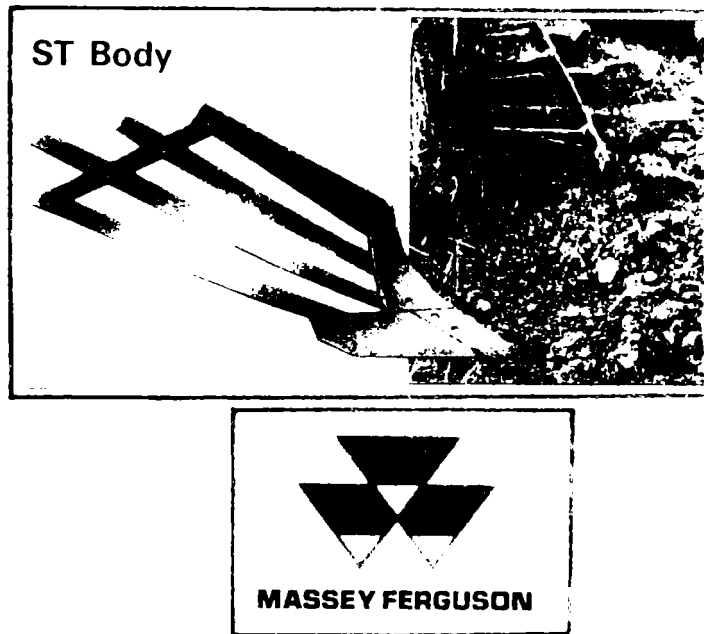


Figura 1.21. Varianta firmei americane "MASSEY FERGUSON".

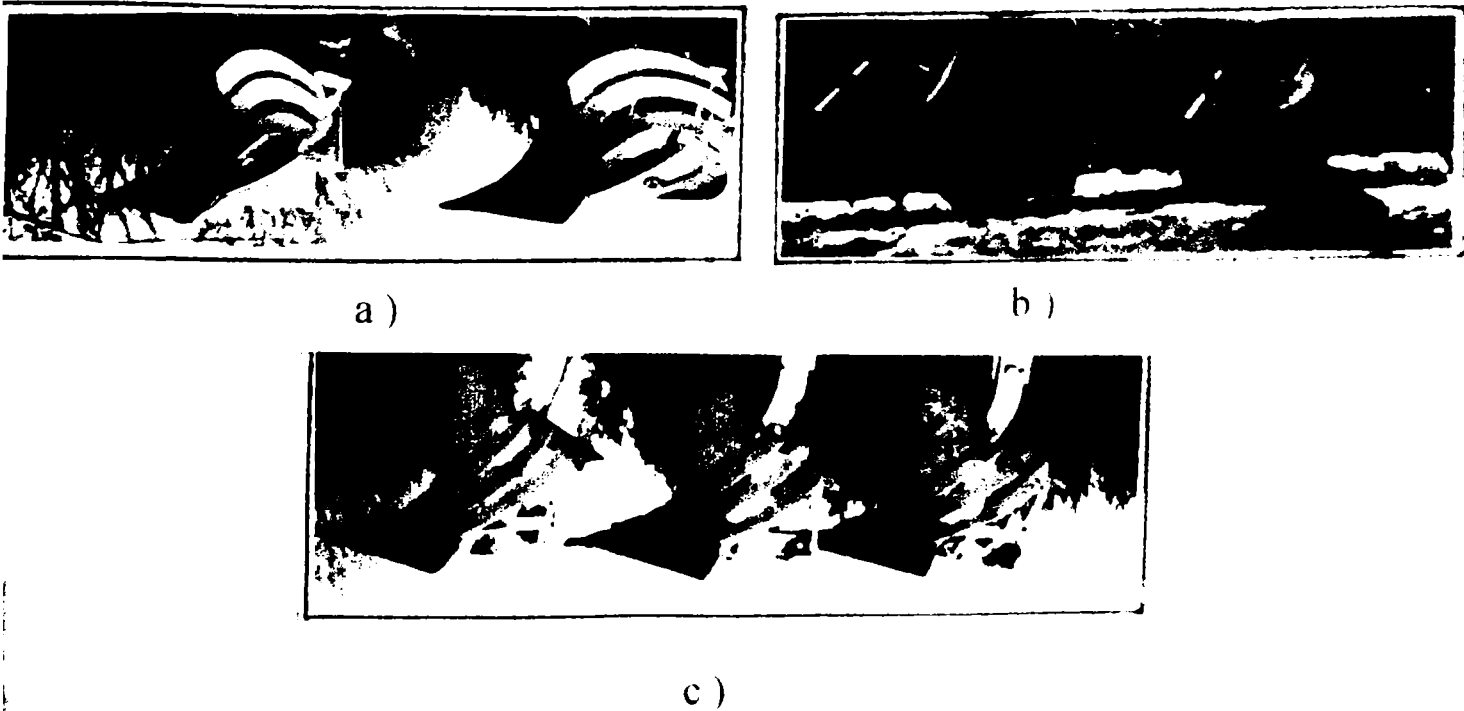


Figura 1.22. Variantele prototip ale firmei românești "MAT Craiova".

Pentru solurile argiloase care tind să se lipească, firma **Rabe - Werk** a realizat o cormană cu lamele(figura 1.6. c)[132] care lucrează la lățimea de lucru de 350 - 400 mm și adâncimea de lucru de maximum 375 mm. Ideea lor a fost de a reduce aria de contact dintre sol și cormană pentru a reduce aderența.

Lamelele individuale ale acestei cormane sunt fixate în spate pe o ramă legată prin intermediul a doi tiranți de bârsă și de plaz. Se constată că modul de contrafixare în zona din spatele lamelelor este realizată în mod diferit de la o firmă la alta, ceea ce înseamnă că această bară de sprijinire are atât funcționalitate de imobilizare a lamelei cât și aceea de optimizare a zonei de sprijin din punct de vedere al păstrării rigidității lamelei.

În ceea ce privește forma constructivă a trupitei, la plugurile cu cormană a apărut conceptul care vizează realizarea de organe de bază și organe schimbabile, în funcție de condițiile în care se desfășoară procesul de arat. În acest scop, firma germană **Lemken** a realizat **trupita DURAL**(figura 1.23.) [318][240][241]. Pe bârsă se pot monta cormane clasice sau cu lamele. Cormana clasică nu are găuri de fixare în zona centrală, iar lamelele se pot schimba independent. Vârfurile brăzdarelor sunt de asemenea schimbabile. Călcâiul plazului, prin forma simetrică, poate fi inversat de patru ori, iar cuțitul plazului poate fi fixat în spatele zonei de contact cu solul, evitând orice blocare a pietrelor în spațiul dintre cuțit și conturul cormanei sau brăzdarului.



Figura 1.23. Trupita DURAL realizată de firma germană LEMKEN.

Firma **Landsberg**[262][320] a realizat trupițe cu cormane universale lamelare late. Acestea realizează o mărunțire bună pe teren mlăștinos și sol argilos. Lamelele au dimensiunile secțiunii de 60×10 mm.

Alt tip de cormană cu lamele realizat de această firmă este de tipul mai îngustă, mai mică decât cealaltă, lamelele având dimensiunile secțiunii de 50×10 mm. În figura 1.12. se prezintă tipurile de cormane lamelare realizate de această firmă[] .

Firma franceză **Huard** a realizat trupițe cu cormane lamelare, lamelele fiind interschimbabile și independente, care să lucreze pe solurile grele(figura 1.15) [320]. Acestea permit reducerea aderenței pe solurile lipicioase(cleioase). Ele sunt realizate pentru lățimi de lucru cuprinse între 200 - 300 mm.

Prin testarea acestora pe solurile grele, a rezultat o foarte bună mărunțire a solului, stabilitatea în lucru a fost considerată ca fiind suficientă, nu a apărut efectul de lipire a solului pe suprafața cormanei , la interacțiunea cu pietrele grele, ascuțite nu au fost vizibile deteriorări, însă nu s-a putut constata o economie de carburant(figura 1.24.) [165].



Figura 1.24. Cormana cu lamele realizată de către firma franceză Huard, testată de către Nutterman [165].

Firmele constructoare de pluguri din fosta Yugoslavie au realizat pentru gospodăriile agricole mari - combinate - pluguri reversibile cu 6 trupițe echipate cu cormane lamelare, care să lucreze la o lățime mare de lucru(328 cm)(figura 1.18). Acestea au fost realizate cu scopul de a reduce forța de rezistență la tracțiune, în comparație cu plugurile cu cormane de serie, pentru a se obține o mare economicitate a muncii[320].

Cercetătorul rus M.G.Doganovskii[100] arată că, cormanele lamelare realizate pentru plugurile de tăiat tufiș, pentru anumite soluri, prezintă următoarele avantaje:

- ❖ asigură menținerea fertilității solului;
- ❖ nu se înfundă pe soluri supraamezite;
- ❖ lasă să treacă prin tăieturile cormanăi paturile de humus nefertile ale solului de pe fundul brazdei;
- ❖ forța de rezistență la tracțiune a plugului de tăiat tufișuri cu o astfel de cormană e aproximativ cu 30% mai scăzută decât a plugurilor cu corpuri standard care au o suprafață continuă.

În figura 1.25. este prezentată o trupiță cu cormană lamelară realizată pentru plugurile de tăiat tufiș.

Cercetările agronomice efectuate în instituțiile de specialitate din fosta Uniune Sovietică au demonstrat că aratul cu cormane lamelare, în comparație cu aratul cu cormane continue, favorizează descompunerea accelerată a brazdei de iarbă, atenuază vibrațiile și de asemenea crează condiții favorabile pentru creșterea ierburilor cultivate.

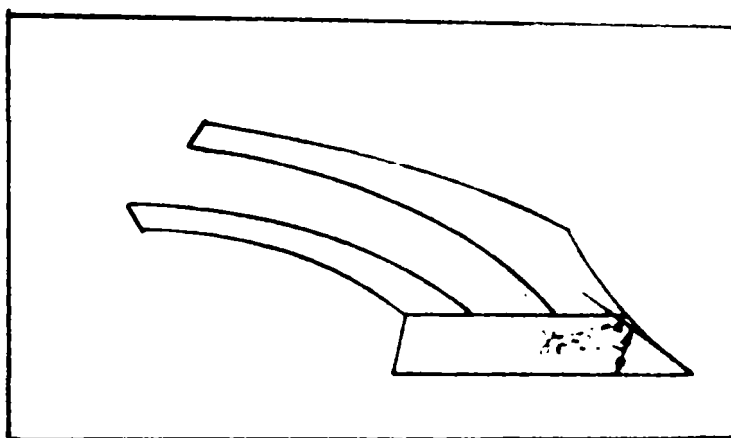


Figura 1.25. Cormana lamelară realizată pentru plugurile de tăiat tufiș [100]

1.2. Studii privind evoluția pe plan național a echipării plugurilor cu cormane lamelare.

În țara noastră, echiparea plugurilor cu astfel de cormane întârzie deși I.N.M.A. București a demarat cercetările proprii în acest domeniu. Au fost demarate chiar unele realizări și experimentări în plan local de unii ingineri mecanici agricoli interesați în valorificarea avantajelor acestor tipuri de cormane.

Astfel, în **judetul Timiș**, la **AGROMECA Lugoj** s-a realizat și experimentat cu succes înainte de 1989, pluguri cu astfel de cormane cu lamele. Concluziile lor în legătură cu avantajele utilizării acestui tip de cormană se suprapun peste ale cercetătorilor străini și sunt sintetizate în continuare:

- ❖ reducerea gradului de lipire a solului umed pe cormană, în comparație cu cormanele clasice;
- ❖ reduceri semnificative de consumuri energetice;
- ❖ executarea unei arături la indici corespunzători de calitate, pe soluri grele sau cu umiditate ridicată;
- ❖ creșterea capacității de lucru a agregatului de arat pe scama creșterii vitezei de lucru, în comparație cu plugurile echipate cu cormane nedecupate.

În figura 1.26. este prezentată schița unei cormane decupate realizată de către specialiștii de la **AGROMEC Lugoj**. Aceasta a fost concepută în varianta cu piept detașabil și lamele neschimbabile. Spațiile dintre lamele au dimensiunile cuprinse între 20 - 30 [mm] iar porțiunea nedecupată a cormanei (zona de prindere a cormanei pe bârsă) are lățimea de 50 - 60 [mm].

Specialiștii de la **I.N.M.A. București** și cei de la **MAT Craiova** au realizat și experimentat cu succes între 1990 - 1992 două variante constructive de pluguri reversibile cu cormane lamelare drepte și curbe: PRP(1-2-3)×35F; PRP(3-4)×25F

Primul tip de plug reversibil PRP(1-2-3)×35F(figura 1.27) [47][55][266][267] este realizat dintr-un cadru modulat, putând să lucreze cu 1,2 sau 3 trupițe. Trupița este realizată cu cormană cu lamele drepte și antecormană respectiv cu cormană cu lamele curbe și piept detașabil. Cadrul este realizat din secțiune circulară. Acest plug formează agregat de arat cu tractoarele de 100 CP, 65 CP și 45 CP. El este destinat pentru lucrări de arat pe suprafețe cultivate cu cereale, plante tehnice, legume și alte culturi, de grad variat de acoperire cu resturi vegetale, pe soluri cu rezistența specifică medie de 1 daN/cm² și compacte în condiții de secetă, sau pe soluri cu umiditate ridicată și lipicioase, la adâncimea maximă de arat de 30 cm, concomitent cu subsolarea fundului brazdei.

Acesta realizează un grad ridicat de mărunțire a solului și acoperirea resturilor vegetale, în condițiile unui consum redus de combustibil.

Al doilea tip de plug reversibil PRP(3-4)×25FP(figura 1.28.) [266][267] este realizat, la fel ca primul, dintr-un cadru modulat, putând să lucreze cu 3 sau 4 organe de lucru. Cadrul este de secțiune pătrată. Trupița este construită cu cormană cu lamele curbe și cormană suplimentară respectiv cormană clasică și cormană suplimentară. Acest plug formează agregat de arat în varianta PRP4×25 cu tractorul de 65 [CP], iar în varianta PRP3×35 cu tractorul de 45-65 [CP]. El este destinat pentru lucrări de arat, de însămânțare, toamna, pe suprafețe cultivate cu cereale, plante tehnice, legume și alte culturi, cu grad variat de acoperire cu resturi vegetale, pe soluri cu rezistența specifică medie de 1 [daN/cm²], la adâncimea maximă de arat de 22 [cm].

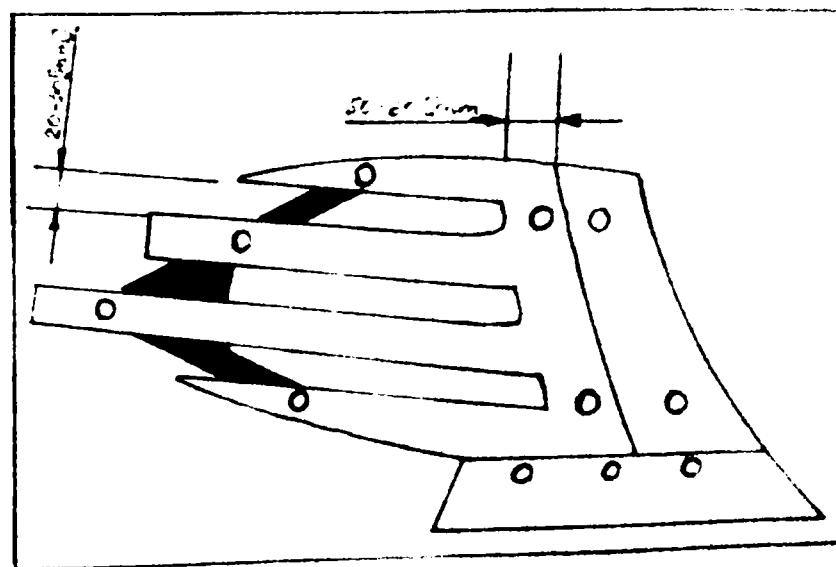
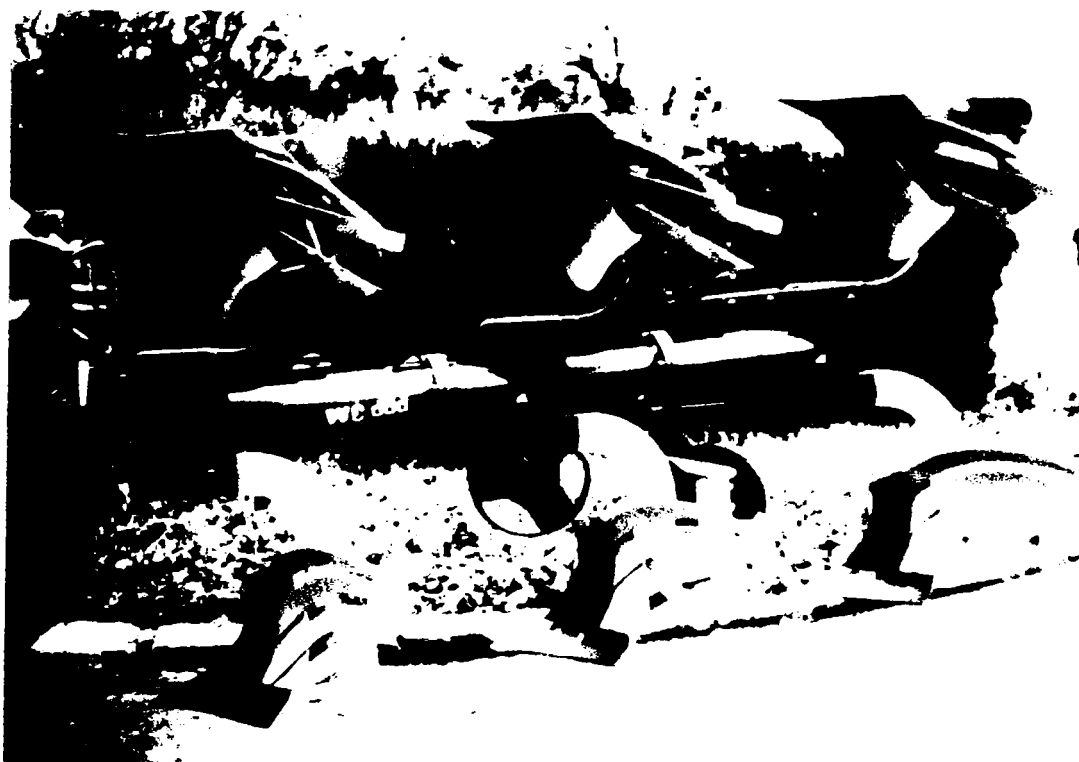


Figura 1.26. Cormană cu lamele realizată la **AGROMEC Lugoj**



a)



b)

Figura 1.27. Plugul reversibil PRP(1-2-3) x 35F realizat la MAT Craiova: a) Vedere de sus; b) Vedere din lateral.

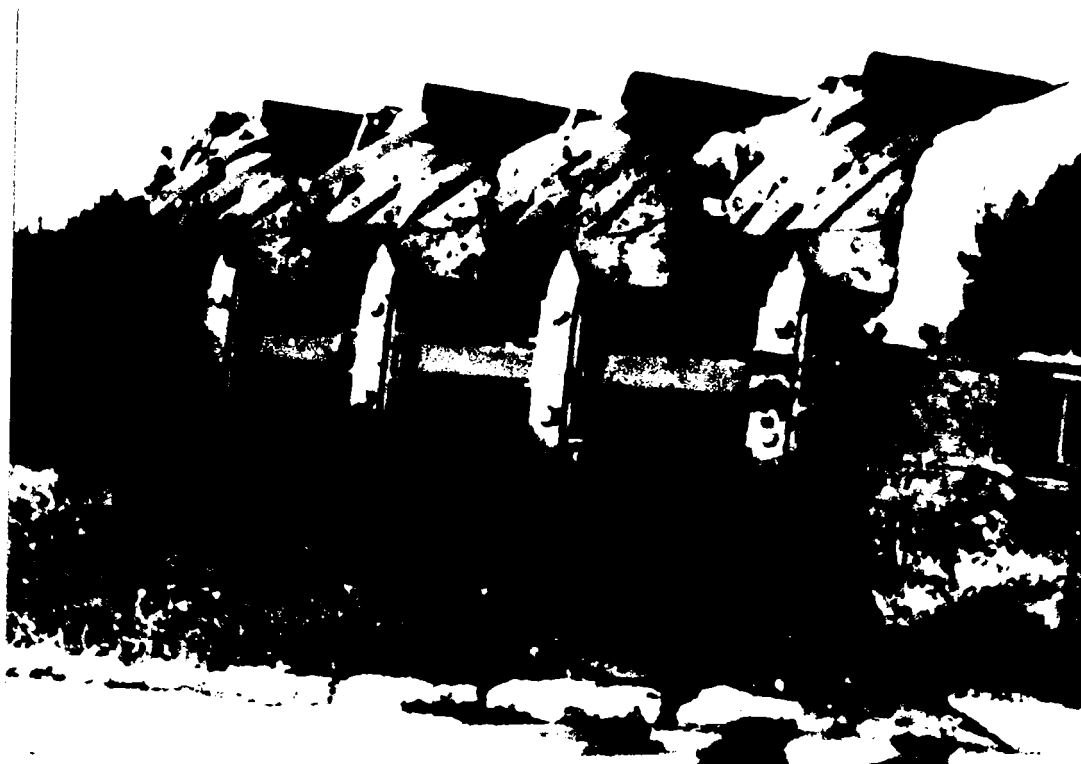


Figura 1.28. Plugul reversibil PRP(3-4)×25FP realizat la MAT Craiova

Acesta realizează un grad ridicat de mărunțire a solului datorită dotării plugului cu trupițe echipate cu cormane mici "cu lamele" și "pline", și un grad ridicat de acoperire a resturilor vegetale.

Încercările de laborator-câmp privind îmbunătățirea fiabilității și mentabilității plugurilor PRP 2×35F și PRP(3-4)×25F destinate tractoarelor de 65 [C.P.] în comparație cu plugurile de serie PRP 2×35(figura 1.29.), s-au desfășurat pe soluri tip "lăcoviște", grele și foarte grele, în condiții de secetă excesivă, în perioada (5-9).10.1992 la **IAS Sânicolaul-Mare, Ferma 2, județul Timiș**

Starea terenului s-a caracterizat prin următoarele:

- ❖ sol tasat, la recoltarea porumbului și discuit.
- ❖ tendințe de formare "hard pan".
- ❖ panta maximă 1°, cu denivelări transversale nesemnificative

Din analiza datelor rezultate la probele efectuate pe solurile grele și foarte grele în condiții de secetă deosebită, cu plugurile reversibile echipate cu cormane de serie (pline)-F.P, cu cormane cu lamele drepte - F.D. cu cormane cu lamele drepte antecormană - F.D.+A.C. și cu cormane cu lamele curbe + piept detașabil - F.C.P.D, rezultă următoarele avantaje:

- ❖ creșterea gradului de mărunțire chiar în condițiile extreme din 1992 în limitele 5...12 [%];
- ❖ creșterea gradului de afânare a solului cu cca. 50 [%]



*Figura 1.29. Plug reversibil de serie **PRP 2x35** realizat la **MAT Craiova** în varianta cu cormană plină și antecormană.*

- ❖ reducerea consumului de combustibil astfel:
 - la agregatul de arat U650+PRP4-25F.C. consumul de combustibil se reduce în limitele 0,58...0,95 [l/ha] față de consumul realizat de cormanele pline;
 - la agregatul de arat U650+PRP3-25F.C. consumul de combustibil se reduce în limitele de 0,46...0,87 [l/ha] față de cormanele pline
 - la agregatul de arat U650+PRP2-35F.D.+A.C. (lamele drepte antecormană), consumul de combustibil s-a mășorât cu 0,65 [l/ha] față de cormanele pline;
 - la agregatul de arat U650+PRP2-35F.C.+P.D. (lamele curbe-piept detașabil), consumul de combustibil s-a redus cu 1,4 [l/ha]

Din avantajele prezentate mai sus, în condițiile de secetă deosebită, se observă o diferență de consum orar de combustibil și între agregatele formate din PRP2x35F.D.+A.C. și PRP2x35F.C.+P.D. în favoarea pieptului detașabil în comparație cu antecormană, de 0,84 [l/ha].

Având în vedere reducerea patinării în varianta "cormane cu lamele curbe și piept detașabil" și gradul de mărunțire mai ridicat realizat cu cormanele cu lamele drepte de 69-77 [%], specialiștii de la I.N.M.A. București au tras concluzia că pe solurile grele și foarte grele să se utilizeze "cormane cu lamele drepte echipate cu piept detașabil", iar în condițiile normale de lucru "cormane drepte cu antecormană"

CAPITOLUL 2

STADIUL ACTUAL AL CERCETĂRILOR PRIVIND DISTRIBUȚIA TENSIUNILOR PE SUPRAFETELE ORGANELOR DE LUCRU ALE MAȘINILOR DE LUCRAT SOLUL

2.1. Sinteza procedeeilor de studiu a stării de tensiune din organele de lucru ale mașinilor agricole. Importanța acestor studii.

Determinarea tensiunilor pe suprafața organelor de lucru ale mașinilor agricole prezintă o importanță deosebită.

Cunoașterea distribuției tensiunilor pe suprafața de lucru a trupitei plugului. în condițiile variate din exploatare, poate pune la îndemâna cercetătorilor un bogat material teoretic și experimental, pe baza căruia să se poată efectua o proiectare judicioasă a profilului și dimensiunilor acestor organe de lucru. De asemenea se permite aprecierea limitelor de variație ale factorilor ce influențează rezistențele la uzură și se obțin informații necesare pentru a înțelege mai bine interacțiunea dintre suprafața de lucru a trupitei plugului și sol.

Printre metodele de studiu a stării de tensiune și deformație a diverselor categorii a organelor de lucru în interacțiunea lor cu solul, literatura de specialitate prezintă metode mai vechi și respectiv mai recente, fiecare dintre acestea prezentând avantajele lor specifice în evidențierea cât mai fidelă a câmpurilor de distribuție a acestor tensiuni. Printre acestea figurează metoda explorării directe în condițiile experimentale concrete a distribuției acestor câmpuri, folosind diverse categorii de traductoare cum ar fi de exemplu în cazul trupitelor utilizarea unor captori speciali cu timbre tensometrice capabili să se deformeze și să evidențieze variația presiunii pe suprafața de lucru a trupitei în procesul de deplasare a brazdei de sol peste aceasta. Metoda este directă, dar foarte pretențioasă asupra exactității realizării captorilor și amplasării lor pe suprafața de lucru a trupitei.

Din această cauză, în experimentările mai recente, beneficiind de posibilitățile de evidențiere rapidă în mod direct cât și în mod indirect prin utilizarea sistemelor informaționale electronice, s-a trecut la utilizarea unor metode de analiză structurală utilizând calculatoare performante la baza cărora stau programele de genul:

- **programul COSMOS**(Structural Research and Analysis Corporation. Santa Monica. California)[317];
- **programul SAP2000**(Integrated Finite Element Analysis and Structures - Computers and Structures(CSI), Inc., University Avenue, Berkeley, California, U.S.A.);
- **programul ADINA**(G. Larson. ADINA Engineering. AB Sweden);
- **programul ANSYS**(Swanson Analysis Systems Inc. Houston. USA);
- **programul SAP7**(University of Southern California. Los Angeles. USA);

- **programul TITUS**(Framtome. Saint Marcel. France);
- **programul BERSAFE System**(Berkely Nuclear Laboratories. England);
- **programul STAN Pre & Post Processor Systems**(Oasys Ltd. London. England).

Utilizând aceste programe putem efectua rapid calculul stării de tensiune și deformație din organele de lucru, iar pe această bază putem optimiza construcția acestor organe, introducând criteriul greutateii minime.

Se poate afirma că, în etapa actuală de dezvoltare a tehnicilor de calcul și proiectare, metoda analizei structurale, utilizând tehnica de calcul performantă, a devenit un instrument de largă utilizare.

Această tehnică de cercetare este deja puternic implementată în realizarea studiilor și cercetărilor de înalt nivel și precizăm că în cadrul I.N.M.A. din BUCUREȘTI metoda s-a generalizat, ea fiind utilizată pentru studii efectuate asupra șasiului combinei C-90[69], cuțitul aparatului de tăiere de la combinele de recoltat cereale[69][71], șasiul mașinii de stropit FUM-1000(1500) [69], etc. Prin aceste analize structurale au fost depistate exact zonele sensibile în care experimentul a confirmat producerea ruperilor, iar în ceea ce privește cauzele posibile care au determinat aceste ruperi, metoda a permis selectarea a celor cu cea mai mare probabilitate.

Este evident deci că utilizarea metodei de analiză structurală a devenit metoda indispensabilă pentru a asigura ridicarea calității produselor, realizarea unor structuri cu grad mare de economie de material și consum energetic, cât și pentru înlocuirea metodei de calcul clasic, greoi și nu totdeauna sigur în cazul proiectării unor structuri mari și cu forme complexe.

Nu numai în domeniul proiectării dar chiar și în domeniul investigațiilor privind studiul interacțiunii dintre organele de lucru ale mașinilor agricole și sol respectiv plante, metoda simulării pe calculator a proceselor utilizând programe specializate permite aproximarea destul de exactă a modului de desfășurare în practică a acestor procese.

2.2. Sinteza încercărilor de măsurare a distribuției presiunilor superficiale pe organele de lucru ale unor mașini agricole.

Una dintre primele încercări de a măsura presiunile superficiale pe o unealtă a fost făcută de Mauer în 1933(citat de Gill și Vandenberg[121]), când a introdus un mic traductor de presiune într-un cuțit. A măsurat presiunea într-un singur loc și a arătat că ea este corelată cu forța totală necesară pentru a trage cuțitul prin sol. În figura 2.1. este prezentată corelația dintre presiunea superficială, respectiv forța de tracțiune în raport cu distanța de deplasare. Mauer a cercetat și relația dintre unghiul de înclinare al cuțitului și presiunea maximă măsurată, în contextul cunoașterii unor date ce caracterizează starea și gradul de prelucrare a solului, conținutul de umiditate și gradul de compactare al acestuia (figura 2.2.) [121].

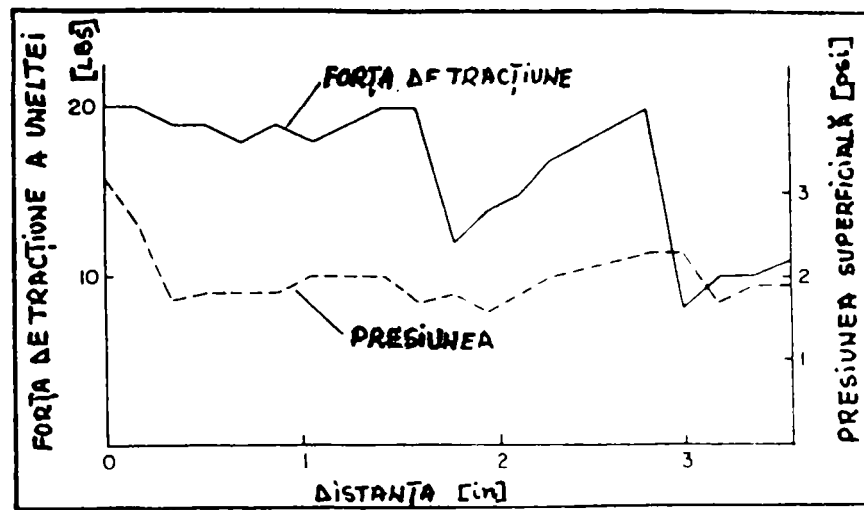


Figura 2.1. Forța și presiunea superficială la un cuțit înclinat în funcție de distanța de deplasare ($1 \text{ LBS} = 4,4482 \text{ [N]}$; $1 \text{ in} = 25,400 \text{ [mm]}$; $1 \text{ psi} = 0,00703 \text{ [MPa]}$ - Mauer, Auburn Univ.[121])

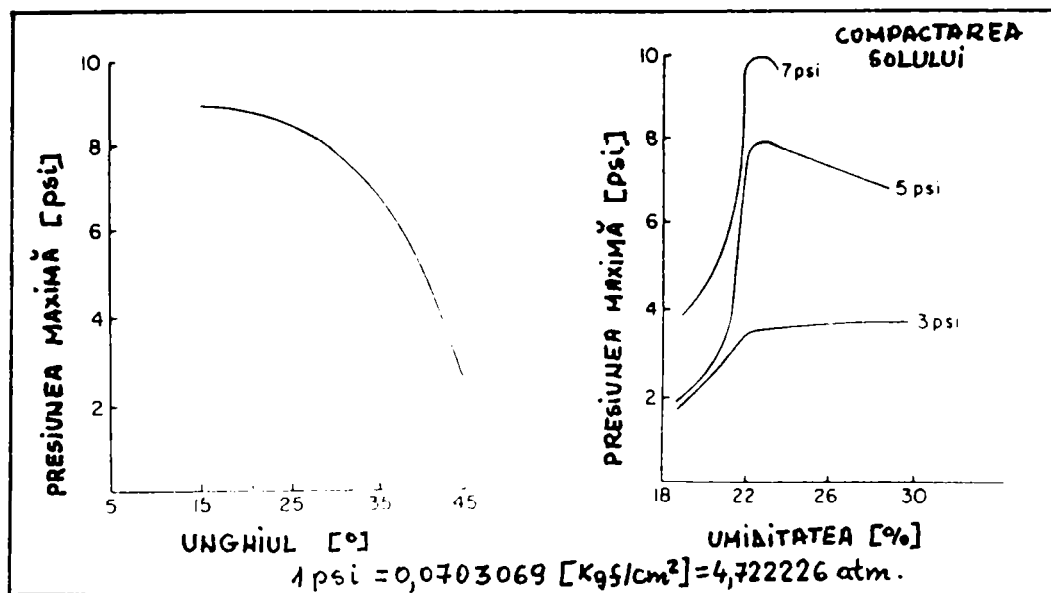


Figura 2.2. Efectul unghiului de înclinare, al conținutului de umezeală și al presiunii de compactare a solului asupra presiunii maxime, în vârful unui cuțit înclinat ($1 \text{ psi} = 0,00703 \text{ [MPa]}$ - Mauer, Auburn Univ.[121]).

Datele din figura 2.2.[121] arată că orice parametru care mărește forța asupra organului de lucru mărește și presiunea pe suprafața acestuia. Tehnicile instrumentale au evoluat considerabil după lucrarea lui Mauer, dar nici studiile recente nu au dat informații detaliate privind distribuția presiunilor pe suprafața organelor de lucru ale mașinilor agricole.

Mayauskas[153] în 1958(citat de Gill și Vandenberg[121]) a determinat distribuția presiunii pe suprafața unui brăzdar de plug. O serie de traductori au fost plasați după un model care permite măsurători simultane(figura 2.3.) și s-au făcut o serie de experimente la care s-a folosit brăzdarul. Rezultatele(figura 2.4.), arată modul cum influențează parametrii cercetați, mărimea și distribuția presiunii pe suprafața brăzdarului.

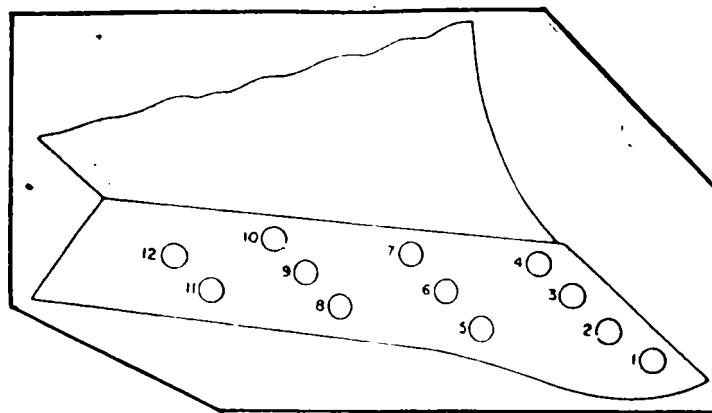


Figura 2.3. Poziția traductoarelor de presiune la un brăzdar uzat pentru determinarea distribuției presiunii (Mayauskas, 1958[153]).

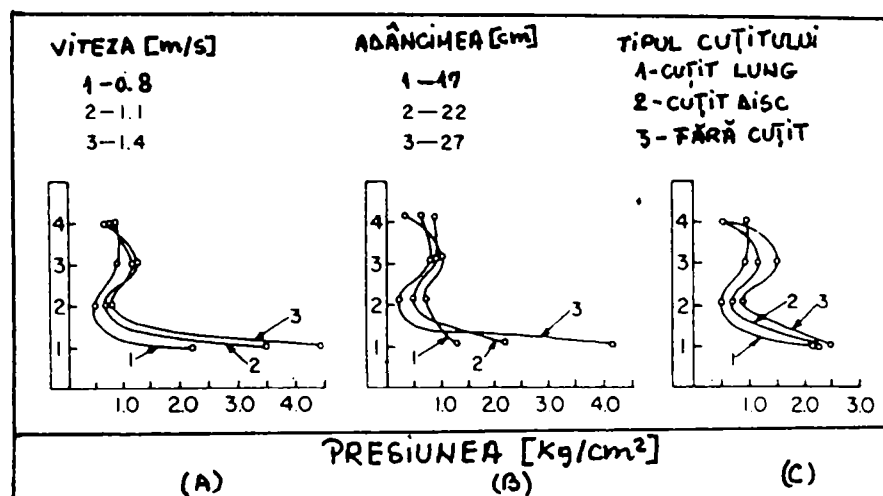


Figura 2.4. Presiunea medie determinată în pozițiile 1, 5, 8 și 11 din figura 2.3., funcție de: A-viteză; B-adâncime; C-tip de cuțit (Mayauskas, Tractory i Selihozmashin[153]).

Analizând cele prezentate în figura 2.4. se constată o similitudine perfectă a modului de variație a curbelor presiunii, atât la modificarea vitezei cât și la modificarea adâncimii de lucru indiferent de tipul cuțitului.

Mayauskas[153], citat de Gill și Vandenberg[121], a utilizat traductoare de presiune pentru a determina distribuția normală de-a lungul tăișului brăzdarului în timpul lucrului efectiv în câmp și le-a distribuit conform celor prezentate în figura 2.5.

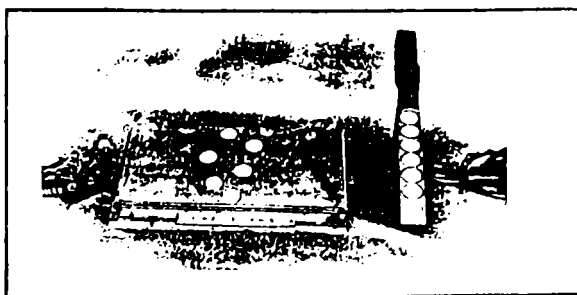


Figura 2.5. Traductori de presiune pentru măsurarea distribuției presiunii pe suprafața de tăiere a brăzdarului[121][153].

La ora actuală, nu există informații care să indice ce mărimi sau distribuție de presiune pot fi considerate ca performante. Totuși, se pot elabora criterii și se pot măsura performanțele privind distribuția și mărimea presiunii pe suprafața ce atacă solul la unelte de arat.

Taylor de la National Tillage Machinery Laboratory, citat de Gill și Vandenberg[121], a încercat să realizeze niște traductoare de presiune care să determine presiunile pe suprafața trupașii cât mai exact. Acest model nu a fost unul de succes. Acesta a afirmat că sunt necesare multe îmbunătățiri ale traductoarelor, cum ar fi: miniaturizarea, abilitatea de a separa mișcări în diferite direcții și mijloacele pentru montarea propriuzisă a traductoarelor în suprafața de alunecare, astfel încât să se măsoare în condițiile limită efective, și a specificat faptul că, măsurătorile nu vor reflecta tensiunile dorite dacă traductorii nu sunt plasați corect(vezi figura 2.6.)[121].

DIRECȚIA DE DEPLASARE A SOLULUI

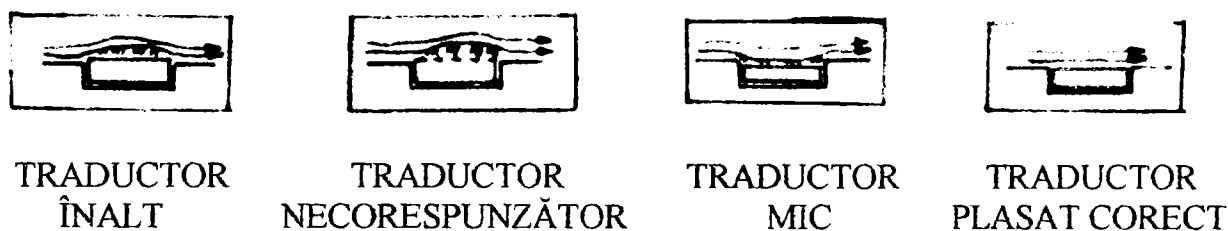


Figura 2.6. Efectul plasării traductoarelor (celulelor) de tensiune în modelul curgerii solului[121].

Barba V., Toma D.[22] în 1966 au determinat distribuția presiunii pe suprafața trupașii plugului. Ei au considerat că, pentru studiul repartiției presiunii solului pe trupașia plugului experimentat, traductorii de presiune trebuie să fie amplasați conform schemei din figura 2.7.

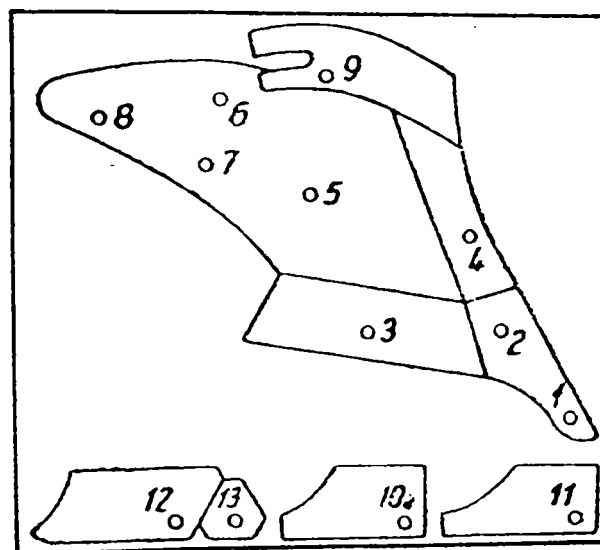


Figura 2.7. Modul de amplasare a traductorilor de presiune pe trupașia plugului[22].

După cum rezultă din figură, au fost amplasați doi traductori(1,2) pe vârful brăzdarului, un traductor(3) pe suprafața activă a brăzdarului, un traductor(4) pe pieptul cormanei, patru traductori(5,6,7,8) pe suprafața cormanei, un traductor(9) pe cormana suplimentară, câte un traductor(10,11,12) pe cele trei plazuri ale plugului și un traductor(13) pe călcâiul plazului de la ultima trupiță. Au fost ridicate oscilograme pentru diferite regimuri de lucru. În figura 2.8. sunt prezentate câteva din oscilogramele obținute, iar în tabelul 2.1. sunt prezentate rezultatele prelucrării oscilogramelor obținute la plugul experimental, lucrând la adâncimea de 25 [cm] și cu o viteză de 5,85 [km/h][22]. Valorile cuprinse în acest tabel reprezintă media a trei măsurători efectuate fiecare pe o distanță de 50 m.

Ținând seama de erorile comise în diversele faze ale măsurătorilor(tarare, înregistrare, prelucrare), în final, s-a ajuns la concluzia că rezultatele obținute au fost efectuate cu erori cuprinse în limitele $\pm 6\%$.

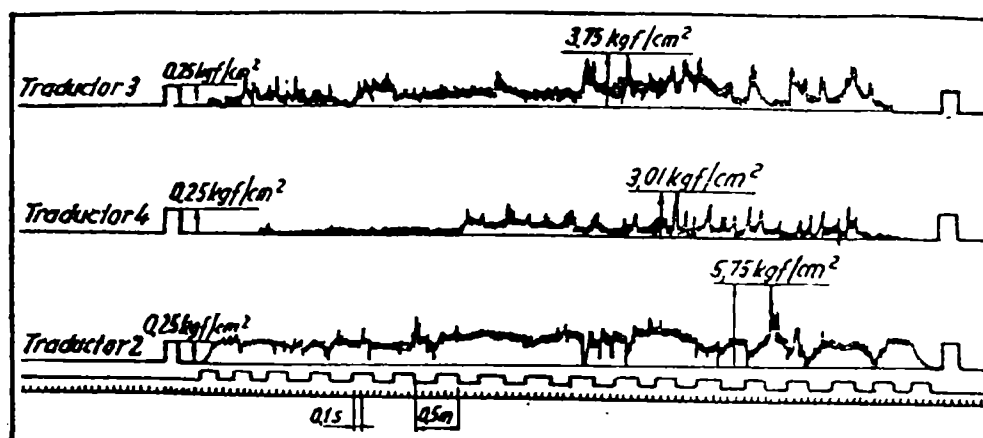


Figura 2.8. Oscilograme obținute la încercările din câmp[22].

Tabelul 2.1. Presiunile obținute pe trupiță la încercările din câmp[22].

Numărul traductorului (conform fig. 2.7.)	Presiunea [kgf/cm ²]	
	Valoarea maximă	Valoarea medie
1	8,65	0,530
2	5,75	0,350
3	3,75	0,253
4	3,01	0,235
5	2,20	0,150
6	1,30	0,065
7	1,90	0,120
8	1,02	0,063
9	2,05	0,105
10	1,95	0,115
11	2,01	0,123
12	3,10	0,180
13	3,53	0,215

Din tabelul 2.1. se poate observa că organele cele mai solicitate ale trupiței sunt brăzdarul și călcâiul plazului, fapt ce conduce la o uzură rapidă a acestora, și cele mai puțin solicitate sunt aripa cormanei și cormana suplimentară.

Din oscilogramele prezentate în figura 2.8. se poate observa că, în timpul lu-

crului presiunea exercitată de sol pe suprafața trupitei plugului este variabilă în timp. Această variație a presiunii depinde de tipul solului, viteza de înaintare a plugului și de posibilele obstacole întâlnite în timpul lucrului.

Pe oscilograme au fost înregistrate, de asemenea, spațiul parcurs și timpul cu ajutorul cărora s-a stabilit viteza cu care s-a efectuat fiecare probă.

Ținând cont de forțele care acționează asupra suprafeței de lucru a trupitei, unii specialiști români și străini au reprezentat distribuția spațială a presiunii exercitate de sol asupra cormanei, respectiv asupra brăzdarului.

Citată de Rus F.[218] și de Crăciun V.[85], variația presiunii exercitate de brazdă asupra suprafeței de lucru a trupitei, la diferite nivele ale adâncimii de lucru, este reprezentată în figura 2.9.

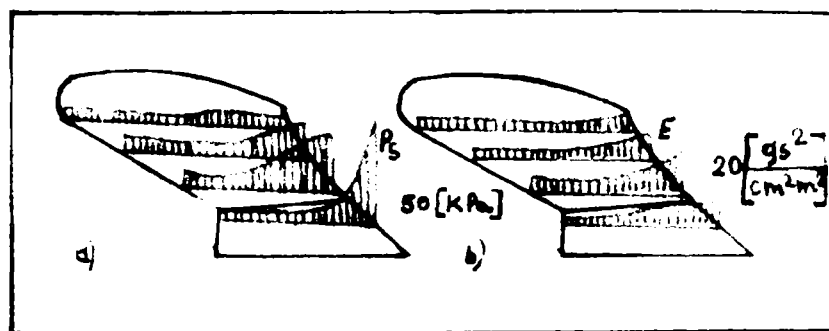


Figura 2.9. Epura presiunii pe suprafața de lucru a trupitei: a) a presiunii statice p_s ; b) a presiunii dinamice p_d ($p_d = E \cdot V^2$) [218].

Din figură se observă că presiunea maximă se manifestă în zona conturului anterior al cormanei, fapt ce justifică de ce această parte a suprafeței se uzează mai repede. Din acest motiv specialiștii recomandă ca această parte a suprafeței de lucru să se prevadă detașabilă, pentru a se putea înlocui în caz de nevoie (figura 2.10.).

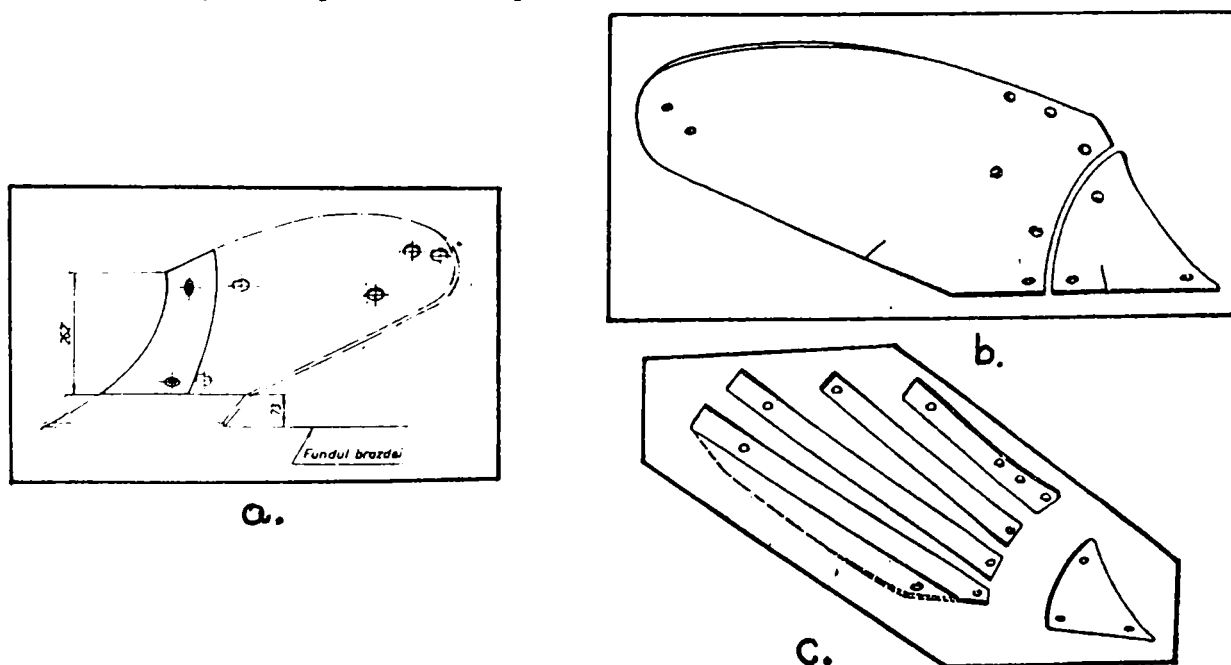


Figura 2.10. Tipuri de cormane cu piept detașabil: a) varianta firmei românești **M.A.T. Craiova**[290]; b) varianta clasică a firmei germane **LEMKEN**[320]; c) varianta cu lamele a firmei germane **LEMKEN**[318][320].

La alegerea materialului, a grosimii și structurii lui, precum și a formei cormanei, se va avea în vedere distribuția tensiunilor pe suprafața cormanei în timpul lucrului. În țările vest-europene se fac multe cercetări în acest sens. Rezultatele cercetărilor, citate și de cercetătorii maghiari Barta L, Fulop G. și Jori J.[31], sunt prezentate în figurile 2.11. și 2.12.

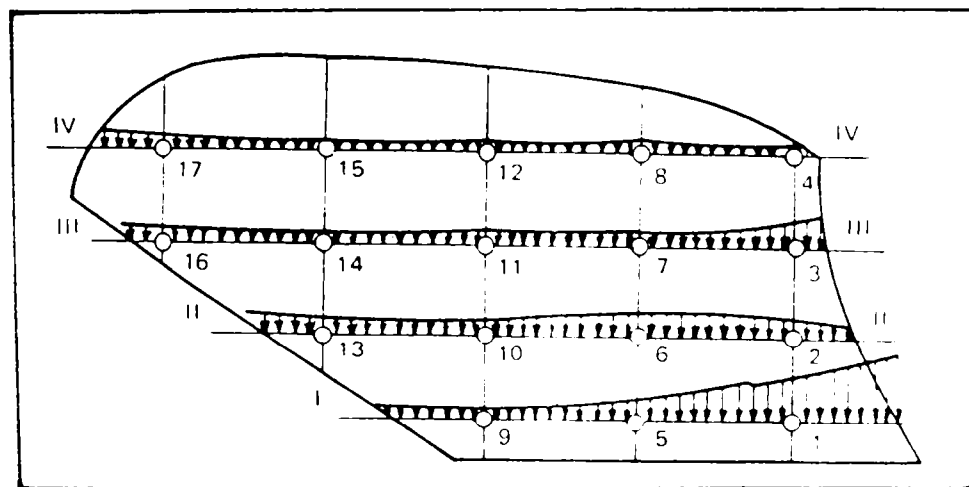


Figura 2.11. Distribuția tensiunilor pe suprafața cormanei, la o viteză de 4,7 [km/h], citată de către specialiștii maghiari.

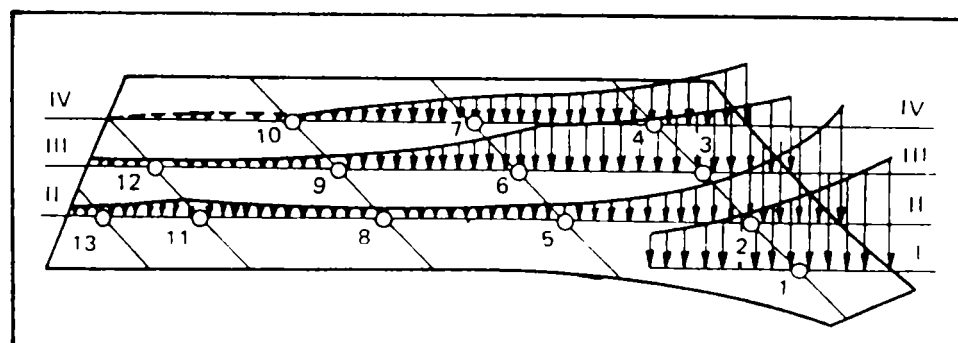


Figura 2.12. Distribuția tensiunilor pe suprafața brăzdarului, la o viteză de 4,7 [km/h], citată de către specialiștii maghiari.

Măsurătorile s-au efectuat la o adâncime de 18-20 [cm].

Specialiștii din țările vest-europene au ajuns la următoarele concluzii, citate și de către cercetătorii maghiari[31]:

- pe muchia brăzdarului și pe pieptul cormanei tensiunea crește, pe aripa cormanei tensiunea scade;
- mărindu-se viteza de deplasare se mărește și tensiunea pe suprafața cormanei respectiv a brăzdarului;
- pe brăzdar apare o tensiune de 4-5 ori mai mare decât pe cormană;
- pentru a fi economic, partea anterioară a cormanei trebuie să fie schimbabilă.

Ținând cont de aceste concluzii, firmele constructoare de pluguri cu cormane din lume au trecut la realizarea pieptului cormanei sub diferite forme. În figura 2.13 sunt prezentate câteva variante, citate de cercetătorii maghiari[31].

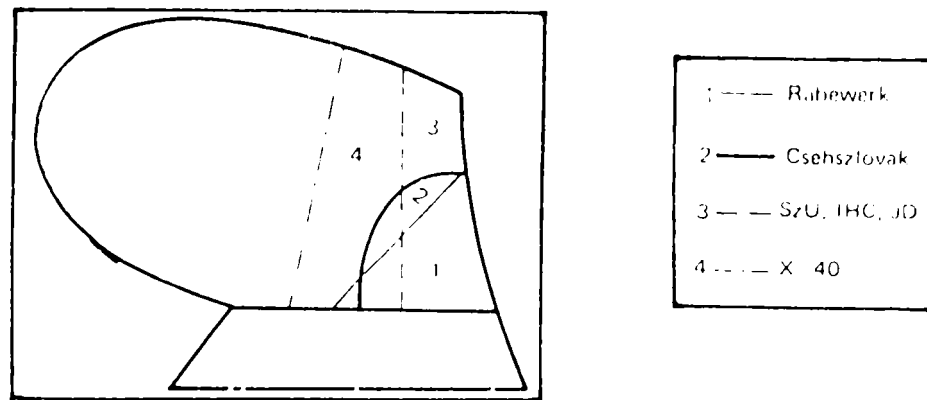


Figura 2.14. Diferite forme constructive ale pieptului cormanei realizate de firmele constructoare de pluguri[31].

Din figura 2.12. se observă că presiunea maximă, pe suprafața brăzdarului, se manifestă în zona vârfului său, ceea ce duce la o uzură rapidă a acestei suprafețe. Ținând cont de acest lucru, specialiștii în domeniu au trecut la realizarea brăzdarului în trei variante: cu vârf schimbabil(figura 2.15,a), cu vârf reversibil(figura 2.15,b), cu vârf realizat din două bucăți(figura 2.15,c).

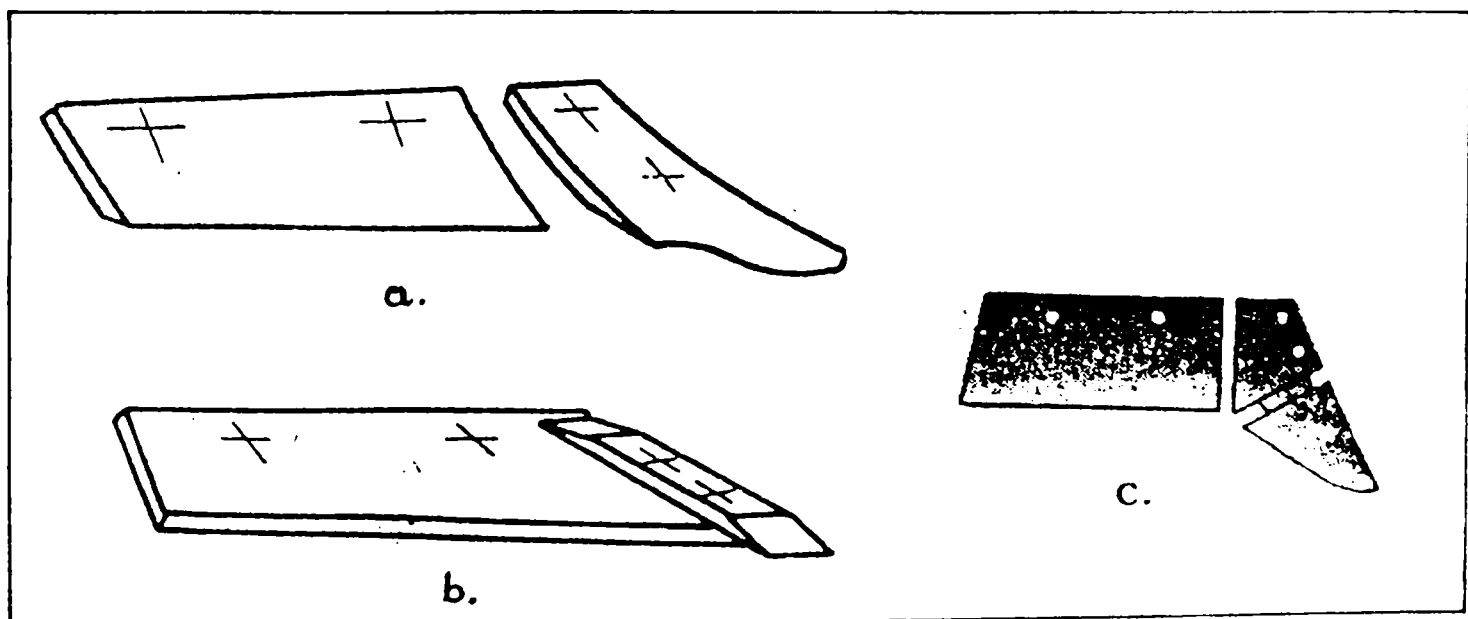


Figura 2.15. Tipuri de brăzdare: a) varianta cu vârf schimbabil[284]; b) varianta cu vârf reversibil[284]; varianta cu vârf realizat din două bucăți[268].

Cercetătorul chinez Sun Yi-Yuan[234] a ajuns la concluzia că , ținând cont de rezultatele obținute la încercările experimentale, presiunea dinamică care acționează asupra trupeții plugului depinde de următorii factori:

$$p_j = f\left(\vec{r}_j, \vec{n}, \vec{\tau}, \mu, m, g\right) \quad (2.1.)$$

unde:

μ - coeficientul de frecare dintre sol și metal;

m - masa particulei de sol;

g - accelerația gravitațională.

Distribuția presiunii pe suprafața trupeții este considerată de către cercetătorul chinez ca o distribuție parabolică. Presiunea calculată de acesta a fost cuprinsă între 5-52 KPa, iar cea determinată experimental a fost cuprinsă între 4-38 KPa, ceea ce este în același ordin a magnitudinii.

2.3. Utilizarea Metodei Elementului Finit (M.E.F.) la determinarea distribuției tensiunilor pe suprafața organelor de lucru.

Cercetătorii români Cârdei Petru, Muraru V, 1997[69] au arătat avantajele pe care le prezintă utilizarea analizei structurale în cercetarea, proiectarea și încercarea mașinilor și instalațiilor destinate agriculturii și industriei alimentare.

Dintre tipurile de analiză care se folosesc cel mai mult în domeniul cercetării și proiectării mașinilor agricole, se pot specifica:

- ❖ calculul de verificare la rezistență;
- ❖ simularea statică și dinamică a funcționării structurilor, în scopul determinării solicitărilor extreme care apar în regim dinamic;
- ❖ analiza fenomenelor de oscilație și de vibrație, rezonanță și bătăi, ameliorarea sau anihilarea acestora;
- ❖ determinarea zonelor afectate de acumularea de oboseală, la structurile de rezistență ale mașinilor agricole;
- ❖ analiza unor fenomene din domeniul termodinamicii, fenomene care au loc în structurile care lucrează în regimuri termice apreciabile;
- ❖ optimizarea automată și euristică a structurilor de rezistență ale mașinilor agricole;
- ❖ simularea fenomenelor de contact între organele de lucru ale mașinilor agricole și sol sau plante;
- ❖ efectul deplasării mașinilor agricole asupra solului(tasarea și deformarea în general);
- ❖ efectul mașinilor agricole tractate în structurile de rezistență ale tractoarelor;
- ❖ studiul zonelor sudate;
- ❖ elemente de transmisii hidraulice;
- ❖ fenomene electromagnetice în instalațiile electrice ale mașinilor agricole.

În figurile 2.16 și 2.17 se prezintă analiza statică a unei variante optimizate a plugului PAS4, respectiv analiza structurală a unui agregat tractor-plug, realizate de către cei doi specialiști[69].

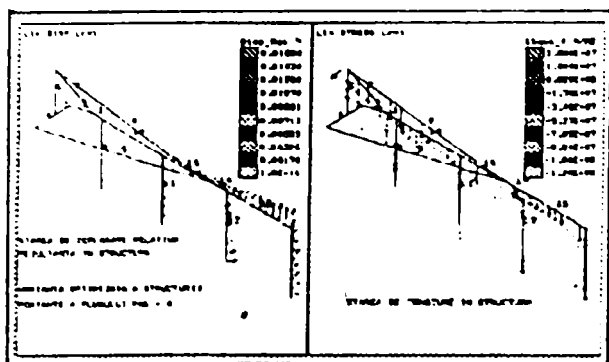


Figura 2.16. Analiza statică a unei variante optimizate a plugului PAS4.

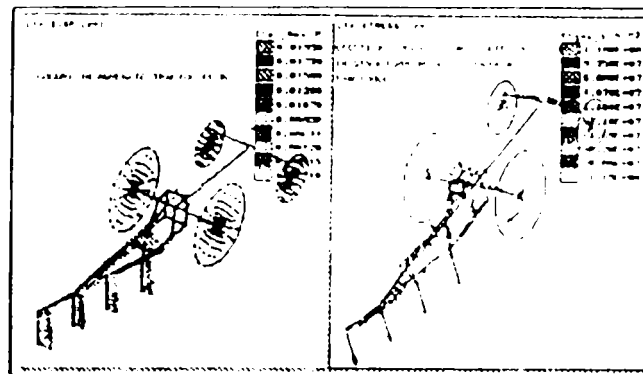


Figura 2.17. Analiza structurală a unui agregat tractor - plug.

Pentru optimizarea structurilor de rezistență ale mașinilor agricole, aceștia au propus utilizarea programului **COSMOS** și **Metoda Programării Euristice**(M.P.E.) [71]. M.P.E. este utilizată la rezolvarea problemelor dificile de proiectare optimă, probleme care nu se rezolvă prin metode matematice clasice.

Avantajele M.P.E. sunt:

- ❖ uniformizarea solicitărilor structurilor de rezistență;
- ❖ efecte imediate asupra economiei de material.

Pentru a demonstra cele spuse mai sus, specialiștii români [71], au aplicat programul COSMOS și M.P.E. pentru optimizarea plugului PAS-4 destinat arăturilor superficiale, proiectat la I.N.M.A. București. În figura 2.18 este prezentat modelul structural al structurii portante a plugului PAS-4.

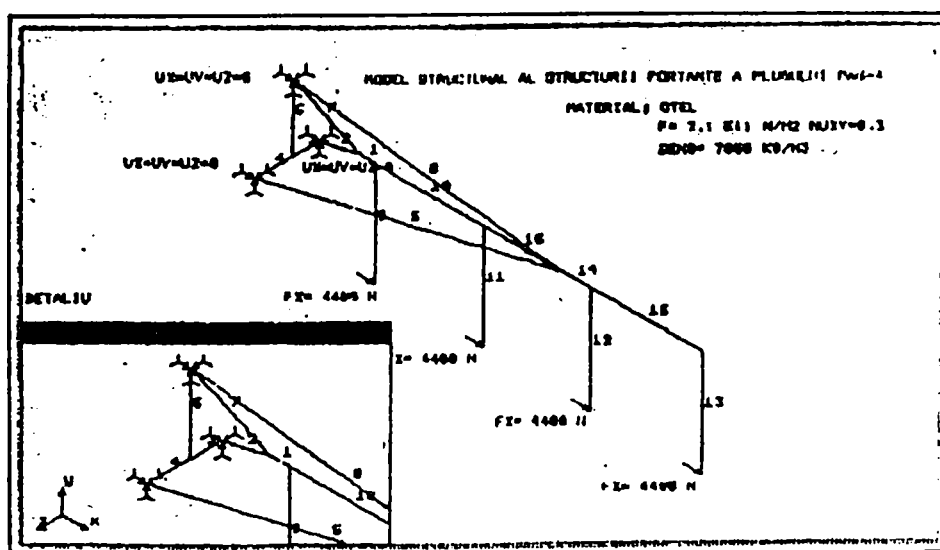


Figura 2.18. Modelul structural a structurii portante a plugului PAS-4.

Starea de tensiune și deplasare rezultantă relativă, în structura portantă inițială (propusă de proiectant), este prezentată în figura 2.19.

Starea de tensiune și deplasare relativă în structura optimizată este prezentată în figura 2.20.

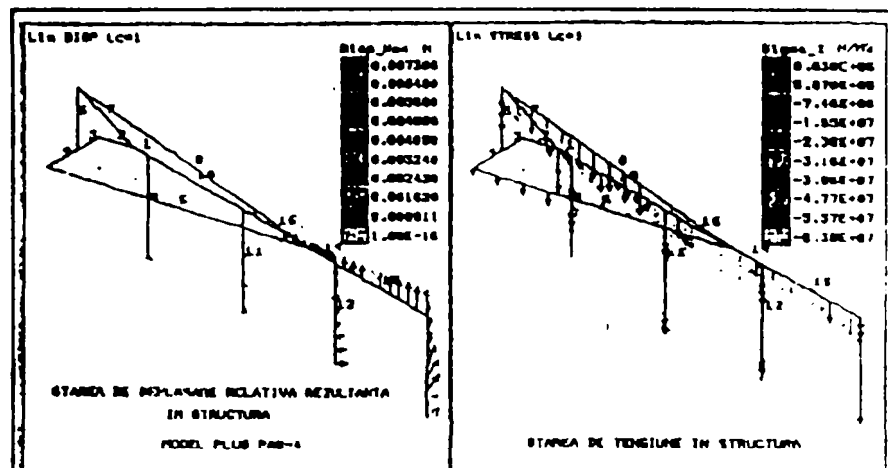


Figura 2.19. Stările de deplasare relativă rezultantă și tensiune în structura inițială a plugului[71].

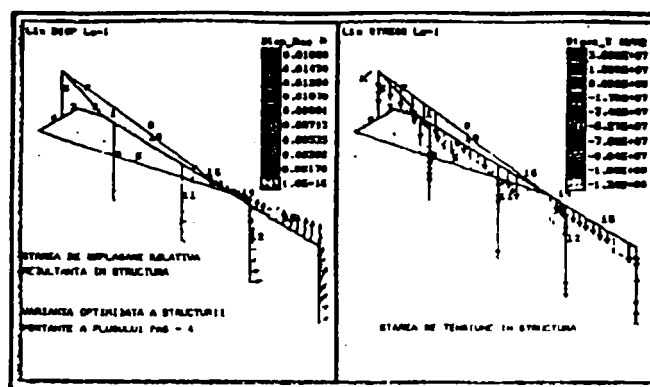


Figura 2.20. Deplasarea relativă rezultantă și tensiunea în structura optimizată[71].

Cercetătorii chinezi Chi L, Kushwaha R.L, 1991[74] au studiat interacțiunea dintre sol și unealta agricolă utilizând Metoda Elementelor Finite. Ca și uneltă agricolă ei au considerat o lamă de plug, lată de 5 [cm], înclinată, care lucrează la adâncimea de 10 [cm] (figura 2.21.). Distribuția efortului pe suprafața lamei de plug a putut fi estimată din forțele care acționează în nodurile de interfață. A fost folosită o plotare de contur pentru a arăta distribuția tensiunilor pe suprafața lamei.

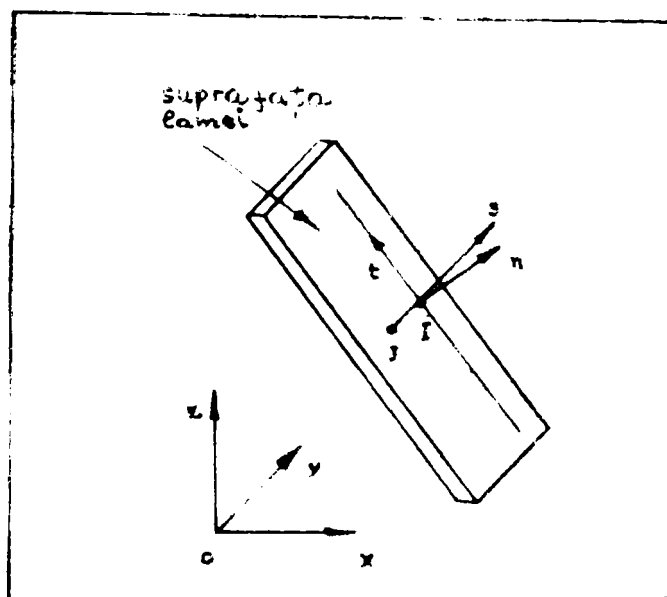


Figura 2.21. Unelta agricolă folosită pentru calculul cu M.E.F.

În figura 2.22. este prezentată predicția de distribuție a tensiunii normale pe suprafața lamei. După cum se vede din figură presiunea maximă apare pe muchia

tăietoare a lamei. Tensiunea a crescut odată cu creșterea adâncimii de lucru fapt ce a condus la apariția tensiunilor maxime pe muchiile exterioare ale lamei în partea inferioară a ei. Deoarece în aceste zone tensiunile sunt cele mai mari, acestea vor suferi cea mai mare uzură.

Tensiunea pe suprafața lamei a crescut și cu creșterea unghiului de înclinare.

Poziția verticală a uneltei indică cel mai mare nivel de tensiune datorită forței de tracțiune mari(figura 2.23.)

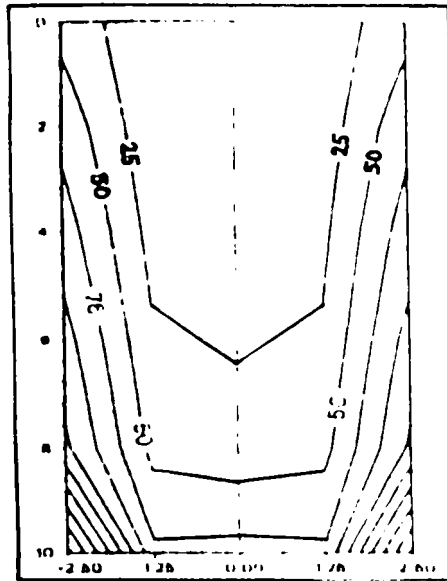


Figura 2.22. Distribuția tensiunilor normale pe suprafața lamei, având unghiul de înclinare de 45° [74].

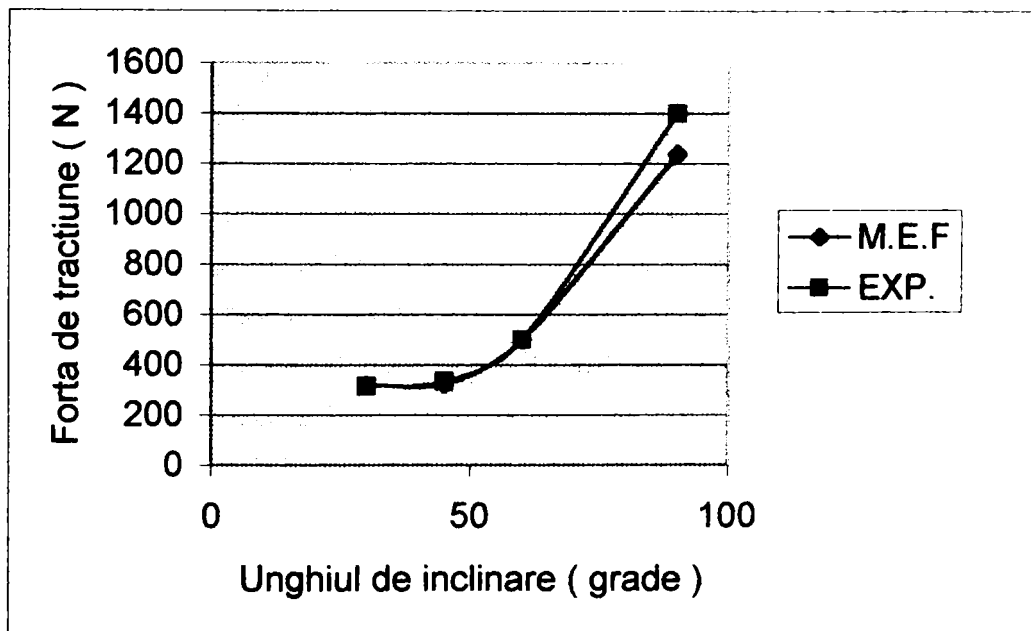


Figura 2.23. Variația forței de tracțiune funcție de unghiul de înclinare al lamei [74].

Corduneanu Ion, 1997 [84] a făcut un studiu asupra interacțiunii organ de lucru-sol, utilizând M.E.F. A considerat, ca organ de lucru, un cuțit tip daltă dreaptă. M.E.F. presupune în acest caz, stabilirea forței F , a unor ipoteze inițiale și condiții limită, care să apropie cât mai mult situația considerată de cea reală.

Aplicarea metodei a impus studii asupra zonei de interacțiune organ de lucru (pană - sol) (figura 2.24).

Stabilirea câmpului de tensiune pe organul de lucru, a tensiunilor și deplasărilor din sol, pe baza Metodei cu Element Finit, a ținut seama de o stare teoretică de solicitări. Rezultatele obținute de Corduneanu[84] au condus la concluzii similare cu cele cunoscute din literatura de specialitate.

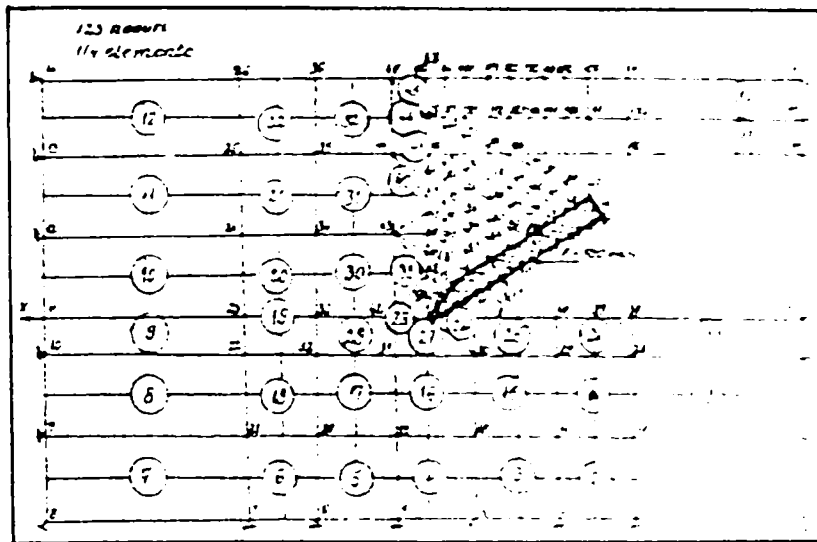


Figura 2.24. Rețeaua elementului finit pentru interacțiunea pană-sol în 3-D[84].

Distribuția tensiunilor prin M.E.F. evidențiază și modul de deformare a solului. Studiul efectuat de acesta a evidențiat următoarele aspecte:

- ❖ tensiunile orizontale descresc de la vârful brăzdarului spre suprafața solului și spre marginile volumului de sol afânat;
- ❖ tensiunile verticale, pe orizontală, sunt mai mici comparativ cu precedentele; în vârful brăzdarului sunt tensiuni mai mari față de cele din partea superioară a porțiunii de sol considerate;
- ❖ mărirea unghiului la 30° și 40° a condus la același fenomen în sol ca și pe brăzdar(figura 2.25.). De aceea se produce o dislocare mai dificilă, dar o mărunțire mai bună a solului.

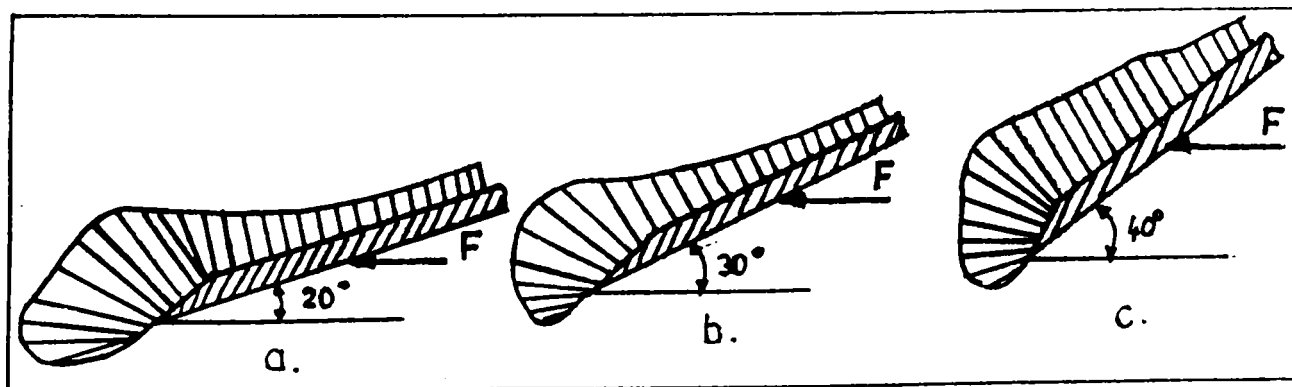


Figura 2.25. Distribuția câmpului de tensiuni pe cutit funcție de unghiul de înclinare al acestuia[84].

Faur N., Dumitru I., Popa M., 1995[106] au utilizat metoda de analiză cu elemente finite pentru calculul stării de tensiune și deformație din cormana unui plug universal. Pentru calculul stării de tensiune și deformație s-a luat în considerare cea mai defavorabilă situație dată de apariția unui obstacol în timpul procesului tehnologic de arat. Metoda de calcul prezentată de aceștia se constituie într-un material de bază în ceea ce privește optimizarea cormanelor de plug, pornind de la criteriul greutateii minime.

Utilizând programul "COSMOS" s-au generat suprafețele date, obținându-se în final un model geometric complex(figura 2.26 și figura 2.27.), reprezentând o copie fidelă a cormanei reale.

Pentru ilustrarea sintetică a modului de distribuție a câmpului de tensiuni, pentru cea mai semnificativă componentă a tensorului tensiunii, s-a reprezentat în figura 2.28. distribuția curbelor de egală tensiune, în zonele de interes care corespund zonelor de solicitare maximă, pentru tensiunea normală principală.

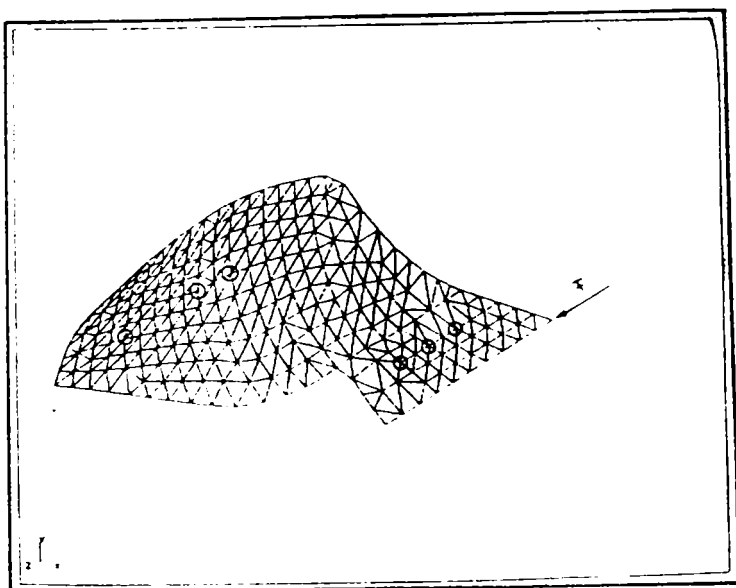


Figura 2.26. Modelul de calcul în reprezentare tridimensională.

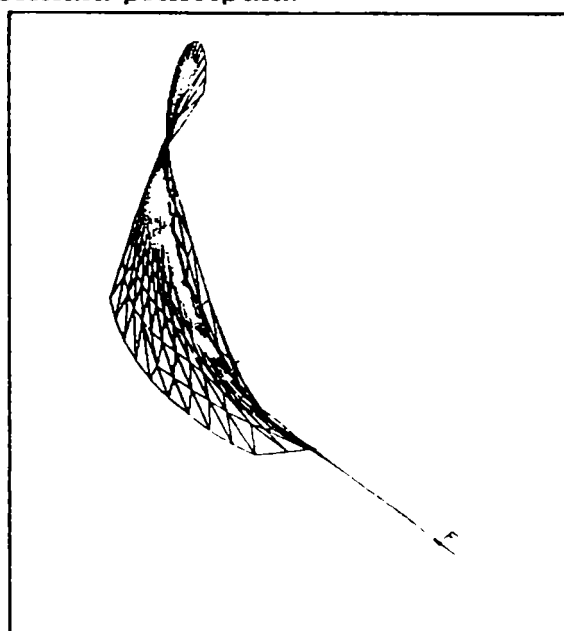


Figura 2.27. Modelul de calcul în reprezentare bidimensională.

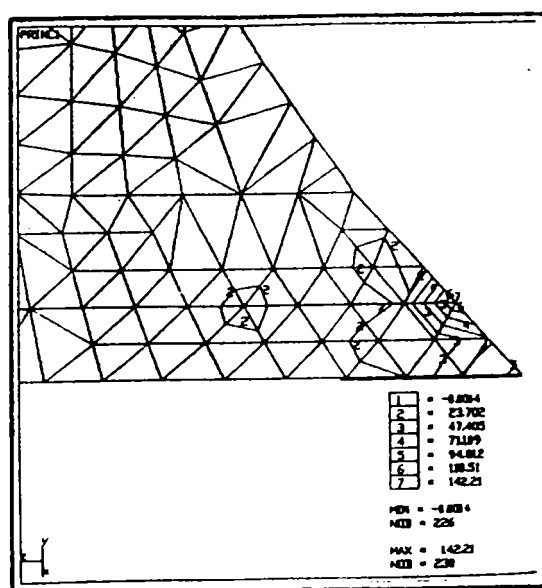


Figura 2.28. Distribuția tensiunii normale principale în zona de concentrare a tensiunilor[106].

Firma germană **VOGEL&NOOT**[320] a utilizat programe de analiză cu elemente finite pentru a elimina zonele de solicitare maximă care apar în părților componente ale plugului. În figura 2.29. se prezintă zonele de solicitare maximă ale suportului trupitei.

În experiențele efectuate de autor, solicitările care se transmit concomitent în suportul trupitei au fost sesizate de un timbru tensometric martor, iar indicațiile acestuia au fost valorificate la prelucrarea rezultatelor.

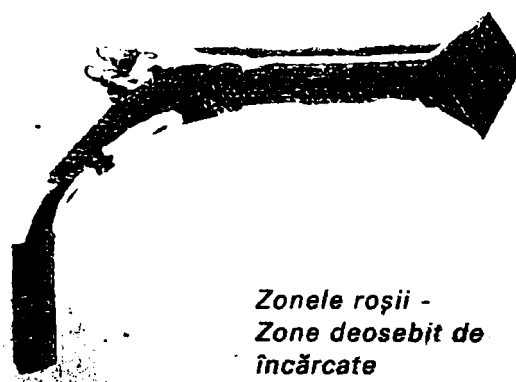


Figura 2.29. Zonele de solicitare maximă ale suportului trupitei[320].

2.4. Aprecierea distribuției presiunilor, funcție de gradul de uzură al zonei de lucru.

Specialiștii români Mihai P., Tomescu D. și Mitroi C.[158][250], au calculat și construit, aproximativ, epura presiunii solului ce acționează asupra profilului unui brăzdar(figura 2.30.), funcție de uzura acestuia, cu ajutorul relației de bază a uzurii abrazive[158][250][192]:

$$\frac{dt}{dT} = C \cdot p \quad (2.2.)$$

de unde rezultă:

$$p = \frac{1}{C} \cdot \frac{dt}{dT} \quad (2.3.)$$

unde: dt este uzura elementară liniară în grosime, măsurată perpendicular pe suprafața brăzdarului;

dT - drumul de frecare parcurs de materialul abraziv(sol) pe suprafața brăzdarului;

C - coeficient de uzură, care depinde de caracteristicile solului(cantitate, dimensiunea și forma particulelor), rezistența la uzură a materialului și condițiile de lucru;

p - presiunea specifică a solului, care acționează perpendicular pe suprafața organului de lucru.

Aceștia au ajuns la concluzia că viteza de uzură a suprafeței brăzdarului, datorită trecerii pe această suprafață a masei de sol, este direct proporțională cu presiunea cu care această masă apasă pe suprafața de frecare.

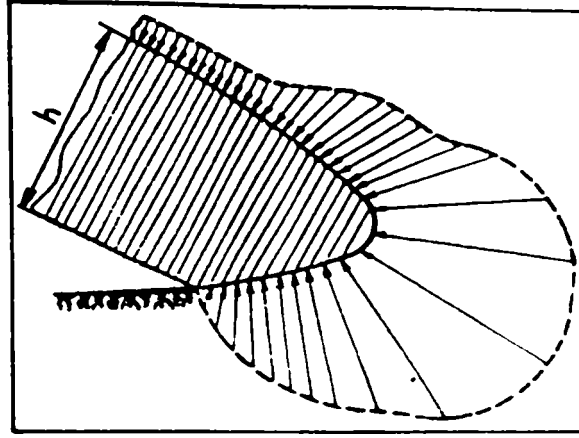


Figura 2.30. Epura presiunii solului pe tăișul brăzdarului cu profil stabilizat[158].

Din figura 2.30. rezultă că presiunea solului depinde și de grosimea brăzdarului. Prin creșterea lui h , presiunea solului crește la început repede, iar apoi mult mai încet.

Ținând cont de viteza de uzură pe lățime, constantă pentru toate porțiunile profilului[250], presiunea mai poate fi exprimată și sub forma:

$$p = \frac{V}{C} \cdot \sin \gamma \quad (2.4.)$$

Dacă organul activ este format din două straturi, care au viteze de uzură diferite ca în figura 2.31.[250], atunci pentru stratul inferior:

$$p_1 = \frac{V_1}{C_1} \cdot \sin \gamma_1 \quad (2.5.)$$

și pentru stratul superior:

$$p_2 = \frac{V_2}{C_2} \cdot \sin \gamma_2 \quad (2.6.)$$

Înlocuind presiunile specifice cu reacțiunea solului pe suprafața frontală a brăzdarului, în relațiile (2.5.) și (2.6.), au fost obținute următoarele relații pentru determinarea presiunii solului asupra brăzdarului:

$$p_1 = \frac{Q_1}{h_1} \cdot \sin \gamma_1 \quad (2.7.)$$

$$p_2 = \frac{Q_2}{h_2} \cdot \sin \gamma_2 \quad (2.8.)$$

unde: γ este unghiul dintre tangenta la profil în acel punct și direcția xx;
 Q_1, Q_2 - reacțiunile solului pe suprafața frontală a brăzdarului;
 h_1, h_2 - grosimile celor două straturi ale brăzdarului.

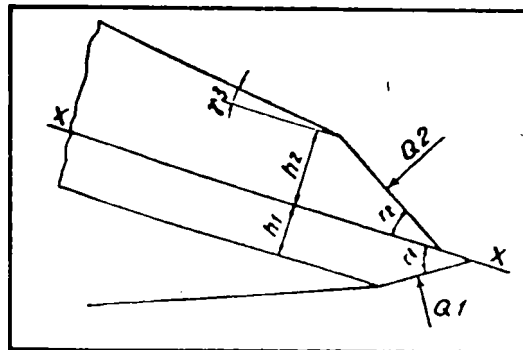


Figura 2.31. Tăișul unui brăzdar format din două straturi cu viteze diferite de uzură[158].

Pe baza considerentelor prezentate mai sus, specialiștii români au trecut la încărcarea pieselor active ale plugurilor mecanice(brăzdare, cormane, plazuri, etc.) cu diferite materiale, în straturi de diferite grosimi.

2.5. Stadiul actual al realizărilor în domeniul utilizării traductoarelor și a aparatului necesare pentru măsurarea presiunii solului asupra trupitei plugului.

Pentru măsurarea presiunii solului asupra trupitei plugului, în literatura de specialitate sunt indicate două tipuri de traductoare, a căror descriere sumară se face în cele ce urmează.

a. Traductor de presiune cu piston și garnitură de etanșare elastică.

Construcția acestui traductor, prezentată în figura 2.32.[22], se caracterizează prin aceea că acțiunea solului se transmite prin intermediul plăcii piston 1. Prin apăsarea solului, membrana elastică 2 deplasează lamela 3, micșorând astfel interstițiul dintre această lamelă și restul circuitului magnetic 4. Prin aceasta se modifică inductanța bobinei 5. Prin schema electrică aleasă, presiunea solului asupra plăcii 1, considerată uniform repartizată, este transformată în semnale electrice proporționale ca mărime cu valoarea presiunii care le-a produs. Traductorul se introduce în orificii speciale practicate în organul activ cercetat și se fixează cu șuruburi de spatele acestuia, astfel ca placa 1 să fie riguros la nivelul suprafeței active. Etanșarea plăcii 1 față de corpul traductorului 6 se face cu ajutorul unei garnituri de etanșare 7.

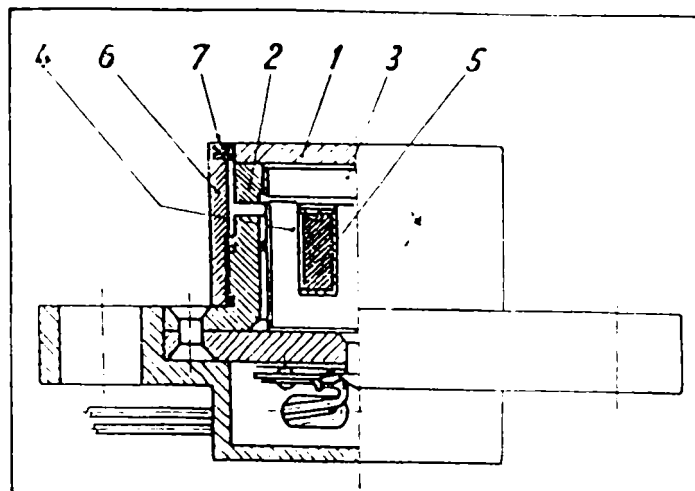


Figura 2.32. Construcția traductorului de presiune cu piston și garnitură de etanșare elastică[22].

În scopul verificării din punct de vedere al siguranței de funcționare în condiții de câmp, cercetătorii Barba V. și Toma D. din cadrul I.N.M.A. București[22] au realizat un traductor de presiune asemănător cu cel descris mai sus, dar la care, spre deosebire de acesta, în locul bobinei cu fier și interfier variabil, s-a adoptat o construcție mai comodă în lucru(figura 2.33.).

Aici placa 1 apasă prin intermediul unei bile de rulment 2 asupra unei membrane elastice 3, pe spatele căreia sunt lipite mărți tensiometrice 4. Presiunea solului se transmite prin intermediul plăcii 1 și a bilei 2, membranei 3. Schema de conectare a mărcilor tensiometrice în semipunte asigură proporționalitatea între presiune și semnalul electric obținut. Traductorul se montează pe organul studiat 5 în găuri special practicate și se fixează cu ajutorul piuliței 6. Etanșarea plăcii 1 de corpul traductorului 7 se face cu ajutorul unei garnituri de cauciuc 8.

Dificultățile ce survin la folosirea în exploatare a acestu tip de traductor sunt legate de faptul că garnitura de cauciuc nu asigură o etanșare completă, ivindu-se dese cazuri de gripare, datorită pătrunderii particulelor de pământ între placa 1 și garnitură. De asemenea funcționarea lui corectă este legată de ipoteza că presiunea solului se distribuie uniform pe suprafața plăcii 1, ceea ce în practică nu are loc întotdeauna, dat fiind caracterul neomogen al structurii solului.

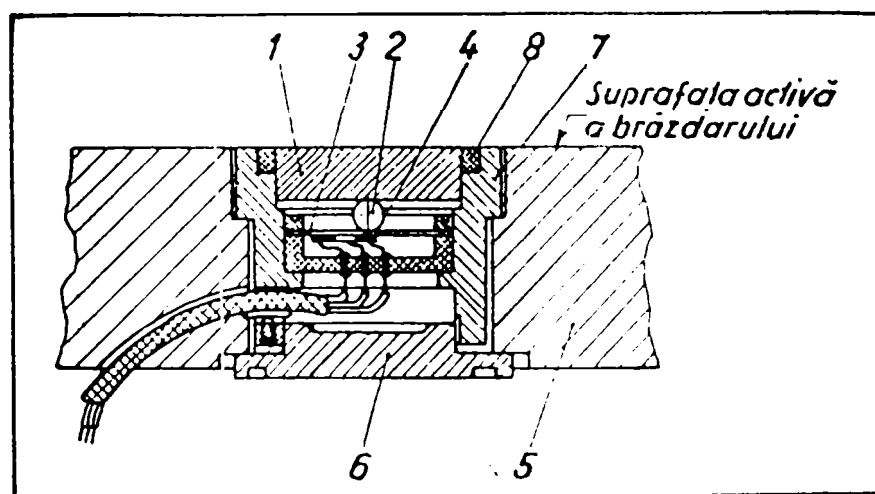


Figura 2.33. Traductor de presiune cu mărți tensiometrice și piston[22].

b. Traductor de presiune cu membrană. În figura 2.34. este prezentat un traductor de presiune propus pentru a fi utilizat la măsurarea presiunii solului asupra brăzdarelor de plug. Traductorul este compus din membrana elastică 1, mărcile tensiometrice 2 lipite pe spatele ei și corpul traductorului 3. Traductorul se montează pe brăzdar în orificii speciale și se fixează cu ajutorul piuliței 4, astfel ca suprafața membranei 1, care prin deformare modifică parametrii electrici (rezistența ohmică) a mărcilor tensiometrice conectate în semipunte. Pentru o sarcină uniform repartizată pe suprafața de lucru a membranei 1, semnalul electric obținut în puntea de măsură este proporțională cu presiunea „p”.

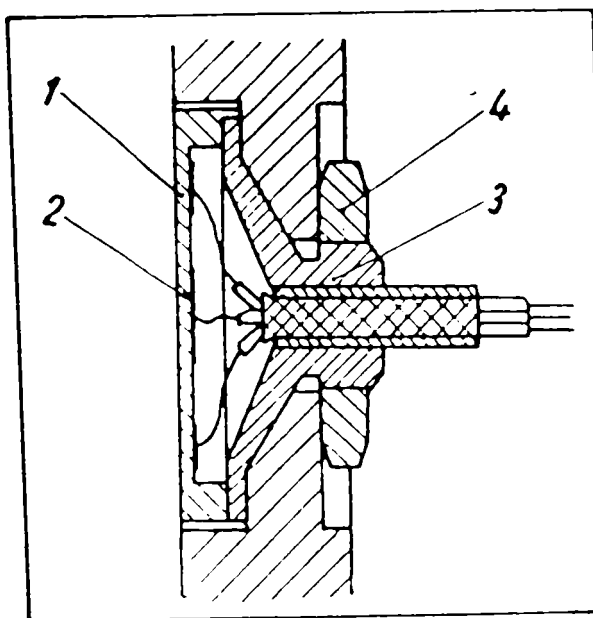


Figura 2.34. Traductor de presiune cu membrană[22][144].

În scopul verificării acestui tip de traductor, cercetătorii Barba V. și Toma D. din cadrul I.N.M.A. București, au realizat un model de traductor de construcție asemănătoare (figura 2.35.) [22], care se deosebește de cel descris mai sus numai din punct de vedere constructiv. A fost adoptată această construcție pentru asigurarea într-o măsură mai mare a legăturilor electrice și pentru a avea posibilitatea de a amplasa traductorul chiar în vârful brăzdarului, fără a periclita conductorii electrice de legătură.

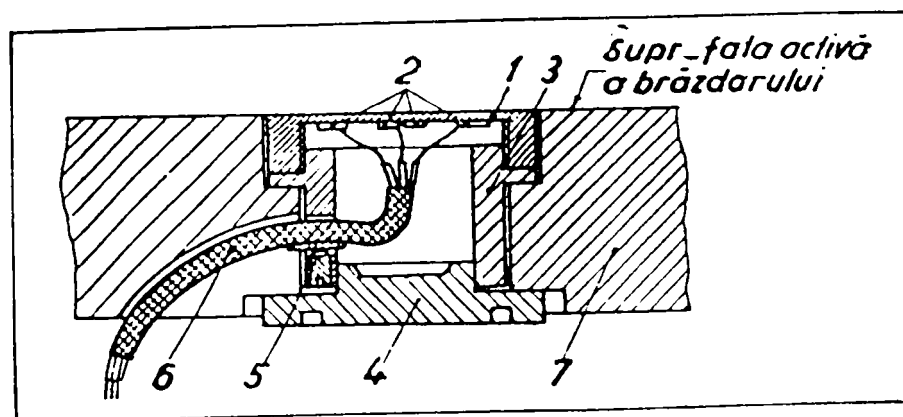


Figura 2.35. Traductor de presiune cu membrană, modificat din punct de vedere constructiv[22][296].

Lipirea mărcilor tensometrice pe membrana activă s-a făcut în două variante, prima variantă cu două mărci dispuse la 90° (figura 2.36, a) și a doua variantă cu patru mărci dispuse în paralel(figura 2.36, b).

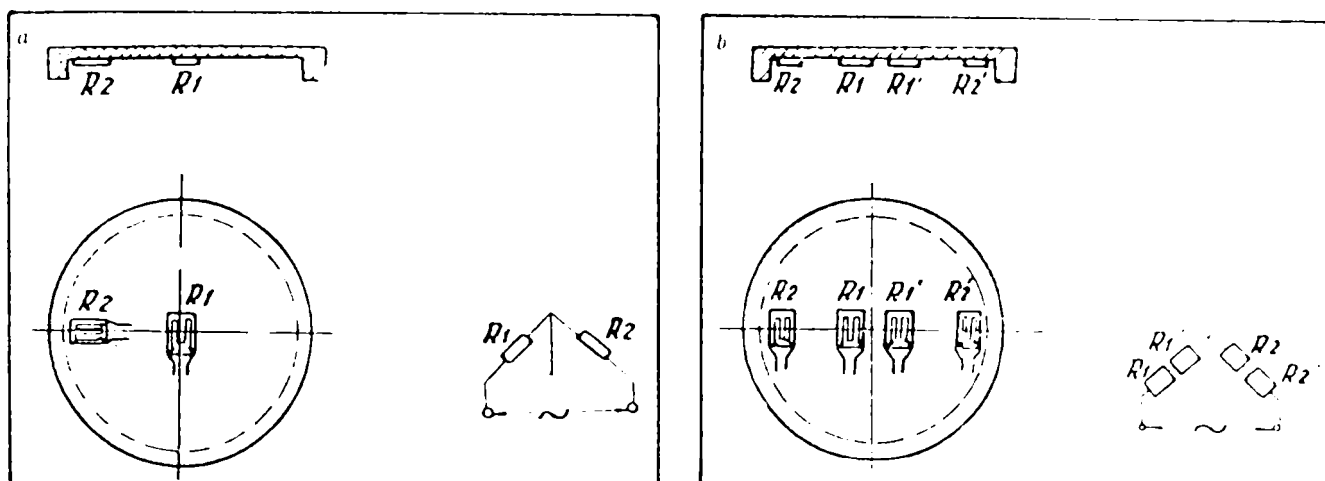


Figura 2.36. Modul de lipire al mărcilor tensometrice: a. - varianta I; b. - varianta II[22].

La experimentarea primei variante de traductor au fost semnalate unele deficiențe în funcționare și anume: sensibilitate la modificarea temperaturii membranei 1 în timpul lucrului și o mare neuniformitate a indicațiilor la schimbarea punctelor de aplicație a sarcinilor concentrate

La varianta a II-a aceste deficiențe apar într-o măsură mai mică.

În urma rezultatelor obținute la experimentarea celor două tipuri de traductoare realizate pe baza documentației, după analizarea condițiilor practice în care a avut loc funcționarea lor, și ținând cont de necesitățile procesului de cercetare științifică, s-au concretizat cerințele principale pe care trebuie să le îndeplinească un traductor pentru măsurarea presiunii solului asupra trupitelor plugurilor:

- ❖ relație liniară între mărimea ce se măsoară(presiunea solului) și semnalul electric obținut;
- ❖ sensibilitate cât mai redusă față de modificarea temperaturii suprafeței elementului activ și față de alte solicitări exterioare(forțe de frecare etc.), în afara celor normale la suprafața elementului activ;
- ❖ uniformitatea indicațiilor la schimbarea poziției punctului de aplicație a sarcinilor concentrate ce survin în lucrul trupitelor în soluri neomogene;
- ❖ siguranță în funcționare;
- ❖ gabarit redus, pentru a putea fi montat chiar în corpul trupitei, fără a schimba geometria acestuia;
- ❖ precizie în măsurare de $\pm 3\%$.

S-a studiat în consecință, în cadrul I.N.M.A. din București, posibilitatea realizării unui traductor care să corespundă cerințelor mai sus arătate, propunându-se în acest scop un traductor de presiune cu două membrane elastice, a cărui descriere se face în cele ce urmează.

Traductor pentru măsurarea presiunii solului de tip cu două membrane elastice[22]. Traductorul construit se caracterizează prin aceea că îmbină calitățile ambelor tipuri de traductoare descrise mai sus și anume concentrarea efortului în centrul membranei la traductorul de la punctul "a" și siguranța în funcționare (din punct de vedere mecanic) a traductorului descris la punctul "b", eliminându-se în mare măsură deficiențele acestora ca: posibilitatea de blocare (gripare) ce apare la traductorul cu piston și sensibilitate la temperatură și neuniformitatea indicațiilor la sarcini concentrate la traductorul de tip cu o membrană.

În figura 2.37. este arătată construcția traductorului compus din membrana superioară 1, având rolul de a prelua sarcina exercitată de către sol, membrana elastică interioară 2, supusă la încovoiere prin bila de rulment 3. mărcile tensiometrice 4, lipite pe membrana interioară 2, caseta 5 a membranei interioare, piulița de strângere 6, corpul traductorului 7, cablul electric de legătură 8 și șurubul 9 cu cap înecat pentru fixarea cablului. Traductorul se montează în orificii practice în trupa cercetată 10 și se fixează cu ajutorul piuliței 11, astfel ca suprafața membranei 1 să fie în același plan cu suprafața de lucru a trupaței 10.

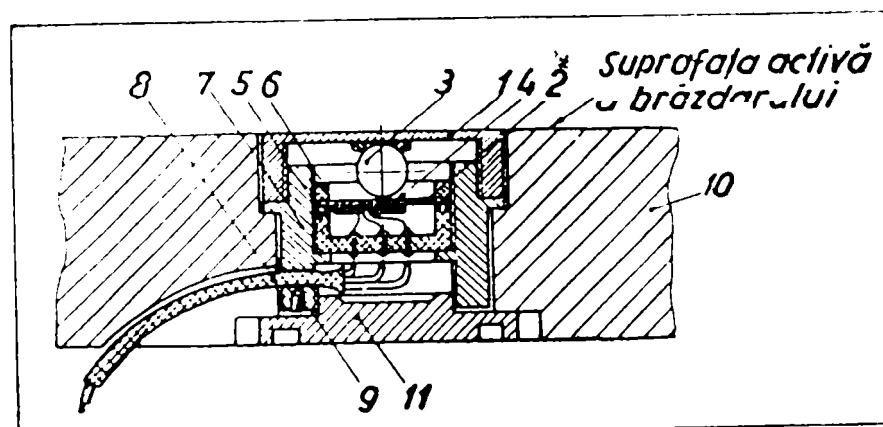


Figura 2.37. Construcția traductorului de presiune cu două membrane elastice[22]

Diametrul membranei 1 se face cu cca. 0,2 mm mai mic decât al găurii în care se montează, pentru a elimina influența dilatației termice asupra indicațiilor traductorului.

Modul de funcționare al traductorului este următorul: asupra membranei 1 acționează 2 forțe (figura 2.38.): presiunea solului „p” considerată ca o sarcină uniform distribuită și o forță concentrată „P”, reacțiunea membranei interioare 2, dirijată în sens opus lui „p”.

Sub acțiunea acestor două forțe membrana 1 va primi în centru o săgeată „f”. Conform principiului suprapunerii efectelor, săgeata „f” este egală cu suma algebrică a celor două săgeți produse de forțele ce acționează asupra membranei 1:

$$f = f_p + f_P \quad (2.9.)$$

știind că:

$$f_p = 0,171 \cdot \frac{a_1^4}{(E \cdot h_1^3) \cdot p} \quad (2.10.)$$

$$f_p = -0,217 \cdot \left[a_1^2 - 0,75 \cdot b^2 \cdot \ln \frac{\begin{pmatrix} a_1 \\ b \end{pmatrix}}{(E \times h_1^2)} \right] \cdot P = -k_2 \cdot P \quad (2.11.)$$

rezultă:

$$f = (k_1 \cdot p) - (k_2 \cdot P) \quad (2.12.)$$

Săgeata produsă de forța „P” asupra membranei 2 este egală cu săgeata „f” a membranei 1 (cele două membrane fiind în contact permanent cu bila de rulment ce le unește):

$$f_2 = f = 0,127 \cdot \left\{ \frac{\left[a_2^2 - 0,75 \cdot b^2 - b^2 \cdot \ln \left(\frac{a_2}{b} \right) \right]}{(E \cdot h_2^2)} \right\} \cdot P = k_3 \cdot P \quad (2.13.)$$

Din relațiile (2.12.) și (2.13.) rezultă:

$$P = \left[\frac{k_1}{(k_2 + k_3)} \right] \cdot p \quad (2.14.)$$

adică forța „P” ce acționează asupra membranei interioare 2 este direct proporțională cu presiunea „p” ce se exercită asupra membranei 1.

Sub acțiunea forței concentrate „P”, pe suprafața membranei 2 apar eforturi radiale și tangențiale, a căror mărime este direct proporțională cu forța „P”. Rezultă că și alungirea mărcilor tensometrice și deci și semnalele electrice obținute în diagonala punții de măsură vor fi direct proporționale cu „P”, respectiv „p”. Deci traductorul propus va corespunde cerinței ca semnalul electric obținut să fie proporțional cu presiunea ce se exercită de sol asupra sa.

Datorită forțelor de frecare ce apar în timpul funcționării membranei 1, aceasta se încălzește. Încălzirea fiind superficială, membrana interioară 2 nu-și schimbă temperatura, ea fiind practic izolată din punct de vedere termic de membrana 1. Rezultă că traductorul corespunde și cerinței ca influența temperaturii asupra indicațiilor sale să fie minimă.

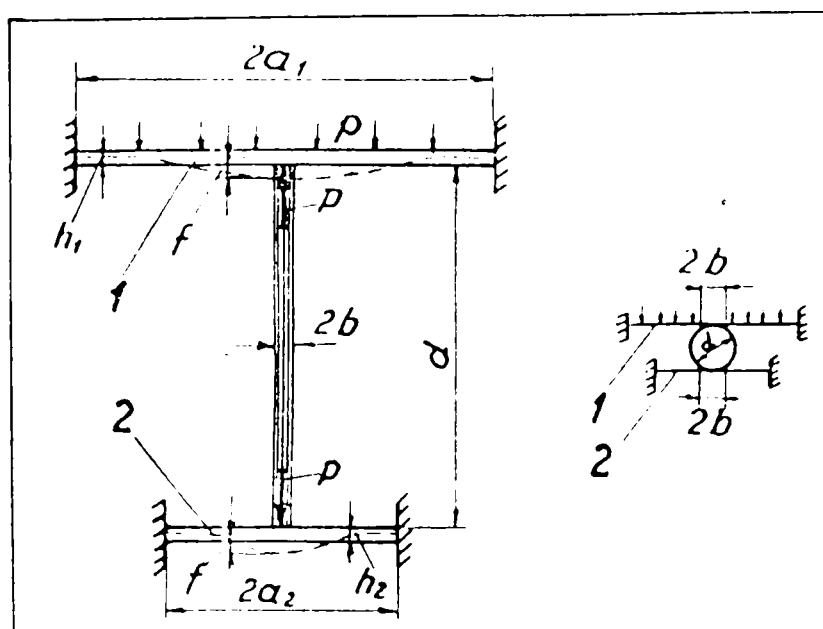


Figura 2.38. Modul de funcționare al traductorilor de presiune cu două membrane [22].

Datorită faptului că acțiunea solului se transmite mărcilor numai prin intermediul membranei 1 (prin intermediul bilei de rulment) eventualele sarcini concentrate (datorate neomogenității solului) vor produce întotdeauna semnale de același sens în puntea de măsură, indiferent de punctul de aplicare al lor, semnale proporționale cu valoarea acestor sarcini.

Dimensiunile de gabarit ale traductorului nu depășesc grosimea brăzdarului de plug (cca. 12 mm).

Diametrul de lucru al membranei 1 poate fi cuprins între 10 și 20 mm, la alegerea cercetătorului.

Domeniul de măsură se poate extinde cu ușurință prin schimbarea numai a membranei 1 (realizată sub forma unui căpăcel filetat) cu alta de grosime „ h_1 ” corespunzătoare domeniului ales.

Calculul membranei (diametru, grosime) se face utilizând formulele clasice indicate în literatură pentru plăci subțiri încastrate pe conturul exterior.

Aparatura utilizată pentru determinarea tensiunilor pe suprafața trupitei plugului. În literatura de specialitate informațiile care privesc aparatura utilizată la încercările experimentale în câmp, privind tensiunile care acționează asupra trupitei plugului, sunt foarte puține.

Pentru măsurătorile în câmp a presiunilor exercitate de sol asupra trupitelor plugului, la I.N.M.A. București, cercetătorii români Barba V. și Toma D. [22] au studiat și realizat o instalație portabilă pentru electrotensometrie cu patru canale de

amplificare în construcție cu tranzistori, care să înlocuiască punțile clasice cu tuburi electronice.

Schema bloc a unui canal de amplificare(figura 2.39.), cuprinde un oscilator 1 având frecvența de 5KHz, un amplificator al tensiunii de alimentare a traductorilor 2, traductorul electrotensometric 3, sistemul de echilibrare rezistivă și capacitivă 4, amplificatorul de măsură 5, amplificatorul tensiunii de comandă 6, demodulatorul în inel 7, dispozitivul de echilibrare și măsurare 8. Toate etajele enumerate sunt stabilizate termic. Din punct de vedere al funcționării în curent alternativ, fiecare canal de amplificare este prevăzut cu reacții negative de curent și tensiune, ceea ce asigură o bună stabilitate în funcționarea punții.

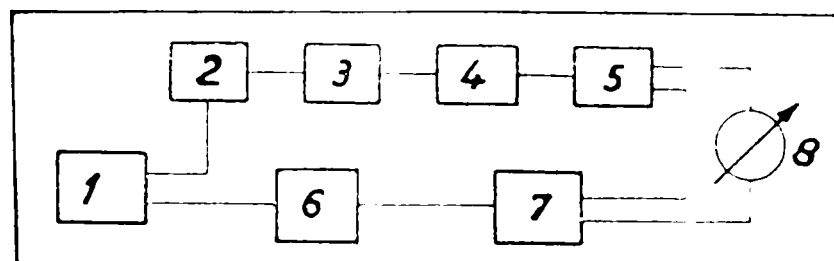


Figura 2.39. Schema bloc a unui canal de amplificare[22][23][24].

În figura 2.40. este prezentată schema electrică de principiu a unui canal de amplificare care conține 8 tranzistori.

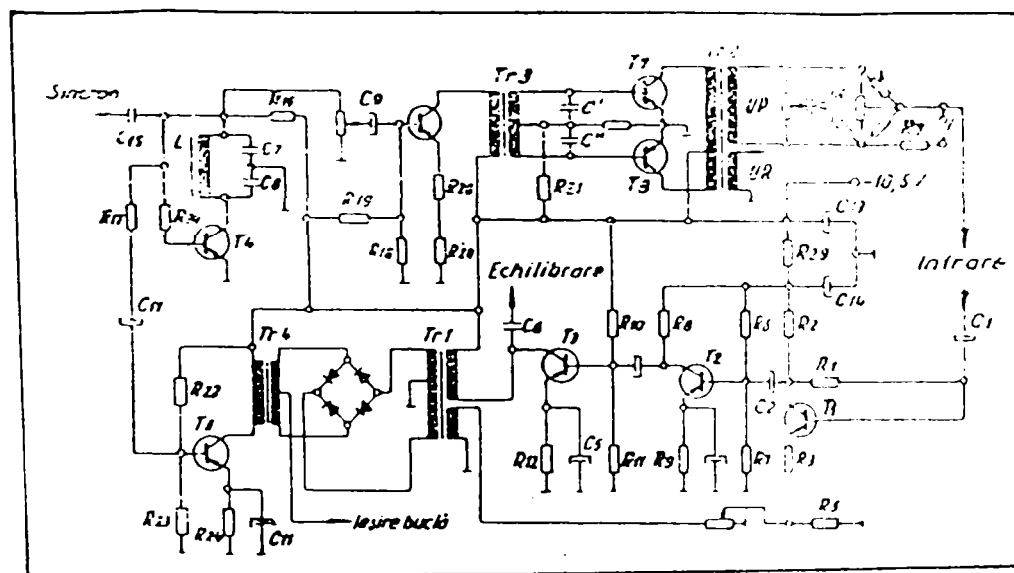


Figura 2.40. Schema electrică de principiu a unui canal de amplificare[22][23].

Canalele transistorizate au fost realizate sub forma de casete de dimensiuni mult reduse în comparație cu canalele cu tuburi.

Casetele au fost grupate câte patru pe câte un șasiu comun, care cuprinde și un instrument cu ajutorul căruia se măsoară pe rând pentru fiecare canal în parte, folosind doi comutatori centrali:

- tensiunea de alimentare a punții;
- curentul absorbit de la baterie;
- echilibrarea punții de măsură;

➤ curentul de ieșire al amplificatoarelor.

Cu această punte cu 4 canale pentru electrotensometric, cercetătorii de la I.N.M.A. București au efectuat măsurători asupra trupițelor plugurilor. Datorită greutății sale mici(cca. 2 kg) și a consumului redus de curent(120 mA la 12 V c.c.), puntea a putut fi montată în unele cazuri chiar pe rama plugului studiat, așa cum se arată în figura 2.41.[22], alimentarea făcându-se de la bateria de bord a tractorului.

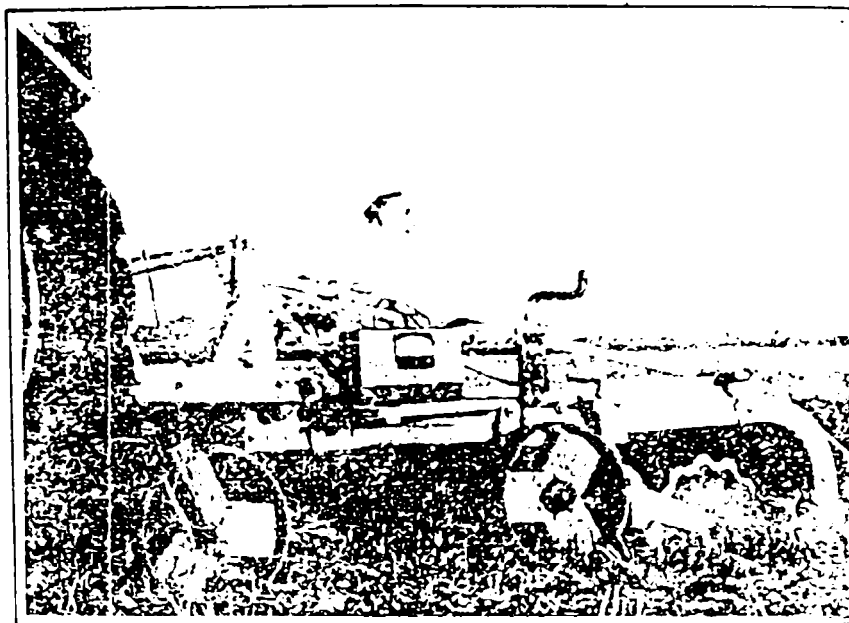


Figura 2.41. Sistemul de montare a instalației de tensometrie direct pe mașina de încercat.

Pentru înregistrarea pe bandă a semnalelor primite de la traductorii electrotensometrici s-a utilizat un oscilograf cu bucle.

Aparatura de înregistrare a fost amplasată într-un laborator mobil tip I.N.M.A. [23][24], legătura cu agregatul studiat făcându-se prin cabluri flexibile(figura 2.42.).

Acest lucru s-a întâmplat în anul 1965. De atunci și până în prezent, în țara noastră, cercetările în acest domeniu lipsesc cu desăvârșire.

În literatura de specialitate din țările vest - europene informațiile privitoare la aparatura utilizată la încercările experimentale în câmp, privind determinarea tensiunilor pe suprafața cormanei, lipsesc aproape cu desăvârșire.

Singura informație pe care am obținut-o este de la firma germană **HOTTINGER BALDWIN MESSTECHNIK** care a realizat pentru încercările dinamice în câmp, a mașinilor agricole, un laborator mobil care este amplasat pe apărătoarea roții din stânga a tractorului(figura 2.43.). Cu ajutorul acestui laborator se pot determina tensiunile ce apar în piesele de uzură ale mașinilor agricole, în regim dinamic. Laboratorul a fost special realizat pentru specialiștii în domeniu.

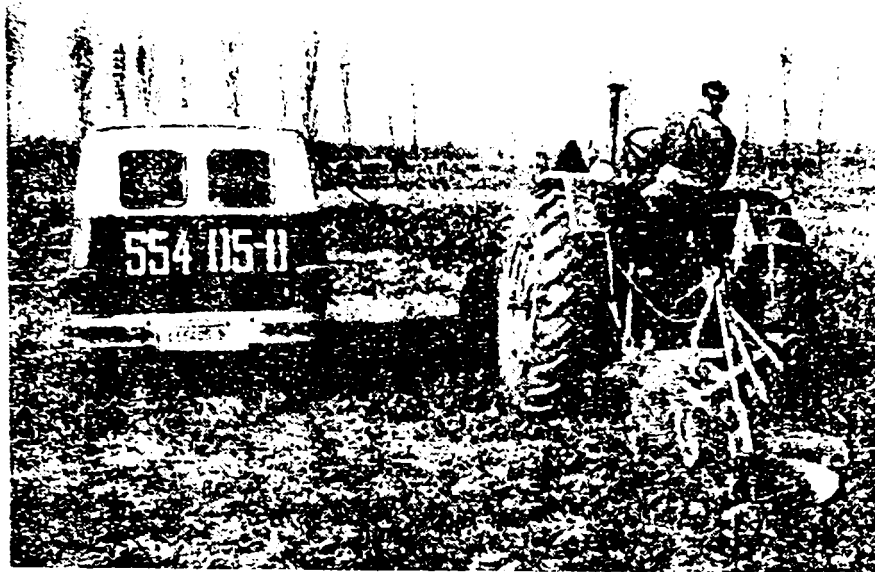
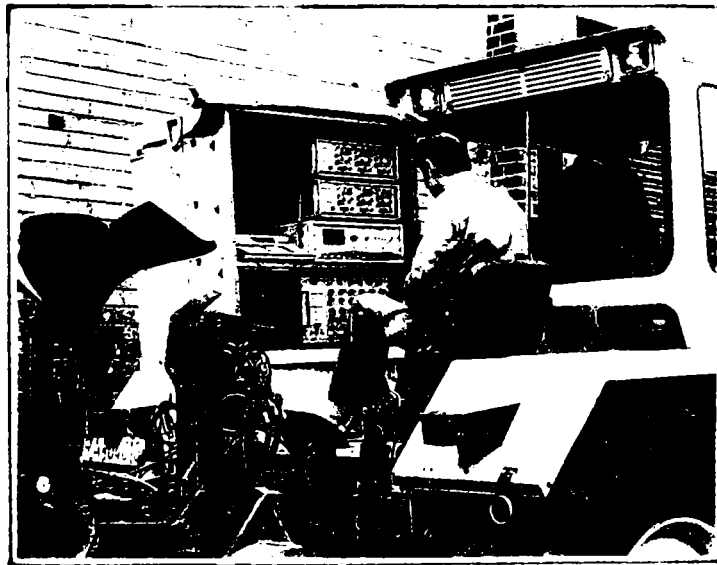


Figura 2.42. Laboratorul mobil utilizat la încercările experimentale. Varianta I.N.M.A. București[22].



*Figura 2.43. Laborator mobil. Varianta firmei germane **HOTTINGER**[277].*

CONCLUZII LA PARTEA I

Din studiul critic privind stadiul actual al cercetărilor în domeniul plugurilor echipate cu cormane lamelare au rezultat următoarele concluzii:

1. Pentru solurile argiloase, aderente la suprafețele metalice, cormanele lamelare(din fâșii) contribuie la reducerea forței specifice de tracțiune cu peste 20%, în situațiile dificile, iar pe solurile ușoare cu până la 20%.
2. Reducerea forței specifice la tracțiune obținută în cazul plugurilor cu cormane lamelare, este justificată de reducerea suprafeței de frecare dintre sol și lamele, în contextul apariției unui film ce umectează suprafața de alunecare a cormanei, ca urmare a creșterii presiunii dintre lamelă și sol.
3. Specificul procesului de alunecare al brazdei pe cormana lamelară face ca dimensiunile inițiale ale bulgărilor de sol să se reducă în mod continuu, rezultând în final o arătură mai bine mărunțită și ușor de lucrat ulterior.
4. Deosebirea fundamentală de proces față de cormanele fără lamele se materializează prin aceea că masa brazdei care alunecă de-a lungul lamelelor se reduce în mod continuu, o bună parte din masa brazdei trecând prin spațiile interlamelare și căzând pe sol, lucru ce aduce în contact continuu noi particule cu lamelele, din această interacțiune rezultând o prelucrare suplimentară a brazdei și în final o mărunțire superioară față de cormana clasică.
5. Sub aspectul configurației geometrice cormanele cu lamele se pot categorisii după aceleași criterii ca și cormanele fără lamele. Precizăm că studiile efectuate și prezentate în conținutul acestei teze au evidențiat tendința unor firme constructoare de astfel de cormane cu lamele în a realiza variante universale care să elimine împărțirea lor în cormane cilindrice, culturale, semielicoidale și elicoidale prin implementarea unor variații ale unghiurilor α , β și γ care duc la creșterea efectelor de mărunțire, răsturnare și îndepărtare laterală a brazdei, permițând efectuarea lucrărilor la viteze mărite de lucru.

Corespunzător categoriei de sol în care urmează să lucreze aceste cormane, respectiv limitelor minime și maxime a parametrilor geometrici impuși de limitele maxime ale adâncimii de lucru, ca și în cazul cormanelor nedecupate se întâlnesc cormane lamelare cu suprafețe de lucru echivalente, pe care se distribuie un număr de 4 lamele, număr generalizat de toate firmele constructoare de astfel de cormane. Aceasta este explicația corespunzător căreia în construcția diverselor variante de cormane lamelare se întâlnesc lamele înguste, late, lungi și scurte.

6. Repartiția lamelelor pe suprafața de lucru se face astfel încât să se respecte configurația conturului exterior delimitat de o cormană fără lamele. Din această cauză spațiile dintre lamele capătă o divergență

continuă, fiind benefică pentru desfășurarea însăși al procesului de interacțiune cu solul supus prelucrării.

7. Datorită avantajelor prezentate mai sus, pentru cormanele lamelare riscul de înfundare al acestora, în comparație cu cele fără lamele, este considerabil diminuat.
- II. Cercetările efectuate asupra distribuției presiunilor pe suprafața de lucru a trupiței plugurilor mecanice au condus la stabilirea zonelor de uzură maximă și a vitezei de uzare a suprafeței cormanei.
 - III. Rezultatele cercetătorilor specialiștilor de la I.N.M.A.(fostul I.C.M.A. București) în direcția distribuției presiunilor pe suprafața cormanei au dus la următoarele concluzii:
 1. Pe suprafața de lucru a cormanei presiunea se manifestă în zona conturului anterior, fapt pentru care această suprafață se uzează mai repede($p_{max.} = 294,98$ [kPa]; $p_{med.} = 23,03$ [kPa]). Datorită acestui fapt s-a trecut la realizarea cormanei din două părți: pieptul cormanei și aripa cormanei. Pieptul cormanei uzându-se mai repede, poate fi schimbat fără a fi nevoie să se schimbe și aripa cormanei.
 2. Pe suprafața de lucru a brăzdarului presiunea maximă se manifestă în zona vârfului brăzdarului, fapt pentru care această suprafață se uzează mai repede($p_{max.} = 847,7$ [kPa]; $p_{med.} = 51,94$ [kPa]). Datorită acestui fapt, s-a trecut la realizarea brăzdarului din două s-au chiar trei bucăți. Vârful brăzdarului uzându-se mai repede poate fi schimbat fără a fi nevoie să se schimbe și corpul brăzdarului. Ținând cont de cele afirmate, la ora actuală plugurile se echipează cu brăzdare confecționate în una din cele trei variante: cu vârf reversibil, cu vârf schimbabil sau cu vârf realizat din două bucăți.
 3. Călcâiul plazului este la fel de solicitat ca și pieptul cormanei, ceea ce face ca acesta să se uzeze foarte repede. Din această cauză trebuie ca acest organ să fie realizat dintr-un material cu duritate ridicată.
 4. Datorită faptului că organele de lucru ale plugurilor mecanice(cormană, brăzdar, călcâiul plazului etc.) se uzează rapid(1 până la 3 zile), la ora actuală, specialiștii în domeniu au întreprins studii și cercetări în vederea căutării metodelor de reducere a uzurii, studiindu-se forma și variația ei, și s-au făcut încercări de a stabili o lege a procesului de uzură. S-a ajuns la concluzia că utilizarea unor materiale superioare celor tradiționale ar rezolva această problemă.
 5. Presiunea solului ce acționează pe suprafața unui brăzdar, funcție de gradul de uzură, este direct proporțională cu viteza de uzură a brăzdarului. Într-o altă abordare, această presiune este considerată a fi direct proporțională cu reacțiunea solului pe suprafața frontală a brăzdarului.
 6. Pentru a determina presiunea exercitată de sol asupra trupiței plugului, s-a ajuns la concluzia că este nevoie de utilizarea unor traductori tensometrici speciali care elimină în mare măsură deficiențele

traductoarelor de construcție clasică, în ceea ce privește sensibilitatea la variația temperaturii, erorilor datorate modificării punctului de aplicație al sarcinilor concentrate pe suprafețele active ale traductoarelor și siguranța în funcționare.

7. Din cele prezentate în capitolul 2 reiese foarte clar că cel mai indicat model de traductor tensometric de presiune este cel cu două membrane elastice, realizat de către specialiștii de la I.N.M.A. București.
- IV. Din studiile și cercetările efectuate de specialiștii în domeniu, reiese că, piesa cea mai solicitată a trupiței luguului este brăzdarul, suprafața cormanei fiind solicitată în principal la uzură de abraziune.
 - V. În ceea ce privește distribuția presiunii pe suprafața cormanei, sun Yi-Yuan a ajuns la concluzia că aceasta este o distribuție parabolică. Presiunea determinată teoretic cu presiunea măsurată experimental fiind în același ordin al magnitudinii.
 - VI. Pentru determinarea distribuției tensiunilor pe suprafața de lucru a trupițelor plugurilor mecanice sau făcut puține încercări, atât datorită lipsei unor aparate de măsură adecvate, cât și condițiilor grele în care trebuie efectuate încercările experimentale în câmp.
 - VII. Sub aspectul influențării tensiunilor asupra rigidității cormanei, literatura de specialitate nu prezintă date.
 - VIII. Din studiul critic privind distribuția tensiunilor pe suprafața de lucru a trupițelor plugurilor au rezultat următoarele concluzii:
 1. Stadiul de dezvoltare actual al nivelului științific și tehnic permite utilizarea metodei elementului finit ca metodă fundamentală a determinării distribuției tensiunilor pe suprafața cormanei și permite o analiză judicioasă a tuturor factorilor care influențează rigiditatea lamelelor cormanei la deplasarea stratului de sol pe suprafața acestora.
 2. Studiul asupra stării de tensiune și deformație din cormană, reprezintă o problemă deosebit de importantă în ceea ce privește optimizarea parametrilor cormanei pe baza criteriului greutatei minime[106]. Acest calcul se poate face cu succes cu ajutorul metodei de analiză cu elemente finite.
 3. Deoarece, o serie de probleme dificile de proiectare optimă nu pot fi rezolvate prin metode clasice(cazul cormanelor), în lipsa unor procedee mai sigure, s-a trecut la rezolvarea acestora cu ajutorul unei metode numite "Metoda Programării Euristice"[71]. Optimizarea prin această metodă nu este în sens strict o optimizare ci o îmbunătățire a structurii. Totuși, ea este ceva mai mult decât o îmbunătățire, pentru că selectează dintr-o mulțime de variante posibile, pe cea mai convenabilă.
 4. Pentru determinarea experimentală a tensiunilor pe suprafața unei cormane lamelare, la lucrul în câmp, în anumite puncte, se va folosi metoda electrotensometrică care dă rezultatele cele mai bune, întrucât metoda fototensometrică nu poate fi folosită din cauza faptului că, suprafața acesteia nu poate fi vizualizată cu polariscopul cu reflexie.

5. Unele cormane lamelare au în anumite zone ale lor găuri de fixare a lamelelor pentru cazul când lamelele sunt inversate(vezi figura 1.5., b). Zonele din jurul acestor găuri trebuie foarte bine analizate din punct de vedere al distribuției tensiunilor. În timpul lucrului în câmp, în aceste zone se pot produce fisuri și chiar ruperi ale lamelelor.
6. Distribuția tensiunilor pe suprafața de lucru a cormanelor poate fi influențată de modul de poziționare a contrafișei de susținere a lamelelor.
7. Având în vedere modul diferit de desfășurare a procesului de alunecare și prelucrare al brazdei pe suprafața de lucru a cormanei lamelare este de așteptat ca distribuția tensiunilor să fie diferită în comparație cu cormanele clasice. Se intuiește acest lucru pe seama modificării parametrilor de proces, ținând seama de faptul că la cormanele lamelare masa transferată de la brăzdar la lamele alunecă de-a lungul lamelelor, în alte condiții decât pe suprafața nedecupată, o parte din material laminându-se prin spațiul dintre lamele.

În cazul solurilor puternic coezive, o parte dintre particule se pot bloca în spațiul interlamelar măbind coeficientul de frecare pe seama frecării particulelor sol pe sol. De aici concluzia că în asemenea situații câmpul de tensiune crește pe lamelă, iar efectul rezultat constă în aceea că din cauza presării particulelor de sol apa iese la suprafață și umectează suprafața lamelară. În urma acestei umectări valoarea forței de rezistență specifică la tracțiune a plugului devine mai mică, deși câmpul de tensiune asupra lamelelor crește.

- IX. Variantele de tractoare prezentate în capitolul 2 le considerăm deosebit de pretențios de realizat pentru serviciile pe care urmează să le ofere. Deasemenea considerăm că numărul mare al pieselor în mișcare face ca fiabilitatea acestor tractoare să scadă rapid, iar rezultatele indicate să fie total eronate.
- X. În altă ordine de idei considerăm că prin posibilitatea de deformare a suprafeței de contact a tractorului după direcția perpendiculară pe cea de curgere a solului face ca la un moment dat contactul dintre acestea să dispară iar indicațiile binențeles sunt total alterate.
- XI. Față de cele ce se prezintă în această lucrare la partea experimentală se constată că autorul nu a apelat la acest tip de tractor ci a apelat la sistemul clasic de măsurări tensiometrice cu timbre de mare sensibilitate a căror distribuție pe suprafața de lucru a cormanei a ținut seama de concluziile stabilite de cercetătorii de la I.N.M.A. București, tipurile de tractoare utilizate dând relevanță dezvoltării câmpului de tensiuni ci nu numai de presiuni.
- XII. Alegerea făcută a fost împărtășită și sprijinită de specialiștii de la PROMPT S.A. Timișoara a căror competență în domeniu este recunoscută.

PARTEA II

CONTRIBUȚII TEORETICE PRIVIND DISTRIBUȚIA TENSIUNILOR PE SUPRAFAȚA CORMANELOR PLUGURILOR MECANICE

CAPITOLUL 3

CONTRIBUȚII TEORETICE PRIVIND STUDIUL INTERACȚIUNII SOL-CORMANĂ LAMELARĂ

3.1. Consideratii generale.

Îmbunătățirea parametrilor constructivi și funcționali ai plugurilor moderne cu cormane se poate realiza după mai multe direcții. Cea mai principală direcție vizează perfecționarea constructiv - funcțională a trupițelor plugului, atât din punct de vedere al evoluției parametrilor ce caracterizează funcționalitatea acestora, cât și din punct de vedere al materialelor și a modului de fixare a trupițelor pe cadru. Când privește natura materialelor din care se confecționează organele trupiței plugului, este evident că primează asigurarea rigidității în lucru a acestora, iar pentru organele care constituie suprafața de deplasare a brazdei, trebuie să prezinte și o rezistență sporită atât la uzura prin corodare chimică cât și la uzura prin abraziune. Aceste uzuri apar ca urmare a faptului că structura și textura solului pe de o parte, cât și umiditatea din sol și din intemperii, pe de altă parte, favorizează apariția acestor două forme de uzură.

Datorită uzurii se modifică geometria organelor de lucru ale plugurilor cu cormane, determinând modificarea în sensul nedorit a parametrilor funcționali și de exploatare ai acestora. O altă direcție a cercetărilor vizează reducerea frecărilor prin diverse metode, care la rândul lor favorizează micșorarea uzurii și micșorarea forțelor specifice de rezistență în lucru. Prin micșorarea forțelor de rezistență, se poate mări capacitatea de lucru a plugurilor cu cormane, reducerea consumului specific de combustibil și a cheltuielilor de exploatare, creșterea durabilității organelor de lucru ale plugului etc.

Se cunoaște că plugurile sunt mașini agricole care necesită un mare consum energetic în lucru, datorită faptului că ele, cu ajutorul organelor active, taie, dislocă, mărunțesc și deplasează lateral în mod continuu, o masă de material.

La ora actuală, cercetătorii în domeniu urmăresc îmbunătățirea formelor constructiv-funcționale și a materialelor din care sunt confecționate organele de lucru prin:

- ❖ modificarea parametrilor geometriei organelor;
- ❖ utilizarea unor materiale cu duritate ridicată;
- ❖ utilizarea materialelor compozite.

Prin combinarea judicioasă a acestora, se poate ajunge după un studiu aprofundat, la proiectarea și realizarea unor pluguri cu cormane cu performanțe ridicate, competitive pe plan internațional.

Una dintre direcțiile în cadrul căreia se încearcă optimizarea valorilor parametrilor constructivi - funcționali de profilare geometrică și de structură metalografică, o reprezintă studiile și cercetările privind utilizarea unor trupițe echipate cu cormane lamelare, care s-au dovedit că favorizează obținerea unor indici calitativi ai procesului de lucru, superiori celor realizați cu cormanele clasice, în

contextul reducerii forței de rezistență la tracțiune și creșterii capacității de lucru a agregatului.

În stadiul actual de dezvoltare a concepției privind construcția plugurilor de înaltă tehnicitate, marea majoritate a firmelor producătoare de pluguri din lume, dotează aceste utilaje cu un echipament de lucru foarte diversificat, printre care și cormanele lamelare.

Experiența arată că utilizarea cormanelor lamelare, pentru marea majoritate a solurilor, prezintă următoarele avantaje:

- ❖ efectul de prelucrare al brazdei asigură o mai bună repartiție a elementelor ce contribuie la păstrarea fertilității solului;
- ❖ nu se înfundă pe soluri cu exces de umiditate, ceea ce le recomandă cu precădere în astfel de situații;
- ❖ lucrează mai bine decât cormanele clasice solurile cu deficit de umiditate, la viteze de lucru cuprinse între 10 - 11 [km/h] [302];
- ❖ forța de rezistență la tracțiune a plugurilor echipate cu astfel de cormane este cu 20 - 30% mai redusă decât în cazul plugurilor echipate cu cormane clasice [100][270][320].

În contextul prezenței acestor avantaje, pentru multe zone agricole de pe teritoriul țării, la lucrarea fundamentală a solului, plugurile echipate cu astfel de cormane, mai ales pentru situații extreme de exces sau deficit de umiditate, și-au dovedit întreaga lor eficacitate [48].

Cercetările efectuate de institutele de specialitate din C.S.I. [100] au demonstrat că aratul cu cormane lamelare, în comparație cu aratul cu cele cu cormane continue, favorizează descompunerea accelerată a brazdei de sol, atenuază vibrațiile și creează condiții mai favorabile pentru creșterea culturilor.

Deci, cormanele lamelare, sub raportul calității efectuării procesului tehnologic de lucru, în comparație cu cormanele continue, fără îndoială merită atenție.

Gradul ridicat de eficacitate tehnico - tehnologică a plugurilor echipate cu cormane lamelare este evidențiat și de faptul că recordul mondial de peste 127 [ha] în 24 [h] realizat la lucrarea de arat de către firma germană LEMKEN a fost asigurat de plugul VARI - DIAMANT echipat cu 9 trupițe cu cormane lamelare [302].

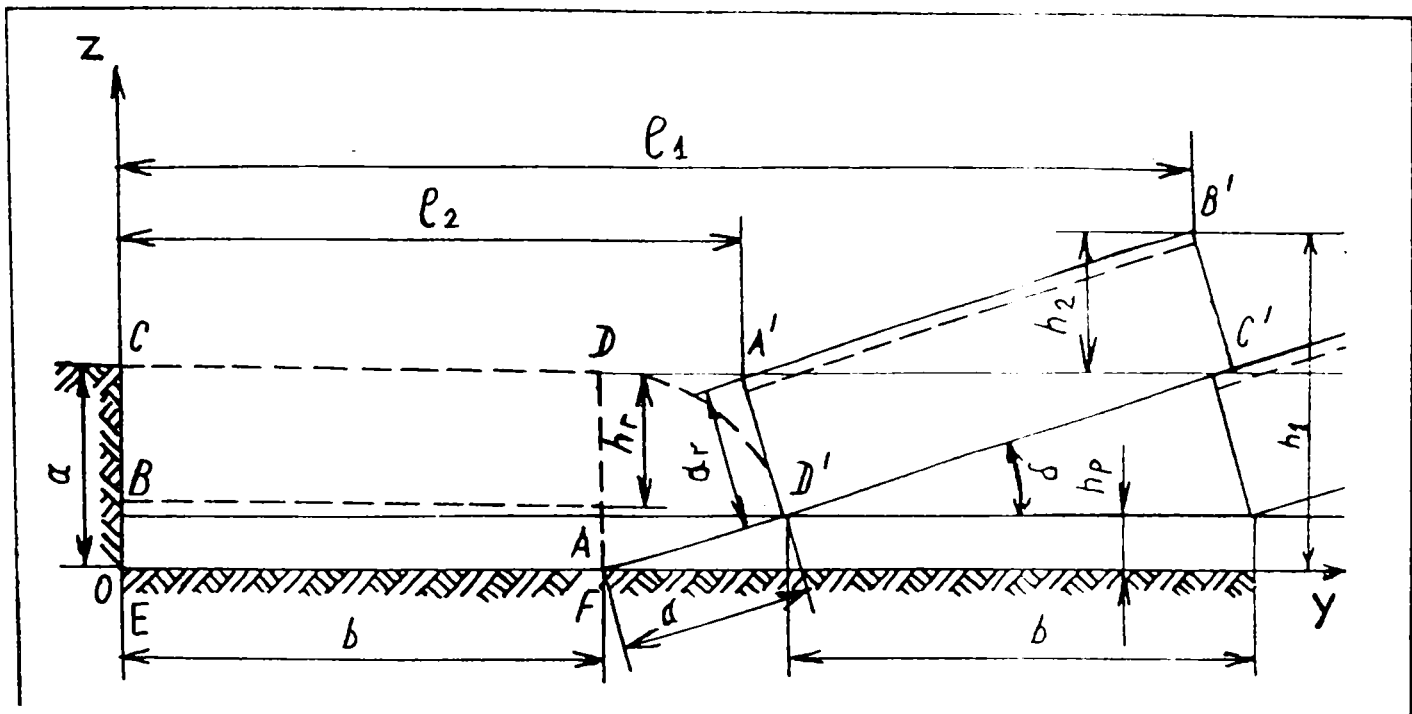
3.2. Studiul cinematicii brazdei în procesul de răsturnare în cazul plugurilor cu cormane lamelare.

Traectoria brazdei de sol dislocate de o trupiță cu cormană din lamele este influențată de configurația acestor lamele și de modul de dispunere al acestora pe bârsa trupiței.

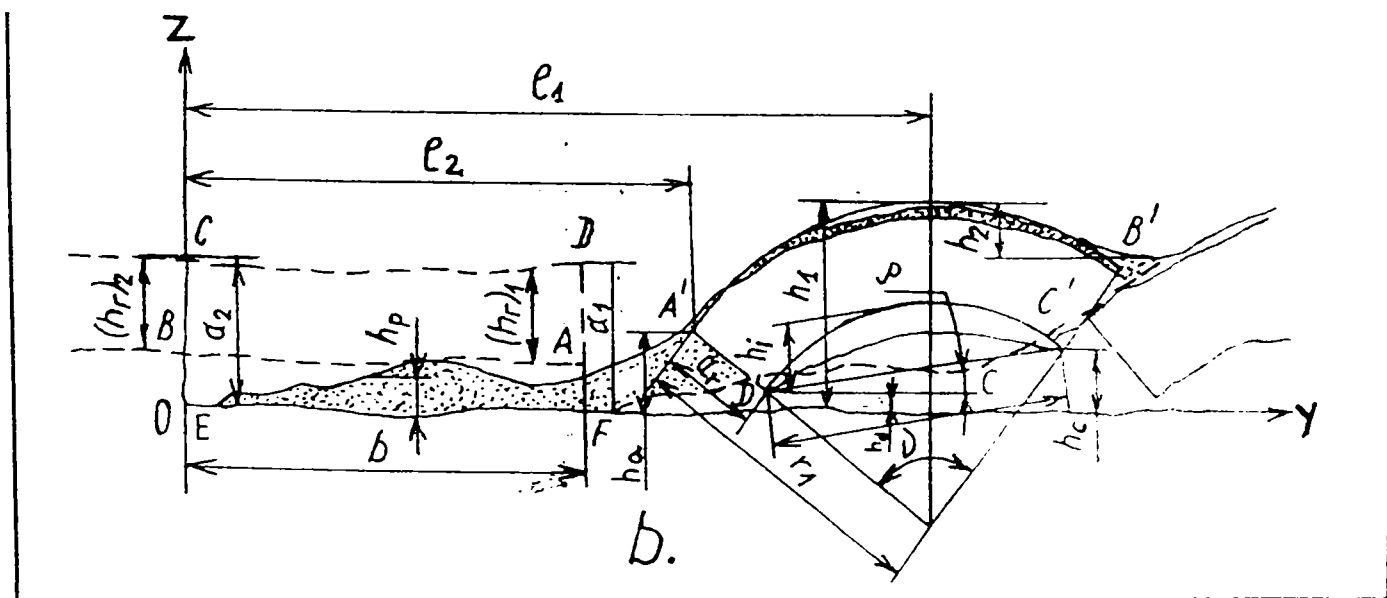
Procesul de dislocare a brazdei, prin tăierea atât în plan orizontal cât și în cel vertical, este identic cu cel realizat cu trupițele echipate cu cormane clasice [67][203][222][239].

În ceea ce privește cinematica brazdei pe cormană, cât și efectul de prelucrare a solului de către lamele, în figura 3.1. se prezintă varianta teoretică a fazei finale de

răsturnare al brazdei(figura 3.1.a), respectiv varianta reală a acestui proces(figura 3.1.b)[54].



a)



b)

Figura 3.1. Cinematica brazdei sub acțiunea unei cormane lamelare. a) - Profilul răsturnării teoretice a brazdei; b) - Profilul real al brazdei și interpretarea formei geometrice a stratului răsturnat.

În baza notațiilor marcate în figura 3.1. a, poziția stratului răsturnat și corelația dimensiunilor geometrice, au fost exprimate cu ajutorul formulelor (3.1.), (3.2.), (3.3.) și (3.4.).

$$h_1 = a + a_r \times b \times \frac{1}{\sqrt{b^2 + a_r^2}} \quad (3.1.)$$

$$h_2 = a_r \times b \times \frac{1}{\sqrt{b^2 + a_r^2}} \quad (3.2.)$$

respectiv,

$$l_1 = b + \sqrt{a^2 - h_p^2} + \frac{b^2 - a_r^2}{\sqrt{b^2 + a_r^2}} \quad (3.3.)$$

$$l_2 = b + \sqrt{a^2 - h_p^2} - \frac{a_r^2}{\sqrt{b^2 + a_r^2}} \quad (3.4.)$$

unde: h_1, h_2 sunt parametrii ce caracterizează gradul de afânare și caracterul ondulat al terenului;

l_1, l_2 - parametrii ce caracterizează gradul de deplasare laterală a brazdei în direcția oy;

a_r - grosimea stratului compact al brazdei răsturnat peste stratul laminat printre lamele și deșus pe fundul brazdei;

δ - unghiul de înclinare al stratului compact față de fundul brazdei;

h_p - grosimea medie a stratului de particule deșus pe fundul brazdei;

a - adâncimea totală de lucru;

b - lățimea de lucru.

Rezultă că, în cazul particular al cormanelor lamelare, adâncimea de lucru, este egală cu suma dintre grosimea stratului răsturnat și grosimea stratului de particule deșuse pe fundul brazdei, adică:

$$a = a_r + h_p \quad (3.5.)$$

Raportul K al dimensiunilor brazdei devine în acest caz,

$$K = \frac{b}{a} = \frac{b}{a_r + h_p} \quad (3.6.)$$

iar unghiul de răsturnare al poziției compacte al brazdei este:

$$\delta = \arcsin \frac{a_r}{b} = \arcsin \frac{a - h_p}{b} \quad (3.7.)$$

de unde,

$$\sin \delta = \frac{1}{K} - \frac{h_p}{b} \quad (3.8.)$$

Structura expresiei (3.8.) reliefează faptul că plugurile echipate cu cormane lamelare realizează o răsturnare a brazdei mult superioară celei realizate cu cormanele pline, valoarea unghiului de răsturnare δ devenind mult mai mică decât în cazul cinematicii brazdei realizată cu cormane cu suprafață nedecupată, acest unghi devenind aproape zero în cazul când raportul $\frac{h_p}{b} = \frac{1}{K}$.

În scopul stabilirii unei interpretări geometrice cât mai apropiată de situația reală, cele prezentate în figura 3.1.b, coraborate și cu aspirațiile unor specialiști în domeniu[100], se presupune asimilarea brazdei real răsturnate cu sectorul ce formează unghiul la centru v , și care permite descrierea în mod teoretic a cinematicii stratului și deducerea expresiilor analitice corespunzătoare dimensiunilor h_1 , h_2 , l_1 , l_2 .

Suprafața acestui sector poate fi exprimată sub forma,

$$S_{A'B'C'D'} = \frac{a_r}{2} \left(L + \sqrt{c^2 + \frac{16}{3} \times h_i^2} \right) \quad (3.9.)$$

unde: L este lungimea de arc a feței superioare întinse a stratului;

c - distanța măsurată pe orizontală între punctele D' și C' (coarda arcului $D'C'$);

h_i - înălțimea arcului feței interioare a stratului de deasupra corzii.

Corespondența formei adoptate, pentru orice modificări ale parametrilor L , c , h_i , care pot apare în practică, se stabilește pentru valorile lor limită, când $h_i \rightarrow 0$: $c \rightarrow b$: $L \rightarrow b$.

Substituind limitele adoptate în formula (3.9.) se obține:

$$S_{A'B'C'D'} = a_r \times b \quad (3.10.)$$

ceea ce corespunde schemei generale adoptate pentru răsturnarea stratului de sol nedeformat.

Relațiile dimensiunilor geometrice ale secțiunii ortogonale a stratului de sol răsturnat de cormana lamelară(vezi figura 3.1.b) au următoarele expresii:

$$h_1 = r_1 \left[1 - \cos \left(\frac{v}{2} - \delta \right) \right] + \arccos \left(\frac{v}{2} + \delta \right) + h_d \quad (3.11.)$$

$$h_2 = r_1 \left[1 - \cos \left(\frac{v}{2} \right) \right] \quad (3.12.)$$

$$l_1 = b + \sqrt{a^2 - h_d^2} + \left[(r_1 - a_r) \times \sin \left(\frac{v}{2} + \delta \right) \right] \quad (3.13.)$$

$$l_2 = b + \sqrt{a^2 - h_d^2} - \arcsin \left(\frac{v}{2} + \delta \right) \quad (3.14.)$$

unde: r_1 este raza curburii stratului;

v - este unghiul la centru al arcului AB' ;

h_d - înălțimea muchiei D' .

Raza curburii r_1 și unghiul la centru v se determină cu expresiile (3.15.) și (3.16.), în structura:

$$r_1 = \frac{180^\circ}{\pi \times v} \times \left(2 \times \frac{b}{\mu_b} - \sqrt{c^2 + \frac{16}{3} \times h_H^2} \right) \quad (3.15.)$$

$$v = 2 \times \arccos \left(\frac{h_a \times \mu_a}{a_r} \times \sqrt{1 - \frac{h_c^2}{c^2}} + \frac{h_c}{c} \times \sqrt{1 - \frac{h_a^2 \times \mu_a^2}{a_r^2}} \right) \quad (3.16.)$$

unde: μ_b este coeficientul de compactare a stratului prelucrat în raport cu lățimea lui;

h_a - înălțimea muchiei A' deasupra fundului brazdei;

h_c - grosimea stratului de particule depus pe fundul brazdei sub muchia C' a stratului prelucrat;

μ_a - coeficient de compactare în raport cu grosimea stratului.

Modestele contribuții ale autorului, în domeniul cinematicii brazdei răsturnată cu cormanele lamelare, pun în evidență faptul că prin modul diferit de dispunere în profilul vertical al brazdei răsturnate a particulelor de sol dislocate se obțin avantajele tehnologice față de răsturnarea brazdei cu cormană clasică. În noile condiții resturile vegetale ajung în contact cu particulele de sol în condiții mult mai favorabile. procesul biologic de descompunere a acestora demarând în condiții mai avantajoase iar rezultatul final care se impune este că utilizarea în perspectivă a cormanei lamelare se impune nu numai din considerente energetice ci și din considerente tehnologice.

3.3. Studiul interacțiunii sol-cormană lamelară.

3.3.1. Ecuațiile mișcării stratului de sol pe suprafața de lucru a cormanei lamelare.

Pentru simplificarea cercetării mișcării stratului de sol pe suprafața de lucru, se poate considera că plugul este un sistem mecanic mobil, iar stratul de sol se mișcă cu viteza de înaintare a plugului. Se poate admite că mișcarea stratului este liniară și uniformă, lucru admisibil, pentru că influențele altor mișcări asupra plugului sunt reduse și nu au o importanță hotărâtoare asupra caracterului general al mișcării stratului de sol pe suprafața de lucru.

Pentru ușurința studiului se consideră că organul de lucru al plugului este sub formă de pană simplă înclinată cu unghiul θ față de fundul brazdei și cu unghiul γ față de direcția de înaintare.

Viteza particulelor de sol față de organul de lucru, este v_{scl} . Viteza v_{scl} a particulelor de sol este decalată față de normală cu unghiul de frecare φ (figura 3.2.)

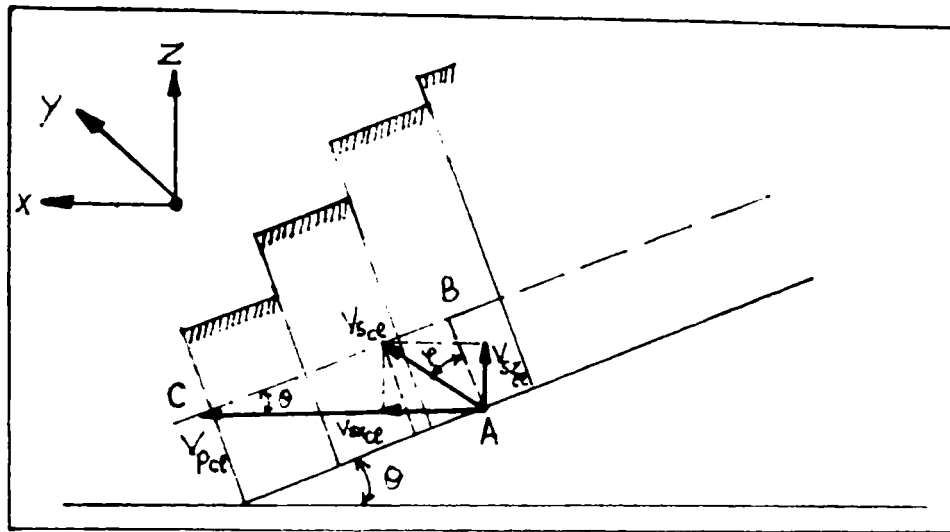


Figura 3.2. Schemă pentru determinarea vitezei particulei de sol pe suprafața cormanei lamelare.

În conformitate cu cele ce rezultă din figura 3.2. se poate scrie că între viteza de deplasare a plugului și cea a particulei de sol există următoarele corelații:

$$AB = v_{scl} \cos \varphi \quad (3.17.)$$

respectiv:

$$AB = v_{pcl} \sin \theta \quad (3.18.)$$

Din cele două forme de exprimare a distanței AB, rezultă:

$$v_{scl} = v_{pcl} \frac{\sin \theta}{\cos \varphi} \quad (3.19.)$$

în care: v_{scl} este viteza particulei de sol;

v_{pcl} - viteza de înaintare a plugului;

θ - unghiul de așezare al organului de lucru față de fundul brazdei;

φ - unghiul de frecare.

Se observă că viteza particulei de sol este proporțională cu viteza de înaintare, dar își micșorează valoarea în funcție de frecarea dintre particulele de sol și suprafața de lucru, în funcție de înclinarea suprafeței față de sol.

Efectuând proiecțiile pe cele trei axe de referință, rezultă:

$$\begin{aligned} v_{sxcl} &= v_{pcl} \frac{\sin \theta}{\cos \varphi} \sin(\theta + \varphi) \\ v_{sycl} &= v_{pcl} \frac{\sin \theta}{\cos \varphi} \sin \gamma \\ v_{szcl} &= v_{pcl} \frac{\sin \theta}{\cos \varphi} \cos(\theta + \varphi) \end{aligned} \quad (3.20.)$$

unde: $(\theta + \varphi)$ este unghiul format de direcția vectorului viteză v_{cl} a particulei de sol și direcția proiecției acestuia pe planul orizontal.

Pentru studiul mișcării, după ce stratul de sol părăsește cormana se pleacă de la relația:

$$\vec{F} = m \times \vec{a} \quad (3.21.)$$

sau proiectată pe axele triedrului oxyz:

$$\begin{aligned} m \frac{dx_{cl}^2}{dt^2} &= 0 \\ m \frac{dy_{cl}^2}{dt^2} &= 0 \\ m \frac{dz_{cl}^2}{dt^2} &= -mg \end{aligned} \quad (3.22.)$$

Aceste relații se mai pot scrie și sub forma:

$$\begin{aligned} m \frac{dx_{cl}^2}{dt^2} &= m \frac{dv_{x_{cl}}}{dt} = 0 \\ m \frac{dy_{cl}^2}{dt^2} &= m \frac{dv_{y_{cl}}}{dt} = 0 \\ m \frac{dz_{cl}^2}{dt^2} &= m \frac{dv_{z_{cl}}}{dt} = -mg \end{aligned} \quad (3.23.)$$

Înlocuind vitezele în (3.23.) cu relațiile (3.20.), rezultă:

$$\begin{aligned} m \frac{dx_{cl}^2}{dt^2} &= m \frac{1}{dt} \left(v_{P_{cl}} \frac{\sin \theta}{\cos \varphi} \sin(\theta + \varphi) \right) \\ m \frac{dy_{cl}^2}{dt^2} &= m \frac{1}{dt} \left(v_{P_{cl}} \frac{\sin \theta}{\cos \varphi} \sin \gamma \right) \\ m \frac{dz_{cl}^2}{dt^2} &= m \frac{1}{dt} \left(v_{P_{cl}} \frac{\sin \theta}{\cos \kappa} \cos(\theta + \varphi) \right) \end{aligned} \quad (3.24.)$$

Integrând relațiile (3.24.) se obțin proiecțiile mișcării particulei:

$$\begin{aligned}
 x &= v_{pcl} \frac{\sin \theta}{\cos \varphi} \sin(\theta + \varphi) t \\
 y &= v_{pcl} \frac{\sin \theta}{\cos \varphi} \sin \gamma t \\
 z &= v_{pcl} \frac{\sin \theta}{\cos \varphi} \cos(\theta + \varphi) t - \frac{1}{2} g t^2
 \end{aligned}
 \tag{3.25.}$$

Eliminând timpul din primele două ecuații din (3.25.) se obține relația proiecției traiectoriei pe planul xoy:

$$y_{cl} = \frac{\sin \gamma}{\sin(\theta + \varphi)} x_{cl} \tag{3.26.}$$

Dacă se elimină timpul între ecuația a doua și a treia din (3.25.) se obține o parabolă:

$$z_{cl} = \frac{y_{cl} \cos(\theta + \varphi)}{\sin \gamma} - \frac{g y_{cl}^2 \cos^2 \varphi}{2 x_{pcl}^2 \sin^2 \theta \sin^2 \gamma} \tag{3.27.}$$

Pentru a se determina distanța la care sunt aruncate particulele de sol față de peretele brazdei, se pune condiția $z = 0$, și din relația (3.27.) rezultă că:

$$y_{cl} = L_d = \frac{2 v_{pcl}^2 \sin^2 \theta \sin \gamma \cos(\theta + \varphi)}{g \cos^2 \theta} \tag{3.28.}$$

În figura 3.3. se prezintă schematic traiectoria particulei de sol după părăsirea organului de lucru.

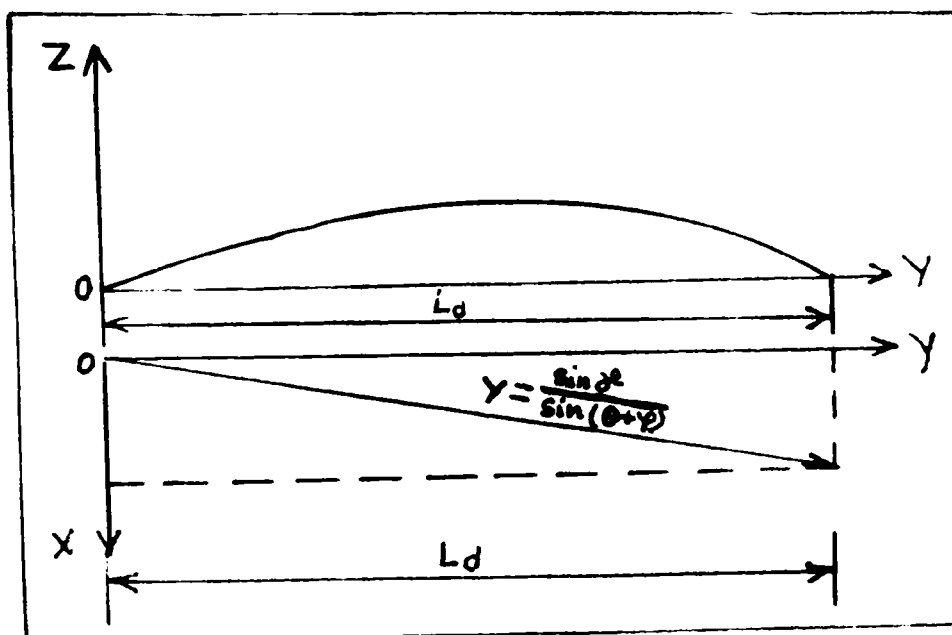


Figura 3.3. Traiectoria particulei de sol după părăsirea organului de lucru.

Din relația (3.28.) se observă că distanța la care sunt aruncate particulele de sol este funcție de viteza de lucru. Dacă se mărește viteza peste o anumită limită, particulele de sol sunt aruncate prea departe și calitatea arăturii se înrăutățește, iar consumul de energie crește.

În cazul plugurilor echipate cu cormane lamelare, acest potențial rezultat pe seama creșterii vitezei de lucru este valorificat prin realizarea unor trupite cu lățime variabilă, cuprinsă între $30 \div 50$ cm, care permit adaptarea lățimii reale în lucru a trupitei funcție de potențialul de tracțiune al tractorului și respectiv de starea terenului la momentul efectuării arăturii.

3.3.2. Ecuația traiectoriei brazdei pe suprafața de lucru a cormanei lamelare.

Pentru determinarea pe cale analitică a forțelor ce acționează asupra cormanei lamelare, trebuie să se cunoască în prealabil vitezele și accelerațiile masei de sol ce se deplasează pe suprafața cormanei lamelare, respectiv ecuația traiectoriei descrisă de masa de sol pe suprafața de lucru a cormanei lamelare.

Pentru studiul teoretic al dinamicii brazdei de sol sub acțiunea trupitei cu cormană lamelară se fac următoarele ipoteze:

- ❖ trupita cu cormană lamelară este considerată a fi în repaus, considerându-se că brazda de sol se mișcă cu o viteză de aceeași mărime și în sens contrar cu viteza de deplasare a plugului. Brazda de sol nu are deci accelerație în direcția de deplasare (ox), mișcarea ei fiind una de rotație într-un plan perpendicular pe direcția de lucru;
- ❖ brazda de sol rămâne în contact permanent cu suprafața de lucru a cormanei lamelare;
- ❖ viteza de deplasare a plugului de-alungul axei ox are aceeași mărime cu a brazdei;
- ❖ brazda se împarte în prisme elementare de dimensiuni $\delta x = 1$ [cm], $\delta y = 1$ [cm], $z_0 =$ adâncimea de lucru, cu ajutorul unor plane paralele cu planul (yoz)(figura 3.4.);
- ❖ masa fiecărei prisme se presupune a fi concentrată în centrul de greutate al acesteia;
- ❖ viteza și accelerația fiecărei prisme de sol este aceeași cu cea a centrelor de greutate a acestora.

Adoptând sistemul de coordonate din figura 3.4., coordonatele (x, y, z) ale centrului de greutate al prisme elementare, sunt date de relațiile:

$$\begin{aligned} x_{cl} &= v_{cl}t \\ y_{cl} &= B_1 + B_2x_{cl} + B_3x_{cl}^2 + B_4x_{cl}^3 + \dots \\ z_{cl} &= C_1 + C_2x_{cl} + C_3x_{cl}^2 + C_4x_{cl}^3 + \dots \end{aligned} \quad (3.29.)$$

în care $B_1, B_2, \dots, B_n, C_1, C_2, \dots, C_n$ reprezintă coeficienții polinoamelor ce aproximează curba descrisă de centrul de greutate al prisme elementare.

Din ecuațiile curbelor ce reprezintă drumul parcurs de brazdă pe suprafața cormanei lamelare, se pot determina vitezele și accelerațiile brazdei.

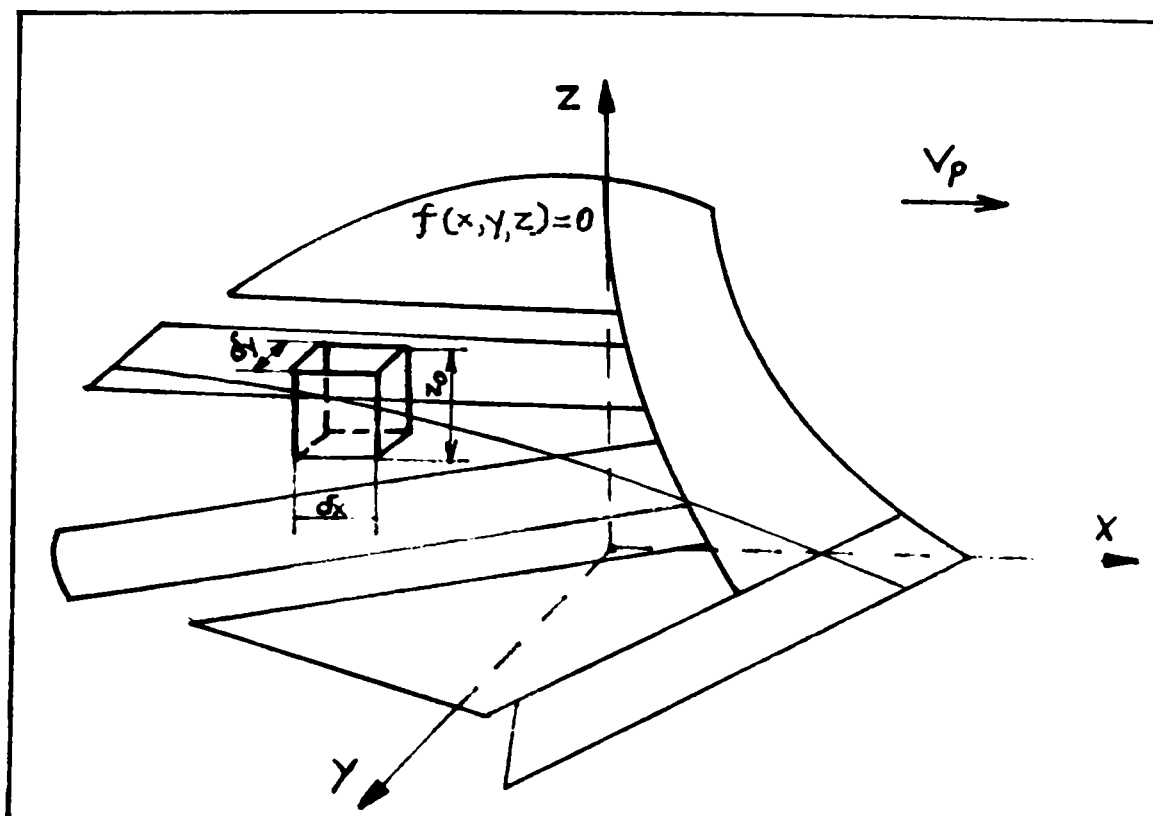


Figura 3.4. Traiectoria prisme elementare pe suprafața cormanei lamelare.

Componentele vitezei după direcțiile x, y, z se calculează prin derivare, astfel:

$$\begin{aligned} v_{x_{cl}} &= \frac{dx_{cl}}{dt} \\ v_{y_{cl}} &= \frac{dy_{cl}}{dx_{cl}} \frac{dx_{cl}}{dt} \\ v_{z_{cl}} &= \frac{dz_{cl}}{dx_{cl}} \frac{dx_{cl}}{dt} \end{aligned} \quad (3.30.)$$

sau

$$\begin{aligned} v_{x_{cl}} &= \frac{dx_{cl}}{dt} \\ v_{y_{cl}} &= (B_2 + 2B_3 \times x_{cl} + 2B_4 x_{cl}^2 + \dots) v_{x_{cl}} \\ v_{z_{cl}} &= (C_2 + 2C_3 x_{cl} + 2C_4 x_{cl}^2 + \dots) v_{x_{cl}} \end{aligned} \quad (3.31.)$$

Componentele accelerațiilor după direcțiile x , y , z se calculează prin derivarea în continuare a vitezelor. Considerând viteza de înaintare a plugului constantă, avem:

$$\begin{aligned} a_{x_{cl}} &= 0 \\ a_{y_{cl}} &= \frac{dv_{y_{cl}}}{dx_{cl}} \frac{dx_{cl}}{dt} \\ a_{z_{cl}} &= \frac{dv_{z_{cl}}}{dx_{cl}} \frac{dx_{cl}}{dt} \end{aligned} \quad (3.32.)$$

sau

$$\begin{aligned} a_{x_{cl}} &= 0 \\ a_{y_{cl}} &= (2B_3 + 6B_4x_{cl} + \dots)v_{x_{cl}}^2 \\ a_{z_{cl}} &= (2C_3 + 6C_4x_{cl} + \dots)v_{x_{cl}}^2 \end{aligned} \quad (3.33.)$$

Traectoria brazdei pe suprafața de lucru a cormanei se poate determina experimental prin acoperirea suprafeței cormanei cu o vopsea fluidă [11], pe care se imprimă urmele brazdei în mișcarea parcursă în timpul aratului. Coordonatele punctelor de pe curba traiectoriei se pot ușor determina cu ajutorul coordonatorului. Având curbele traiectoriei brazdei determinate experimental și respectiv coordonatele x , y , z , se procedează în felul următor pentru determinarea coeficienților polinoamelor ce aproximează curba descrisă de brazdă.

Se consideră existența datelor experimentale sub următoarea formă :

$$\begin{aligned} x_{0cl}, x_{1cl}, x_{2cl}, \dots, x_{ncl} \\ y_{0cl}, y_{1cl}, y_{2cl}, \dots, y_{ncl} \\ z_{0cl}, z_{1cl}, z_{2cl}, \dots, z_{ncl} \end{aligned} \quad (3.34.)$$

care sunt în corespondență:

$$\begin{aligned} y_{icl} &= f_1(x_{icl}) \text{ unde } i = 1, \dots, n \\ z_{icl} &= f_2(x_{icl}) \text{ unde } i = 1, \dots, n \end{aligned} \quad (3.35.)$$

Se alege forma funcțiilor f_1 și f_2 polinomială astfel încât $f_l(x_{icl}) = P_n^{(l)}(x_{icl})$ unde $l = 1, 2$ sau altfel spus:

$$\begin{aligned} y_{icl} &= P_n^{(1)}(x_{icl}) \\ z_{icl} &= P_n^{(2)}(x_{icl}) \end{aligned} \quad (3.36.)$$

Polinoamele $P_n^{(l)}(x_i)$ se iau de gradul n și de forma:

$$P_n^{(l)}(x_{icl}) = C_0^{(l)} + C_1^{(l)}x_{cl} + C_2^{(l)}x_{cl}^2 + \dots + C_n^{(l)}x_{cl}^n \quad (3.37.)$$

Ele vor fi determinate complet dacă se vor determina coeficienții $C_i^{(l)}$.

Din condițiile $y_{icl} = P_n^{(1)}(x_{icl})$ și $z_{icl} = P_n^{(2)}(x_{icl})$ rezultă în cazul nostru două sisteme de ecuații liniare și neomogene:

$$\begin{aligned} C_1^{(1)} + C_2^{(1)} x_{o_{cl}} + C_3^{(1)} x_{o_{cl}}^2 + \dots + C_n^{(1)} x_{o_{cl}}^n &= y_{o_{cl}} \\ C_1^{(1)} + C_2^{(1)} x_{1_{cl}} + C_3^{(1)} x_{1_{cl}}^2 + \dots + C_n^{(1)} x_{1_{cl}}^n &= y_{1_{cl}} \end{aligned} \quad (3.38.)$$

$$\dots\dots\dots$$

$$C_1^{(1)} + C_2^{(1)} x_{n_{cl}} + C_3^{(1)} x_{n_{cl}}^2 + \dots + C_n^{(1)} x_{n_{cl}}^n = y_{n_{cl}}$$

și

$$\begin{aligned} C_1^{(2)} + C_2^{(2)} x_{o_{cl}} + C_3^{(2)} x_{1_{cl}}^2 + \dots + C_n^{(2)} x_{o_{cl}}^n &= \bar{z}_{o_{cl}} \\ C_1^{(2)} + C_2^{(2)} x_{1_{cl}} + C_3^{(2)} x_{1_{cl}}^2 + \dots + C_n^{(2)} x_{1_{cl}}^n &= \bar{z}_{1_{cl}} \end{aligned} \quad (3.39.)$$

$$\dots\dots\dots$$

$$C_1^{(2)} + C_2^{(2)} x_{n_{cl}} + C_3^{(2)} x_{n_{cl}}^2 + \dots + C_n^{(2)} x_{n_{cl}}^n = \bar{z}_{n_{cl}}$$

care se rezolvă funcție de $C_i^{(1)}$, după care odată determinați acești coeficienți, ecuațiile parametrice ale traiectoriei punctelor materiale de pe cormana lamelară sub formă polinomială vor fi complet determinate.

Rezolvând aceste sisteme cu ajutorul metodei Gauss și notând un sistem oarecare sub următoarea formă matricială:

$$Ax_{cl} = b \quad (3.40.)$$

unde:

$$A = [a_{ij}]_{nn}; x_{cl} = \begin{bmatrix} x_{1_{cl}} \\ x_{2_{cl}} \\ x_{3_{cl}} \\ \vdots \\ x_{n_{cl}} \end{bmatrix}; b = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ \vdots \\ b_n \end{bmatrix} \quad (3.41.)$$

în urma eliminării treptate a necunoscutelor se observă că sistemul echivalent, înainte de eliminarea necunoscutei $x_{k_{cl}}$ și după eliminarea necunoscutelor $x_{1_{cl}}, x_{2_{cl}}, \dots, x_k$, se poate scrie:

$$A^{(k)} x_{cl} = b^{(k)} \quad (3.42.)$$

unde k reprezintă numărul de transformări ale sistemului inițial,

$$A^{(k)} = a_{ij}^{(k)} \text{ și } b^{(k)} = \begin{bmatrix} b_1^{(k)} \\ b_2^{(k)} \\ \vdots \\ b_n^{(k)} \end{bmatrix} \quad (3.43.)$$

Pentru $k = 1$ avem $A^{(1)} = A$ și $b^{(1)} = b$. Matricile de la (3.41.) se calculează pentru $k = 2, 3, \dots, n$, astfel:

$$a_{ij}^{(k)} = \begin{cases} a_{ij}^{(k-1)} & \text{pentru } i \leq k-1 \\ 0 & \text{pentru } i \geq k, j \leq k-1 \\ a_{ij}^{(k-1)} - \frac{a_{i,k-1}^{(k-1)}}{a_{k-1,k-1}^{(k-1)}} a_{k-1,j}^{(k-1)} & \text{pentru } i \geq k, j \geq k \end{cases} \quad (3.44.)$$

$$b_i^{(k)} = \begin{cases} b_i^{(k-1)} & \text{pentru } i \leq k-1 \\ b_i^{(k-1)} - \frac{a_{i,k-1}^{(k-1)}}{a_{k-1,k-1}^{(k-1)}} b_{k-1}^{(k-1)} & \text{pentru } i \geq k \end{cases} \quad (3.45.)$$

în mod succesiv.

Elementele de mai sus sunt rezultatul înmulțirii ecuației $k-1$ a sistemului $A^{(k-1)} \times X = b^{(k-1)}$ cu raportul $a_{i,k-1}^{(k-1)}/a_{k-1,k-1}^{(k-1)}$ și scăderii rezultatului obținut din ecuația i pentru orice $i \geq k$. Astfel se elimină variabila x_{k-1} din ultimele $n-k+1$ ecuații. În această etapă se obține:

$$b^k = \begin{bmatrix} b_1^{(1)} \\ b_2^{(2)} \\ \vdots \\ b_{k-1}^{(k-1)} \\ b_k^{(k)} \\ \vdots \\ b_n^{(k)} \end{bmatrix}; \quad A_k = \begin{bmatrix} a_{11}^{(1)} & a_{12}^{(1)} & \dots & a_{1,k-1}^{(1)} & a_{1,k}^{(1)} & \dots & a_{1,n}^{(1)} \\ 0 & a_{22}^{(2)} & \dots & a_{2,k-1}^{(2)} & a_{2,k}^{(2)} & \dots & a_{2,n}^{(2)} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & a_{k-1,k-1}^{(k-1)} & a_{k-1,k}^{(k-1)} & \dots & a_{k,n}^{(k-1)} \\ 0 & 0 & \dots & 0 & a_{k+1,k}^{(k)} & \dots & a_{k+1,n}^{(k)} \\ 0 & 0 & \dots & 0 & a_{n,k}^{(k)} & \dots & a_{n,n}^{(k)} \end{bmatrix} \quad (3.46.)$$

unde $a_{kk}^{(k)} \neq 0$ pentru $k = 1, 2, \dots, n$.

În ultima transformare, adică pentru $k = n$ necunoscuta x_{n-1} va fi eliminată din ultima ecuație, obținându-se un sistem sub formă triunghiulară:

$$\begin{aligned}
 a_{11}^{(1)} x_{1cl} + a_{12}^{(1)} x_{2cl} + \dots + a_{1k}^{(1)} x_{kcl} + \dots + a_{1n}^{(1)} x_{mcl} &= b_1^{(1)} \\
 a_{22}^{(2)} x_{2cl} + \dots + a_{2k}^{(2)} x_{kcl} + \dots + a_{2n}^{(2)} x_{mcl} &= b_2^{(2)} \\
 &\dots \\
 a_{kk}^{(k)} x_{ncl} + \dots + a_{kn}^{(k)} x_{ncl} &= b_k^{(k)} \\
 a_{mm}^{(n)} x_{ncl} &= b_n^{(n)}
 \end{aligned}
 \tag{3.47.}$$

Pentru găsirea soluției sistemului (3.47.) se apelează la un proces de eliminare inversă, astfel:

$$\left\{ \begin{aligned}
 x_{ncl} &= \frac{b_{mm}^{(n)}}{a_{mm}^{(n)}} \\
 x_{n-1cl} &= \frac{b_{n-1}^{(n-1)} - a_{n-1,n}^{(n-1)} x_{ncl}}{a_{n-1,n-1}^{(n-1)}} \\
 x_{jcl} &= \frac{b_j^{(j)} - a_{j,n}^{(j)} x_{ncl} - \dots - a_{j,j+1}^{(j)} x_{j+1}}{a_{jj}^{(j)}}
 \end{aligned} \right.
 \tag{3.48.}$$

unde, $j = n-2, n-3, \dots, 2, 1$.

Dacă notația generală C_i se echivalează cu x_{icl} , iar x_{icl}^m cu a_{ij} unde $m = 0, 1, 2, \dots, n$, metoda generală Gauss de rezolvare a unui sistem liniar neomogen, se poate aplica atât sistemului $y_{icl} = D_n^{(1)}$ cât și sistemului $z_{icl} = P_n^{(1)} (x_{icl})$.

Rezultatele studiului teoretic asupra mișcării brazdei cât și a traiectoriei acesteia pe suprafața cormanei lamelare ne-a permis să abordăm studii legate de energia necesară aruncării laterale a particulelor de sol prezentată în paragraful 3.3.3.

3.3.3. Calculul energiei necesare aruncării particulelor de sol în procesul de arat.

În formula rațională a lui Goreacikin[240], forța datorată energiei cinetice a brazdei, prin deplasarea ei laterală, este dată de termenul al treilea, definit prin relația: $\varepsilon a b n v^2$. Se poate spune că această forță este cea care trebuie să învingă inerția brazdei, care este accelerată de la o viteză $v_i = 0$ la viteza de ieșire de pe cormană $v_p - v_x$. Astfel se poate scrie:

$$R = m \cdot \frac{dv}{dt} = m \cdot \frac{\Delta v}{\Delta t} = m \cdot \frac{(v_p - v_x) - v_i}{T}
 \tag{3.49.}$$

în care: masa de sol ce se găsește pe trupițe este:

$$m = s \cdot n \cdot a \cdot b \cdot \rho_a \quad (3.50.)$$

unde: $s = v_p T$ este lungimea brazdei corespunzătoare intervalului de timp T (spațiul parcurs de plug în acest timp);

ρ_a - densitatea aparentă(masa volumică) a solului în $[\text{Kg}/\text{m}^3]$.

Introducând valorile în relația (3.49.) se poate scrie:

$$R = v_p \cdot n \cdot a \cdot b \cdot \rho_a (v_p - v_x) \quad (3.51.)$$

Dacă egalăm (3.51.) cu al treilea termen al formulei raționale, rezultă:

$$\varepsilon \cdot a \cdot b \cdot n \cdot v_p^2 = v_p^2 \cdot n \cdot a \cdot b \cdot \rho_a \cdot \left(1 - \frac{v_x}{v_p}\right) \quad (3.52.)$$

de unde:

$$\varepsilon = \rho_a \cdot \left(1 - \frac{v_x}{v_p}\right) = \rho_a \cdot (1 - \cos \gamma_a) \quad (3.53.)$$

unde γ_a este valoarea unghiului de înclinare a generatoarei în zona aripii cormanei în care brazda părăsește suprafața de lucru a trupiței.

Din (3.53.) se observă că valoarea lui ε depinde de caracteristicile solului și de starea acestuia, precum și de forma suprafeței de lucru a trupiței. Se poate observa că micșorarea lui ε se poate realiza cel mai simplu prin reducerea lui γ_a .

În figura 3.5. se prezintă diagrama de variație a coeficientului dinamic ε în funcție de valoarea unghiului γ_a [203][217][240].

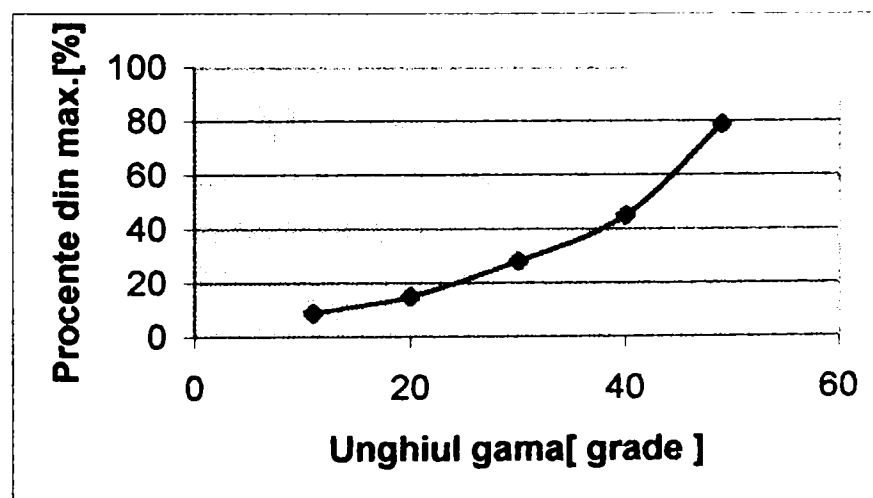


Figura 3.5. Variația coeficientului dinamic ε în funcție de unghiul γ_a al aripii cormanei[217][240].

Valoarea coeficientului ε variază în limite largi: $\varepsilon = 2500 - 10000$ $[\text{Kg}/\text{m}^3]$.

S-a demonstrat că pentru aceeași trupiță și același sol, valoarea lui ε variază cu viteza plugului, deoarece se modifică traiectoria brazdei pe cormană, deci se modifică și valoarea lui γ_a [19][229][240].

Astfel, în cazul cormanelor pentru viteze mărite(cum este și cazul cormanelor lamelare), cerințele față de suprafața aleasă sunt ca, pe de o parte γ_a să fie cât mai

mic, dar pe de altă parte în intervalul de viteză preconizat, fie să nu se modifice traiectoria brazdei(de preferat), fie să nu crească γ_a cu modificarea traiectoriei.

Studiile de laborator efectuate de autor asupra geometriei diverselor tipuri de cormane lamelare au evidențiat faptul că aceste cormane au unghiul γ ce se plasează în domeniile inferioare celor întâlnite la cormanele pline respectiv au aceleași valori ca la cormanele semielicoidale.

Spre exemplu la cormana lamelară tip LEMKEN unghiul γ variază în limitele $18^\circ \dots 25^\circ$.

Conform celor susținute de Roș V., 1998[210], energia necesară deplasării solului(ridicare și deplasare laterală) este determinată de lucrul mecanic al forțelor de accelerare a solului, funcție de masa de sol deplasat(m_s), accelerația particulelor de sol(a) și distanța parcursă de sol în contact direct cu cormana (d_s):

$$W = f(m_s, a, d_s, \dots) \quad (3.54.)$$

Ținând cont, de faptul că, accelerațiile și traiectoriile particulelor de sol sunt funcție de geometria cormanei și parametrii de exploatare a plugului:

$$\begin{aligned} a &= f(\alpha, \beta, \gamma, \theta, \Delta\theta, v_m, \dots) \\ d_s &= f(\alpha, \beta, \gamma, \theta, \Delta\theta, v_m, \dots) \end{aligned} \quad (3.55.)$$

relația (3.54.) poate fi scrisă sub forma:

$$W = f(m_s, \alpha, \beta, \gamma, \theta, \Delta\theta, v_m, \dots) \quad (3.56.)$$

Energia necesară accelerării particulelor de sol(W) pentru a asigura atât deplasarea laterală cât și răsturnarea brazdei, se determină funcție de forța de accelerare(A) și de deplasarea solului pe suprafața cormanei(s) [119][226]. Astfel:

$$W = \int_0^T A_x \cdot v_x \cdot dt + \int_0^T A_y \cdot v_y \cdot dt + \int_0^T A_z \cdot v_z \cdot dt \quad (3.57.)$$

unde: A (A_x, A_y, A_z) reprezintă forța de accelerare a masei m de sol;

v (v_x, v_y, v_z) - componentele vitezei absolute a solului;

m - masa de sol care este dată de relația:

$$m = \frac{\gamma_s}{g} \cdot W \cdot h \cdot dx; \quad dx = v_m \cdot dt \quad (3.58.)$$

Energia necesară aruncării laterale a particulelor de sol, după ce prisma de sol părăsește suprafața de lucru a cormanei lamelare se determină cu relația:

$$W_{cl} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_{cl}^2 \quad (3.59.)$$

în care: W_{cl} este energia cinetică necesară;

m - masa particulei de sol;

v_{cl} - viteza particulei de sol.

Din studiul anterior efectuat în paragraful 3.3.2. viteza liniară a particulei de sol a fost stabilită cu relația (3.20.), adică:

$$v_{sycl} = v_{pcl} \cdot \frac{\sin \theta}{\cos \varphi} \cdot \sin \gamma \quad (3.60.)$$

În acest context, expresia (3.59.) devine:

$$W_{cl} \cong \frac{1}{2} \cdot m \cdot \left(v_{pcl} \cdot \frac{\sin \theta}{\cos \varphi} \cdot \sin \gamma \right)^2 \quad (3.61.)$$

Din relația (3.60.) se observă că energia necesară pentru aruncarea laterală a particulelor de sol este funcție de viteza de înaintare a plugului, și parametrii constructivi funcționali (θ , γ) ai organului de lucru.

3.3.4. Rezistența opusă datorită mișcării stratului de sol pe suprafața de lucru a cormanei lamelare.

Rezistența opusă datorită mișcării brazdei pe suprafața de lucru a cormanei lamelare, este alcătuită din următoarele componente:

- ❖ rezistența datorită forței de accelerare a solului (A);
- ❖ rezistența datorită forței de greutate a brazdei (G), de componentele G_n și G_t ;
- ❖ rezistența datorită frecării dintre sol și suprafața de lucru a cormanei lamelare ($\mu \times R_{Ncl}$);
- ❖ rezistența datorită forțelor de adeziune dintre sol și cormană (Λ_d).

Componenta de rezistență opusă mișcării brazdei pe suprafața de lucru a cormanei lamelare, se calculează astfel:

Forța de frecare dintre sol și suprafața de lucru a cormanei, este direct proporțională cu reacțiunea normală \bar{R} din partea cormanei lamelare asupra solului cu care este în contact. Această forță depinde de greutatea proprie și de accelerația mișcării relative a cantității de sol aflată pe cormană.

Masa prisme elementare luată în considerare la calculul reacțiunii \bar{R} , este dată de relația [178]:

$$M = \frac{\gamma_s}{g} \cdot \delta x_{cl} \cdot \delta y_{cl} \cdot z_{ocl} = \rho_a \cdot \delta x_{cl} \cdot \delta y_{cl} \cdot z_{ocl} \quad (3.62.)$$

unde: γ_s este greutatea specifică a solului;

g - accelerația gravitațională:

ρ_a - densitatea aparentă a solului în stare naturală.

și în consecință componentele forțelor de inerție dirijate după cele trei axe de coordonate, vor fi:

$$\begin{cases} R_{x_{cl}} = 0 \\ R_{y_{cl}} = \rho_a \delta x_{cl} \delta y_{cl} a_{y_{cl}} \\ R_{z_{cl}} = \rho_a \delta x_{cl} \delta y_{cl} z_{o_{cl}} + \gamma_s \delta x_{cl} \delta y_{cl} z_{o_{cl}} \end{cases} \quad (3.63.)$$

sau

$$\begin{cases} R_{x_{cl}} = 0 \\ R_{y_{cl}} = \rho_a \delta x_{cl} \delta y_{cl} a_{y_{cl}} \\ R_{z_{cl}} = \rho_a \delta x_{cl} \delta y_{cl} z_{o_{cl}} (1 + g) \end{cases} \quad (3.64.)$$

iar forța de inerție rezultantă are valoarea:

$$R_{cl} = \sqrt{R_{x_{cl}}^2 + R_{y_{cl}}^2 + R_{z_{cl}}^2} \quad (3.65.)$$

Mărimea forței de frecare dintre sol și suprafața de lucru a cormanei lamelare, se calculează luând în considerare componenta, după normala la suprafața a cormanei lamelare, forței rezultante R și valoarea coeficientului de frecare dintre sol și metal. Ea este dată de expresia:

$$T = \mu \cdot R_{N_{cl}} \quad (3.66.)$$

în care: μ este coeficientul de frecare dintre sol și suprafața de lucru a cormanei lamelare;

$R_{N_{cl}}$ - componenta lui \vec{R}_{cl} după normala la suprafața de lucru.

Forța de frecare acționează în sens opus mișcării, astfel că într-un punct oarecare M de pe suprafața cormanei $f(x_{cl}, y_{cl}, z_{cl}) = 0$ se poate determina valoarea forței de frecare T .

La început se calculează expresia lui $R_{N_{cl}}$ în punctul M de pe suprafața cormanei lamelare în care acționează forța rezultantă R_{cl} (figura 3.6.).

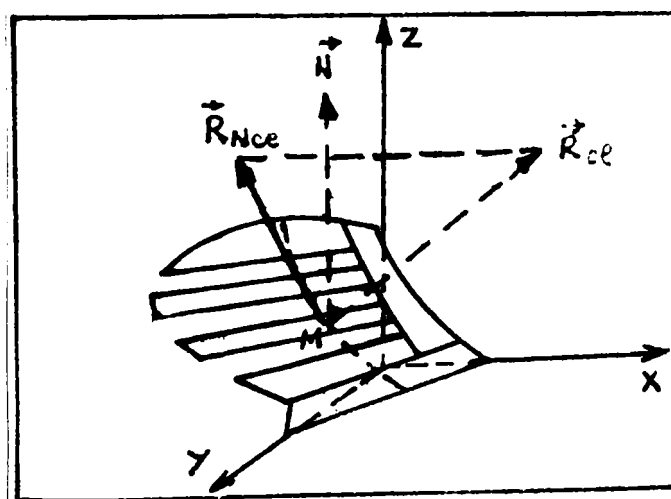


Figura 3.6. Reprezentarea componentei $\vec{R}_{N_{cl}}$ pe suprafața cormanei lamelare.

Expresia vectorială a lui $\vec{R}_{N_{cl}}$ este:

$$\vec{R}_{N_{cl}} = \frac{\vec{N}_{cl} \vec{R}_{cl}}{\vec{N}_{cl} \vec{N}_{cl}} \vec{N}_{cl} \quad (3.67.)$$

în care:

$$\vec{N}_{cl} = \frac{\partial f}{\partial x_{cl}} \vec{i} + \frac{\partial f}{\partial y_{cl}} \vec{j} + \frac{\partial f}{\partial z_{cl}} \vec{k} \quad (3.68.)$$

$$\vec{R}_{cl} = R_{x_{cl}} \vec{i} + R_{y_{cl}} \vec{j} + R_{z_{cl}} \vec{k} \quad (3.69.)$$

unde $\left(\frac{\partial f}{\partial x_{cl}}, \frac{\partial f}{\partial y_{cl}}, \frac{\partial f}{\partial z_{cl}} \right)$ reprezintă parametrii directori ai normalei la suprafața

activă a cormanei $f(x_{cl}, y_{cl}, z_{cl}) = 0$ respectiv

$$z_{cl} (B_1 + B_2 \times x_{cl} + B_3 \times x_{cl}^2 + B_4 \times x_{cl}^3 + \dots) -$$

$$- y_{cl} (C_1 + C_2 \times x_{cl} + C_3 \times x_{cl}^2 + C_4 \times x_{cl}^3 + \dots) = 0 \quad \text{, sau derivatele}$$

parțiale ale lui f .

Înlocuind (3.68.) și (3.69.) în (3.67.) obținem:

$$R_{N_{cl}} = \frac{\frac{\partial f}{\partial x_{cl}} R_{x_{cl}} + \frac{\partial f}{\partial y_{cl}} R_{y_{cl}} + \frac{\partial f}{\partial z_{cl}} R_{z_{cl}}}{\left(\frac{\partial f}{\partial x_{cl}} \right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y_{cl}} \right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial z_{cl}} \right)^2} \left(\frac{\partial f}{\partial x} \vec{i} + \frac{\partial f}{\partial y} \vec{j} + \frac{\partial f}{\partial z} \vec{k} \right) =$$

$$= R_{N_{x_{cl}}} \vec{i} + R_{N_{y_{cl}}} \vec{j} + R_{N_{z_{cl}}} \vec{k} \quad (3.70.)$$

în modul,

$$R_{N_{cl}} = \sqrt{R_{N_{x_{cl}}}^2 + R_{N_{y_{cl}}}^2 + R_{N_{z_{cl}}}^2} \quad (3.71.)$$

Având aceste relații, se determină în continuare forța de frecare T_{cl} , iar apoi componentele forței de frecare dirijate după direcțiile axelor de coordonate:

$$\begin{aligned}
 T_{x_{cl}} &= \mu R_{N_{cl}} \frac{v_{x_{cl}}}{\sqrt{v_{x_{cl}}^2 + v_{y_{cl}}^2 + v_{z_{cl}}^2}} \\
 T_{y_{cl}} &= \mu R_{N_{cl}} \frac{v_{y_{cl}}}{\sqrt{v_{x_{cl}}^2 + v_{y_{cl}}^2 + v_{z_{cl}}^2}} \\
 T_{z_{cl}} &= \mu R_{N_{cl}} \frac{v_{z_{cl}}}{\sqrt{v_{x_{cl}}^2 + v_{y_{cl}}^2 + v_{z_{cl}}^2}}
 \end{aligned}
 \tag{3.72.}$$

iar forța de frecare rezultantă are valoarea:

$$T_{cl} = \sqrt{T_{x_{cl}}^2 + T_{y_{cl}}^2 + T_{z_{cl}}^2}
 \tag{3.73.}$$

Forța de adeziune dintre sol și suprafața de lucru a cormanei lamelare este dată de relația:

$$Q_{cl} = \beta A
 \tag{3.74.}$$

în care: Q_{cl} este forța de adeziune;

β - coeficient de adeziune;

A - aria de contact dintre sol și suprafața cormanei lamelare.

Aria de contact a prisme elementare rămâne constantă (δA) pe întreaga traiectorie, iar forța de adeziune pe cele trei axe este proporțională cu componenta vitezei pe fiecare axă:

$$\begin{aligned}
 Q_{x_{cl}} &= \beta \delta A \frac{v_{x_{cl}}}{\sqrt{v_{x_{cl}}^2 + v_{y_{cl}}^2 + v_{z_{cl}}^2}} \\
 Q_{y_{cl}} &= \beta \delta A \frac{v_{y_{cl}}}{\sqrt{v_{x_{cl}}^2 + v_{y_{cl}}^2 + v_{z_{cl}}^2}} \\
 Q_{z_{cl}} &= \beta \delta A \frac{v_{z_{cl}}}{\sqrt{v_{x_{cl}}^2 + v_{y_{cl}}^2 + v_{z_{cl}}^2}}
 \end{aligned}
 \tag{3.75.}$$

Forța de tracțiune totală necesară deplasării cormanei în sol. se determină cu suficientă precizie, calculând în prealabil lucrul mecanic total absorbit de cormană în timpul procesului de arat.

Cu ajutorul forțelor determinate mai sus, se poate calcula lucrul mecanic total efectuat de cormană lamelară într-o secundă, cauzat de deplasarea brazdei pe suprafața de lucru a cormanei lamelare.

Lucrul mecanic datorat forțelor de frecare ce iau naștere pe cormană în timpul deplasării solului, din poziția s-1 în poziția s, se stabilește cu relația aproximativă:

$$W_{fcl} = \frac{1}{2} \left[\left(T_{x_{cl_s}} + T_{x_{cl_{s-1}}} \right) \left(x_{cl_s} - x_{cl_{s-1}} \right) + \left(T_{y_{cl_s}} + T_{y_{cl_{s-1}}} \right) \left(y_{cl_s} - y_{cl_{s-1}} \right) + \left(T_{z_{cl_s}} + T_{z_{cl_{s-1}}} \right) \left(z_{cl_s} - z_{cl_{s-1}} \right) \right] \quad (3.76.)$$

Împărțind valoarea lucrului mecanic datorat forțelor de frecare corespunzător unei deplasări foarte mici a cormanei cu valoarea acestei deplasări, se obține valoarea forței de frecare corespunzătoare deplasării considerate a brazdei pe cormana lamelară.

Lucrul mecanic datorat forței de greutate a brazdei în timpul deplasării elementului de brazdă din poziția s-1 în poziția s, se determină cu relația:

$$W_{gcl} = \gamma_s \delta x_{cl} \delta y_{cl} \bar{z}_{ocl} \left(z_{cl_s} - z_{cl_{s-1}} \right) = \delta G_{cl} \left(z_{cl_s} - z_{cl_{s-1}} \right) \quad (3.77.)$$

Împărțind valoarea lucrului mecanic datorat forței de greutate a brazdei corespunzător unei deplasări foarte mici a cormanei cu valoarea acestei deplasări, se obține valoarea forței de greutate a brazdei corespunzătoare deplasării considerate a brazdei pe cormană.

Lucrul mecanic datorat accelerării solului(prisme elementare) din poziția s-1 în poziția s, se determină cu relația:

$$W_a = \frac{\delta g}{2g} \left[\left(V_{y_{cl_s}} - V_{y_{cl_{s-1}}} \right) + \left(V_{z_{cl_s}} - V_{z_{cl_{s-1}}} \right) \right] \quad (3.78.)$$

Împărțind valoarea lucrului mecanic datorat accelerării solului corespunzător unei deplasări foarte mici a cormanei lamelare cu valoarea acestei deplasări, se obține valoarea forței de accelerare a solului corespunzătoare unei deplasări considerate a brazdei pe cormană.

Lucrul mecanic datorat forțelor de adeziune dintre sol și cormana lamelară din poziția s-1 în poziția s, se determină cu relația:

$$\begin{aligned}
W_{ad_{cl}} = & \frac{1}{2} \sum_{s=1}^{s=n} \frac{1}{2} \left[(T_{x_{cl_s}} + T_{x_{cl_{s-1}}}) (x_{cl_s} - x_{cl_{s-1}}) + (T_{y_{cl_s}} + T_{y_{cl_{s-1}}}) \right. \\
& (y_{cl_s} - y_{cl_{s-1}}) + (T_{z_{cl_s}} + T_{z_{cl_{s-1}}}) (z_{cl_s} - z_{cl_{s-1}}) \left. \right] + \sum_{s=1}^{s=n} \delta G_{cl} \\
& (z_{cl_s} - z_{cl_{s-1}}) + \sum_{s=1}^{s=n} \frac{\delta G_{cl}}{2 \times g} \left[(V_{y_{cl_s}} - V_{y_{cl_{s-1}}}) + (V_{z_{cl_s}} - V_{z_{cl_{s-1}}}) \right] \\
& + \sum_{s=1}^{s=n} \frac{1}{2} \left[(Q_{x_{cl_s}} + Q_{x_{cl_{s-1}}}) (x_{cl_s} - x_{cl_{s-1}}) + (Q_{y_{cl_s}} + Q_{y_{cl_{s-1}}}) \right. \\
& (y_{cl_s} - y_{cl_{s-1}}) + (Q_{z_{cl_s}} + Q_{z_{cl_{s-1}}}) (z_{cl_s} - z_{cl_{s-1}}) \left. \right] \quad (3.79.)
\end{aligned}$$

Lucrul mecanic efectuat într-o secundă prin deplasarea prisme elementare de dimensiuni Δx_{cl} , Δy_{cl} , Δz_{cl} , pe suprafața cormanei lamelare va fi:

$$W_{scl} = \frac{W_{tcl}}{t} \quad (3.80.)$$

în care t este intervalul de timp necesar deplasării prisme elementare din poziția $x_{cl_{s-1}}$ în poziția x_{cl_s} , pe distanța x_{cl} :

$$t = \frac{x_{cl_s} - x_{cl_{s-1}}}{V_{xcl}} \quad (3.81.)$$

și în consecință:

$$W_{cl_s} = W_{cl_t} \times \frac{V_{xcl}}{x_{cl_s} - x_{cl_{s-1}}} \quad (3.82.)$$

iar lucrul mecanic total efectuat într-o secundă prin deplasarea întregii brazde pe suprafața cormanei, va fi dat de:

$$W_{Tcl} = \frac{V_{xcl}}{x_{cl_s} - x_{cl_{s-1}}} \sum_1^m W_{tcl} \quad (3.83.)$$

în care m este numărul prismelor longitudinale în care este divizată brazda pe cormană, iar n numărul prismelor transversale de lungime δx_{cl} în care este divizată brazda.

Împărțind valoarea lucrului mecanic total corespunzător unei deplasări foarte mici a cormanei cu valoarea acestei deplasări, se obține valoarea forței de tracțiune corespunzătoare deplasării considerate a brazdei pe cormană lamelară.

Din relațiile prezentate mai sus și relațiile stabilite mai înainte se constată că forțele necesare deplasării cormanei lamelare pe sol depinde de distanța longitudinală $x_{cl\ s} - x_{cl\ s-1}$, cea transversală $y_{cl\ s} - y_{cl\ s-1}$, distanța verticală $z_{cl\ s} - z_{cl\ s-1}$ a deplasării brazdei și componentele $v_{x\ cl}$, $v_{y\ cl}$, $v_{z\ cl}$, ale vitezei și componentele $a_{x\ cl}$, $a_{y\ cl}$, $a_{z\ cl}$ ale accelerației și alți parametrii.

3.3.5. Studiul analitic a tensiunilor ce acționează pe cormana lamelară a plugului.

Variația tensiunilor pe suprafața cormanei lamelare este influențată de o serie de variabile independente care intervin în procesul de lucru, pe care le-am grupat în următoarele categorii:

- ❖ variabilele trupiței;
- ❖ variabilele solului;
- ❖ variabilele externe.

Variabilele trupiței, sunt acele variabile asociate geometriei trupiței și materialelor din care sunt confecționate cormanele lamelare.

Variabilele solului, sunt acele variabile care se referă la proprietățile fizico - mecanice ale solului(compoziția solului, umiditatea, textura, structura, rezistența la compresiune uniformă triaxială). Tot ca și variabile ale solului sunt considerate și masa particulei de sol ce se deplasează pe suprafața de lucru a cormanei lamelare și coeficientul de frecare dintre sol și metal.

Variabilele externe, sunt acele variabile ce nu intră în nici una din primele două categorii, și anume: viteza de înaintare a agregatului tractor-plug, dimensiunile brazdei(adâncimea de lucru și lățimea de lucru), accelerația gravitațională.

Tensiunile ce apar pe suprafața de lucru a cormanei de tip lamelar în procesul de lucru sunt dependente de următoarele variabile:

$$\sigma = f(a, b, \theta, \tau, V, U_g, T_x, S_s, C_s, S, W, m, \mu, g, t, \lambda) \quad (3.84.)$$

unde:

- a** este adâncimea de lucru a trupiței;
- b** - lățimea de lucru a trupiței;
- θ** - unghiul de înclinare al brăzdarul față de fundul brazdei;
- τ** - variabilă care depinde de tipul cormanei lamelare(de parametrii geometrici ai cormanei lamelare);
- V** - viteza de înaintare a agregatului tractor-plug;
- U_g** - umiditatea solului;
- T_x** - textura solului;
- S_s** - structura solului;
- C_s** - compoziția solului;
- S** - rezistența maximă la compresiune a solului;
- W** - greutatea volumică a solului umed;
- m** - masa particulei de sol;
- μ** - coeficientul de frecare sol-metal;
- g** - accelerația gravitațională;

t - grosimea materialului din care sunt confecționate lamelele;

λ - variabilă care depinde de tipul materialului ales pentru confecționarea lamelilor cormanei.

Variabila τ se poate exprima funcție de parametrii geometrici ai cormanei lamelare și de dimensiunile lamelilor, astfel:

$$\tau = f(\alpha, \beta, \gamma, l, L) \quad (3.85.)$$

unde:

α este unghiul ce caracterizează procesul de ridicare și mărunțire a brazdei;

β - unghiul ce caracterizează capacitatea de răsturnare a brazdei;

γ - unghiul ce caracterizează capacitatea de deplasare a brazdei lateral;

l - lățimea lamelilor cormanei;

L - lungimea lamelilor cormanei.

Din cele prezentate mai sus rezultă că tensiunile ce apar pe suprafața de lucru a cormanei lamelare depind de foarte multe variabile, fapt ce ne-a condus la concluzia că, atât studiul teoretic cât și cel experimental privind distribuția tensiunilor pe suprafața cormanei lamelare este de o complexitate deosebită.

Pentru optimizarea geometriei trupițelor cu cormane lamelare, ale plugurilor mecanice, se impune medelarea distribuției deformațiilor și tensiunilor ce apar pe suprafețele acestora.

CAPITOLUL 4

STUDII ASUPRA MATERIALELOR UTILIZATE LA CORMANELE PLUGURILOR MECANICE

4.1. Considerații generale.

În timpul lucrului plugul trebuie să fie un sistem tehnic mobil foarte stabil. La asigurarea acestei stabilități contribuie, atât corectitudinea reglajelor cât și atașarea corectă a plugului la tractor, precum și măsura în care materialele din care sunt confecționate organele de lucru atenuază influența negativă a unor factori perturbatori ce apar nemijlocit în timpul lucrului ca: șocuri, vibrații, denivelări ale terenului, apariția unor obstacole rigide etc.

Contribuția acestor factori negativi este amplificată și de tendința modificării geometriei suprafeței de deplasare a brazdei ca urmare a uzurii abrazive și chimice a acestei suprafețe. Uzura abrazivă are contribuție determinantă în modificarea geometriei inițiale a suprafeței de lucru. Ca urmare, constructorii de pluguri mecanice sunt preocupați de găsirea unor materiale care să satisfacă la maximum posibilitatea contracarării efectului combinat distructiv și destabilizator a tuturor acestor factori. De aceea, în etapa actuală cât și în perspectivă, atenția cercetătorilor este îndreptată spre găsirea unor materiale care, pe de o parte, să răspundă tot mai eficient acestor solicitări, iar pe de alta, costurile să se situeze la un nivel acceptabil pe piața mondială.

4.2. Cercetări asupra tipurilor de materiale utilizate în construcția cormanelor plugurilor.

Metalele au fost și rămân deocamdată materialele de bază pentru realizarea cormanelor plugurilor mecanice, deoarece ele satisfac în cele mai bune condiții cerințele de exploatare ale plugurilor mecanice.

Analiza datelor literaturii tehnice din ultimii ani, atestă o muncă intensă a cercetătorilor din diferite țări în domeniul creării de noi materiale metalice rezistente la uzură, utilizate la cormanele trupașelor plugurilor mecanice.

La ora actuală, pe plan mondial, s-au realizat diferite materiale metalice sau compozite stratificate pentru cormane, rezistente la uzură, cu stabilitate mare la uzura abrazivă și solicitări alternative.

Studiile efectuate de autor în această direcție i-au permis o sistematizare, în premieră pentru literatura noastră de specialitate, a caracteristicilor de bază și a particularităților tehnologice de fabricație, care se prezintă în cele ce urmează:

- ❖ oțel Brevet 57 - 19360(Japonia) cu compoziția chimică prezentată în tabelul 4.1.[50][148].

Tabelul 4.1.

C,%	Mn,%	Si,%	Cr,%	V,%	W,%
0,4...0,7	0,3...0,6	0,4...1,2	0,8...1,5	0,08...0,3	1,5...3,5

- ❖ oțel Brevet 962329(C.S.I.) cu compoziția chimică prezentată în tabelul 4.2.[50][148];

Tabelul 4.2.

C,%	Mn,%	Si,%	Ti,%	Cr,%
0,73...0,88	0,15...0,35	0,11...0,3	0,43...0,98	0,16...0,38

- ❖ oțel siliciu-crom-vanadiu, cu compoziția chimică prezentată în tabelul 4.3.[50][67][203];

Tabelul 4.3.

C,%	Si,%	Mn,%	Cr,%	V,%	S+P,%
0,35...0,45	1,5...1,8	0,7...0,9	0,4...0,5	0,15...0,25	max.0,05

- ❖ oțel carburat și nitrurat la temperaturi înalte, realizat de către firma germană **CONIT**(figura 4.1.)[INTERNET][78][320](. Utilizând acest material s-au obținut cormane cu duritate ridicată în exterior și foarte tenace în interior.Grosimea materialului fiind de 8 - 10 [mm].Avantaje: uzură mai mică datorită durității foarte mari; muchiile cormanei sunt protejate datorită durității ridicate de jur împrejur; tenacitate și rezistență la rupere foarte mari, trecerea de la stratul dur la cel tenace nefiind bruscă. Variația durității pe secțiune la materialul **CONIT** este prezentată în figura 4.2. iar variația durității pe secțiune la materialul **CONIT** în comparație cu materialul realizat din trei straturi de oțel microaliat este prezentată în figura 4.3. Aspecte privind tehnologia fabricării materialului **CONIT** sunt prezentate în figura 4.4.:

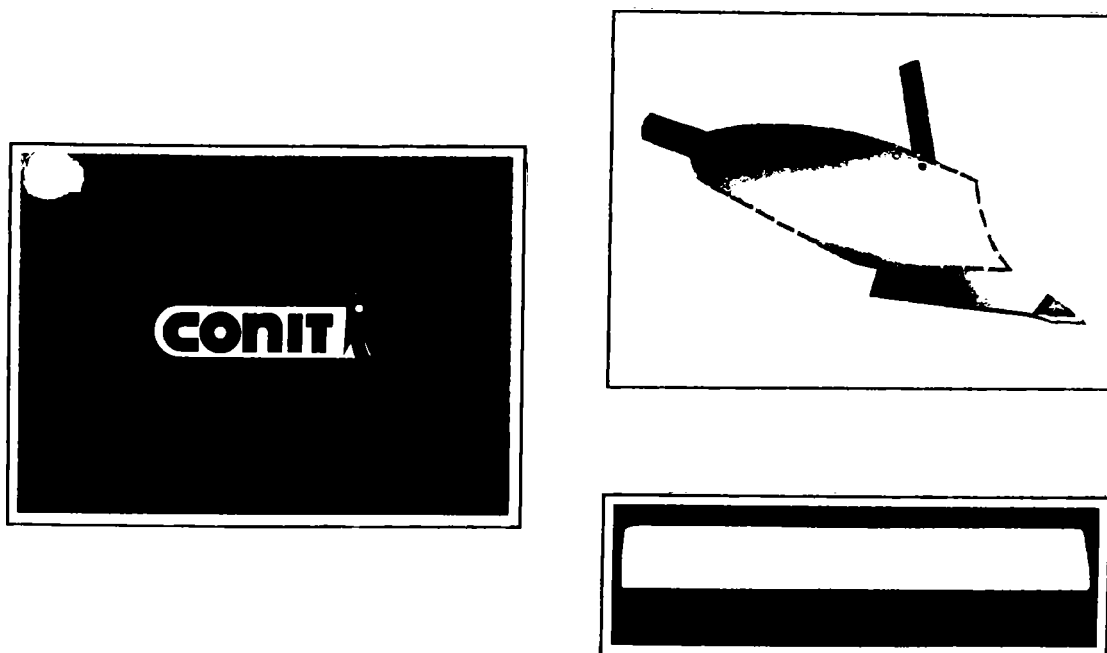


Figura 4.1. Detaliu privind materialul **CONIT**[INTERNET][320].

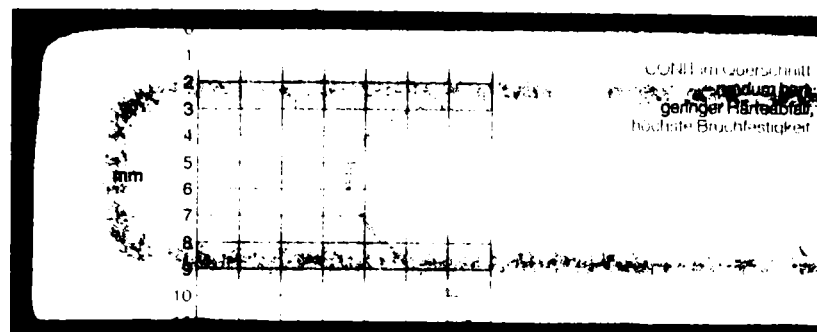


Figura 4.2. Variația durității pe secțiune la materialul **CONIT**[INTERNET][320].

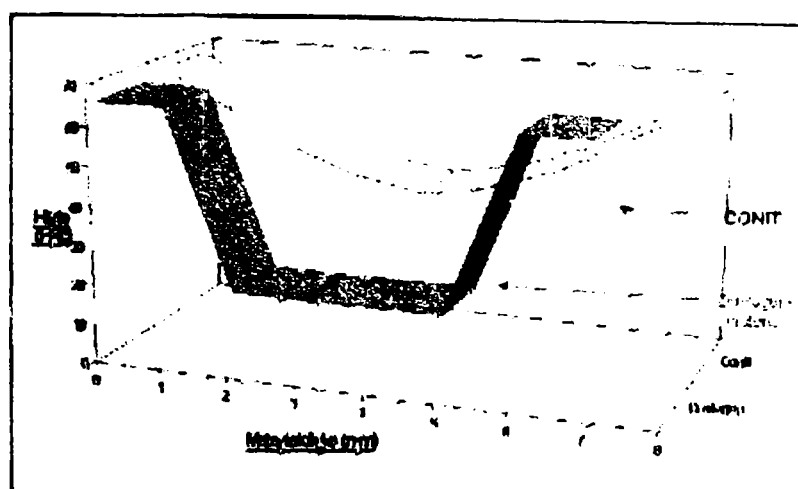


Figura 4.3. Variația durității pe secțiune la materialul **CONIT** în comparație cu materialul realizat din trei straturi de oțel microaliat[INTERNET].



Figura 4.4. Aspecte din tehnologia fabricării materialului **CONIT**[320].

- ❖ oțel de calitate la care straturile exterioare sunt supuse operației de niturare[];
- ❖ oțel de calitate OLC 60[67][203];
- ❖ oțel de calitate OLC 45[67][203];
- ❖ oțeluri de calitate OLC 10, OLC 15, OLC 16 și OLC 20 supuse operației de cementare[67][203];
- ❖ oțel 1090(după AISI) realizat de către firma **CLIMAX MOLYBDENUM COMPANY** din **MICHIGAN** cu compoziția

chimică prezentată în tabelul 4.4.[50][141]. Domeniul de duritate după tratamentul termic de îmbunătățire(călire + revenire) este de 415 - 477[HB]:

Tabelul 4.4.

C,%	Mn,%	P,%	S,%
0,85...0,98	0,60...0,90	max.0,040	max.0,050

- ❖ oțel 4140(după AISI) realizat de către firma **CLIMAX MOLYBDENUM COMPANY** din **MICHIGAN** cu compoziția chimică prezentată în tabelul 4.5.[50][141];

Tabelul 4.5.

C,%	Si,%	Mn,%	Cr,%	Mo,%
0,38...0,43	0,15...0,30	0,75...1,00	0,80...1,10	0,15...0,20

- ❖ oțel 1085(după AISI) realizat de către firma **CLIMAX MOLYBDENUM COMPANY** din **MICHIGAN** cu compoziția chimică prezentată în tabelul 4.6.[50][141]. Domeniul de duritate după tratamentul termic de îmbunătățire(călire + revenire) este de 415 - 477 [HB];

Tabelul 4.6.

C,%	Mn,%	P,%(≤)	S,%(≤)
0,80...0,93	0,70...1,00	0,040	0,040

- ❖ oțel 1095(după AISI) realizat de către firma **CLIMAX MOLYBDENUM COMPANY** din **MICHIGAN** cu compoziția chimică prezentată în tabelul 4.7.[50][141]. Domeniul de duritate după tratamentul termic de îmbunătățire(călire + revenire) este de 415 - 477 [HB];

Tabelul 4.7.

C,%	Mn,%	P,%(≤)	S,%(≤)
0,90...1,03	0,30...0,50	0,040	0,040

- ❖ oțel 52100(după AISI) realizat de către firma **CLIMAX MOLYBDENUM COMPANY** din **MICHIGAN** cu compoziția chimică prezentată în tabelul 4.8.[50][141];

Tabelul 4.8.

C,%	Si,%	Mn,%	P,S,%	Cr,%
0,98...1,10	0,15...0,30	0,25...0,45	max.0,025	1,30...1,60

- ❖ oțelurile 1060 și 1080(după AISI), durificate prin inducție(duritate 63 Rc_{min.}), realizate de către firma **CLIMAX MOLYBDENUM COMPANY** din **MICHIGAN** cu compoziția chimică prezentată în tabelul 4.9.[50][141]. domeniul de duritate după tratamentul termic de îmbunătățire(călire + revenire) este de 415 - 477 [HB];

Tabelul 4.9.

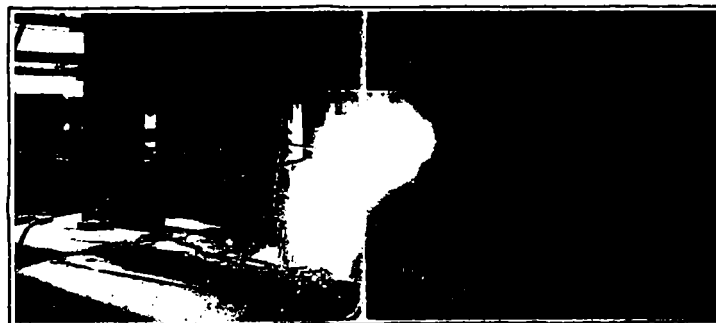
C,%	Mn,%	P,%	S,%
0,75...0,88	0,60...0,90	≤ 0,040	≤ 0,050

- ❖ material special pentru piesele de uzură ale utilajelor miniere și ale mașinilor agricole realizat de către firma românească **SIDEX S.A. Galați**. Acest material este utilizat de către firma românească, constructoare de pluguri, **SEMBRAZI Sibiu** la construcția cormanelor(SF nr. 36 - 94 - înlocuiește CS nr. 44 - 88). Materialul **OL52A** este un oțel aliat cu bor, rezistent la abraziune, elaborat în convertizoare LD sau cuptoare electrice, cu compoziția chimică conform tabelului 4.10. Materialul este livrat de către firma SIDEX S.A. Galați sub formă de table cu grosimea cuprinsă între 6 - 38 [mm], duritatea fiind de min. 330 [HB](42 HRC). Acest material are o duritate aproape egală cu cea a materialelor realizate de către firmele constructoare de pluguri din SPANIA(48,5 HRC)[316];

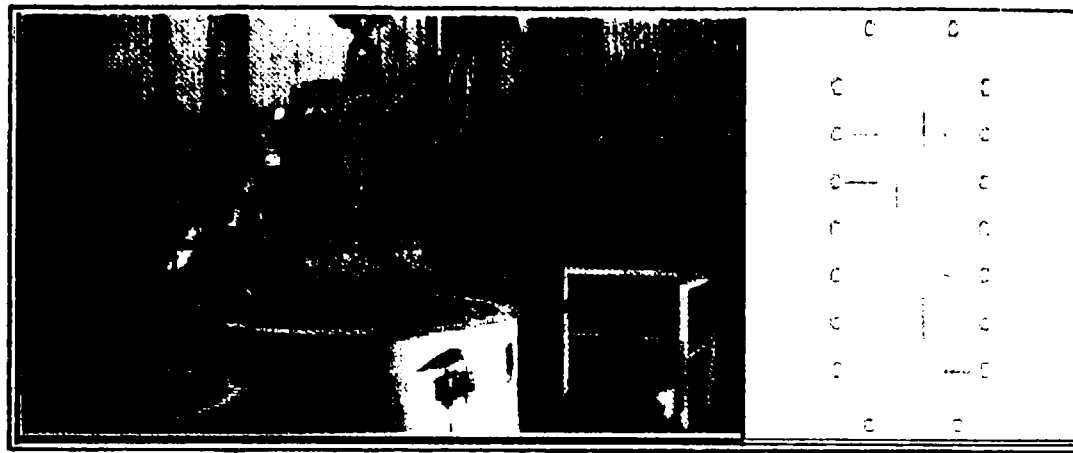
Tabelul 4.10. Compoziția chimică a materialului OL52A.

Marca oțelului	Compoziția chimică pe oțel lichid,%						
	C	Mn	Si	Cr	B	P	S
OL52A	0,14÷ 0,18	1,15÷ 1,50	0,17÷ 0,35	0,21÷ 0,50	0,0005÷ 0,005	max. 0,03	max. 0,02

- ❖ oțel **PERMANIT** realizat în oțelăria concernului german **VOGEL & NOOT**(figura 4.5.)[320];

Figura 4.5. Aspecte din tehnologia fabricării materialului **PERMANIT**[320].

- ❖ oțel tratat termic **ÖVERUM MUCRO** utilizat de către firma suedeză **ÖVERUM** la piesele supuse uzurii[INTERNET]. Conținutul corect de carbon în profilul de oțel determină proprietățile cormanei. Semifabricatele de cormană sunt prelucrate 24 [h] într-un cuptor cu mediu bogat în carbon și temperatură pulsatorie(figura 4.6., a). Carbonul pătrunde în stratul de suprafață al oțelului(figura 4.6., b). Tratatamentul termic ce urmează va da stratului superficial în același timp duritate și rezistență la uzură. Stratul din mijloc rămâne tenace și rezistent la impact(șoc);



a)

b)

Figura 4.6. Materialul și tehnologia folosită în construcția cormanei firmei suedeze **ÖVERUM**: a) carburarea semifabricatului cormanei; b) carbonul pătrunde în stratul de suprafață al oțelului [INTERNET].

- ❖ material **RABEDUR** realizat de firma germană **RABE - WERK** special pentru cormanele lamelare (cu fâșii). El are pe întreaga grosime a materialului o duritate ridicată, constantă, având totodată tenacitate foarte mare. La toate trupițele cu cormane lamelare ale firmei **RABE - WERK** cele trei lamele inferioare sunt din **RABEDUR**. Lamelele realizate din acest material au grosimea de 12 [mm], iar la trupițele mici de 10 [mm]. Avantajele speciale ale acestui material sunt: duritate ridicată pe întreaga grosime a materialului, nemai întâlnită la celelalte materiale; rezistență la rupere ridicată pe întreaga grosime a materialului; uzură redusă, constantă pe tot timpul vieții; viață mult mai lungă a lamelelor, rezultând reducerea costurilor de uzură și a timpilor de întreținere. Variația durtății pe secțiune la materialul **RABEDUR** este prezentată în figura 4.7. [45][46][262] iar variația durtății pe secțiune la materialul **RABEDUR** în comparație cu materialul **CONIT** este prezentată în figura 4.8. [INTERNET].

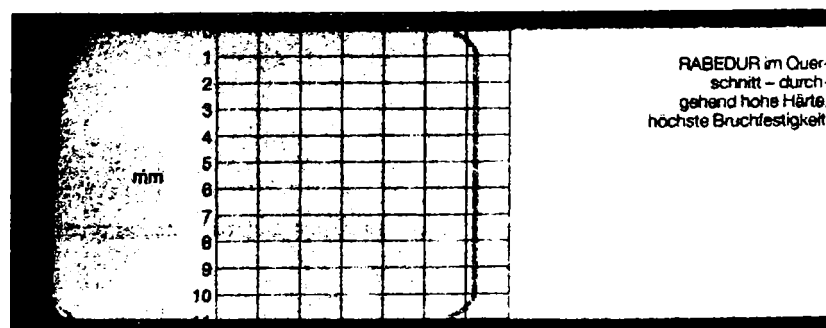


Figura 4.7. Variația durtății pe secțiune la materialul **RABEDUR**.

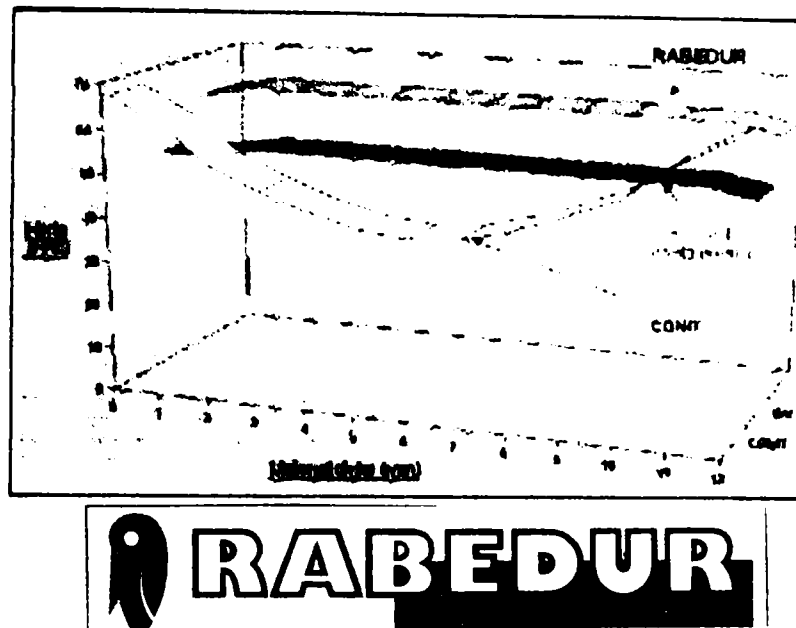


Figura 4.8. Variația durității pe secțiune la materialul **RABEDUR** în comparație cu materialul **CONIT**.

Dintre materialele compozite stratificate , mai jos se prezintă cele mai caracteristice:

- ❖ material compozit stratificat realizat de către firma japoneză **KAWASAKI**[45][46];
- ❖ material compozit stratificat realizat de către firmele rusești, conform **GOST 6765 - 75**[45][46][50];
- ❖ material compozit stratificat realizat de către firmele franceze **Pompey S₇ TRIPLEX**. Acesta este realizat din trei straturi de grosime și duritate diferite. Cormanele realizate din acest oțel au stratul interior(B) tenace și straturile exterioare: anterior și posterior, cu duritate ridicată. Numai cormanele firmei **KUHN - HUARD** au în față un strat de uzură mai gros decât în spate. Prin reducerea grosimii stratului posterior "C" de la 2,4 la 1,5 [mm] a fost posibil să se mărească grosimea stratului de uzură anterior(A) de la 2,4 la 3,3 [mm] și astfel să se mărească viața cormanei cu 40%(figura 4.9.) [45][46][50];

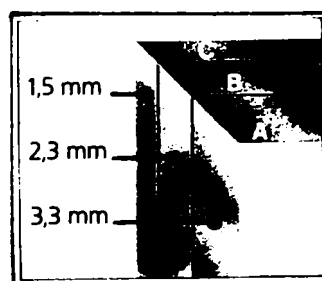


Figura 4.9. Detaliu privind varianta **Pompey S₇ TRIPLEX** a firmei franceze **HUARD**[320][INTERNET].

- ❖ materialul **TRIGENT** utilizat de către firma austriacă **REGENT** la construcția cormanelor(figura 4.10.) [320]. Acesta este realizat din trei straturi de oțel cu durități și compoziții chimice diferite. Acesta se călește cu un aparat de călit cu comandă electrică care formează și

căleşte. Materialul după călire devine extrem de flexibil pentru orice tip de sol. Cormanele realizate din acest material sunt foarte economice și rezistente la uzură:

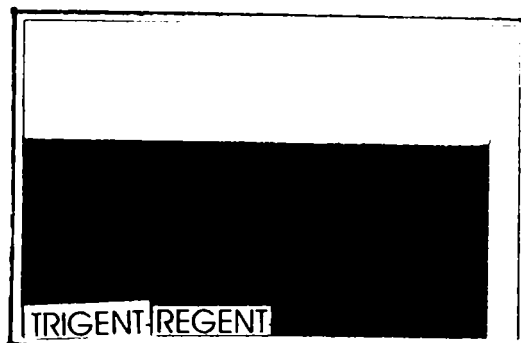


Figura 4.10. Detaliu privind varianta **TRIGENT** a firmei austriece **REGENT**.

- ❖ material compozit stratificat laminat realizat de către firma românească **SIDEX S.A. Galați**[46];
- ❖ material compozit stratificat la care straturile exterioare sunt realizate din oțel OSC8 iar stratul din mijloc din oțel OLC15[46];
- ❖ material compozit stratificat la care straturile exterioare să fie realizate dintr-un oțel inoxidabil de tipul celui utilizat la tacâmuri[46];
- ❖ materialul **LEURIT** realizat de către firma austriacă **LANDSBERG** la construcția cormanelor(figura 4.11.)[320]. Acesta este un oțel special, cu granulație fină, de mare rezistență la uzură, duritate mare, suportând solicitări de trei ori mai mari decât oțelul utilizat la cormanele clasice. Totodată el este deosebit de tenace și elastic;

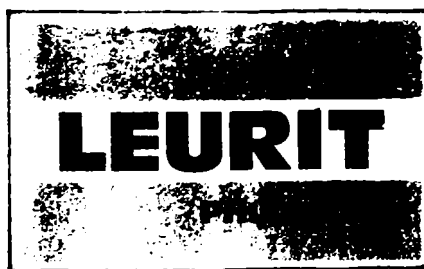


Figura 4.11. Detaliu privind varianta **LEURIT** a firmei austriece **LANDSBERG**.

- ❖ materialul **DREILAGENMATERIAL** utilizat de către firma germană **RABE - WERK** la construcția cormanelor. Variația durității pe secțiune la materialul **DREILAGENMATERIAL** este prezentată în figura 4.12.[320][INTERNET];

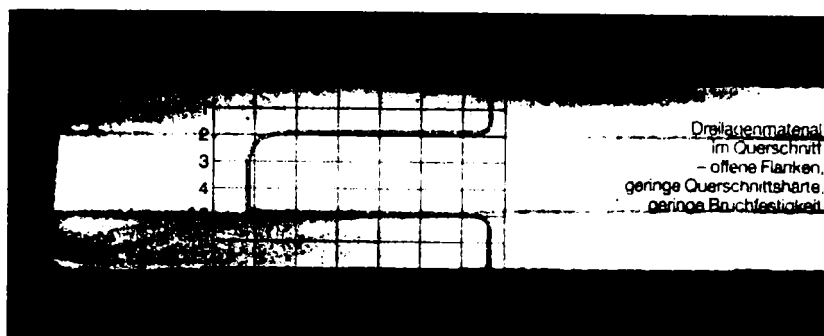


Figura 4.12. Variația durtății pe grosimea materialului **DREILAGENMATERIAL**.

- ❖ materialul **LETRIX** utilizat de către firma germană **LEMKEN** la construcția cormanelor[240][320]. Toate plugurile **LEMKEN** sunt dotate atât cu cormane pline cât și cu cormane lamelare, ambele fiind realizate din oțel realizat în trei straturi(**LETRIX**). Firma **LEMKEN** garantează o grosime de cel puțin 2,3 [mm] a stratului călit, de uzură, cu cea mai mare duritate. Cormanele realizate din acest material sunt rezistente la rupere, rezistente la uzură și au o viață mai lungă în exploatare;
- ❖ material compozit stratificat laminat la care straturile exterioare sunt realizate din oțel OLC60, iar stratul din mijloc din oțel OL34.1K. OLC 60 este un oțel carbon de calitate pentru tratament termic care are o rezistență la rupere ridicată, o duritate ridicată, o plasticitate mai mică și o bună prelucrabilitate prin așchiere. OL34.1K este un oțel carbon de uz general cu rezistența minimă la rupere prin tracțiune statică de 34 [daN/mm²], cu clasa de calitate 1 și gradul de dezoxidare "calmat". Acest oțel este rezistent la șoc. Compoziția chimică pentru fiecare strat în parte este prezentată în tabelul 4.11.[46].

Tabelul 4.11.

Stratul	COMPOZIȚIA CHIMICĂ [%]										Marca oțelului
	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	Al	
A	0,35	0,23	0,63	0,025	0,027	0,10	0,08	0,10	0,01	0,017	OLC60
B	0,13	-	0,39	0,021	0,024	0,11	0,13	0,17	0,02	0,026	OL34.1K
C	0,61	0,32	0,63	0,025	0,028	0,10	0,06	0,10	0,018	0,018	OLC60

4.3. Studiul materialelor compozite stratificate, utilizate în construcția cormanelor plugurilor

4.3.1. Considerații generale.

Din considerații funcționale, economice sau estetice există astăzi tendința de înlocuire a materialelor tradiționale cu cele obținute prin amestecul mecanic, la scară macroscopică, a două sau mai multe materiale.

Valorificarea integrală a capacității de rezistență a materialelor folosite este o cale importantă de reducere a costului produsului proiectat. Din acest punct de vedere, proiectarea oricăror structuri de rezistență alcătuite din materiale compozite are o componentă suplimentară față de proiectarea acestora din materiale tradiționale, și anume de concepere a microstructurii materialului în conformitate cu cerințele de comportare optimă în exploatare a produsului. Astăzi materialele compozite sunt special create pentru a răspunde unor exigențe deosebite în privința rezistenței mecanice, rigidității, greutateii specifice reduse, stabilității dimensionale, termice și chimice, rezistenței la oboseală, șoc și uzare, a proprietăților izolatoare, a esteticii și nu în cele din urmă, a imperativelor economice.

Datele statistice arată că materialele compozite se află în plină dezvoltare, având o tendință accentuată de creștere a producției comparativ cu materialele clasice (oțel, cupru, zinc, ș.a.), care tind să-și diminueze importanța (figura 4.13.) [4]. Se poate afirma, chiar pe baza acestei figuri, că materialele compozite tind să se substituie materialelor clasice, ale căror rezerve sunt de altfel limitate.

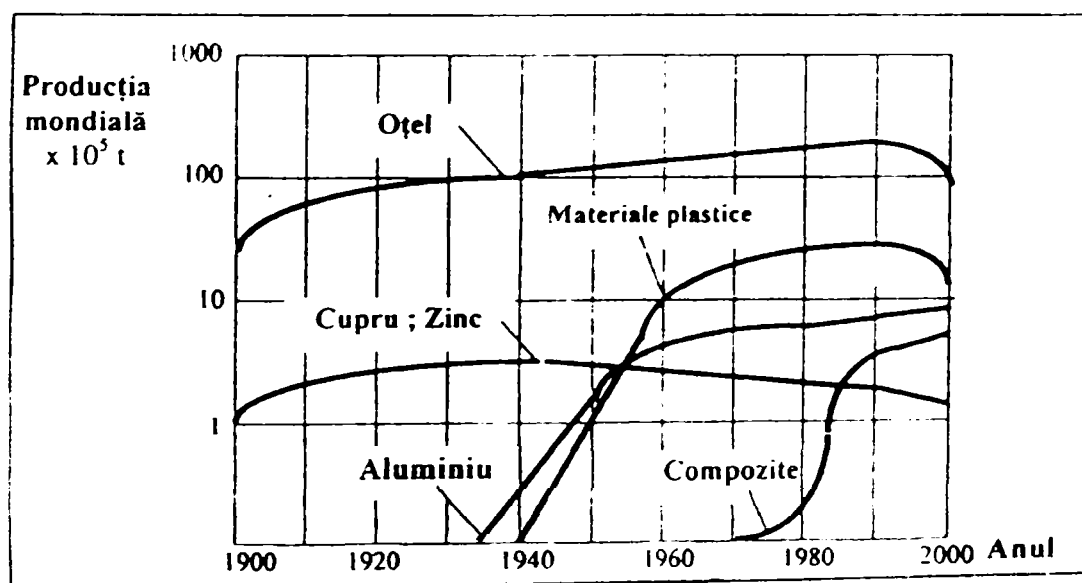


Figura 4.13. Tendințele de dezvoltare ale unor familii de materiale[4].

Din cercetarea articolelor apărute în revistele de specialitate[4], reiese că materialele compozite au nenumărate aplicații. Parte din ele au fost ilustrate în figura 4.14.

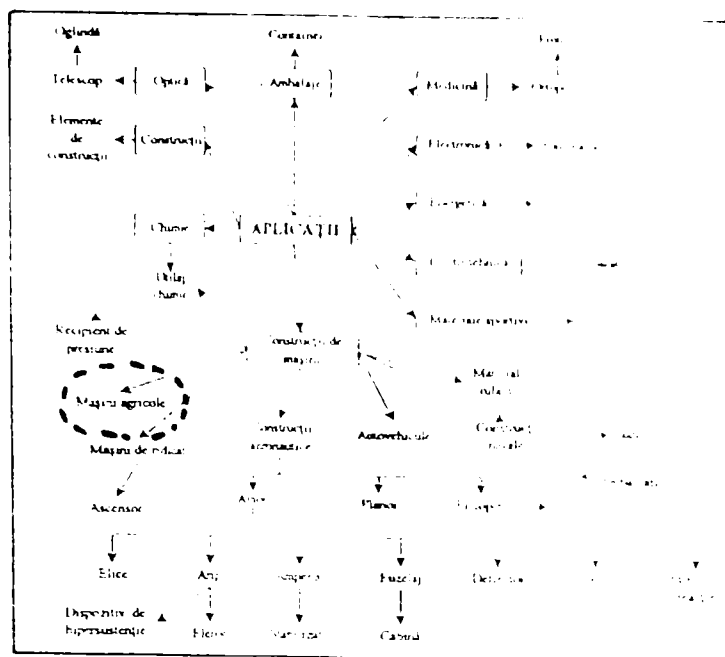


Figura 4.14. Aplicații ale materialelor compozite[4].

La ora actuală, pe plan mondial, s-au realizat diferite materiale compozite stratificate pentru cormane, rezistente la uzură, cu stabilitate mare la uzură abrazivă și solicitări alternative, care constau din straturi de cel puțin două materiale lipite(legate împreună)[4]. Se pot combina astfel cele mai bune proprietăți ale materialelor componente, obținându-se un material superior ca rezistență, rigiditate, densitate estetică, rezistență la coroziune și umiditate etc.

Clasificarea materialelor compozite stratificate, după numărul și natura straturilor, este prezentată în figura 4.15[4].

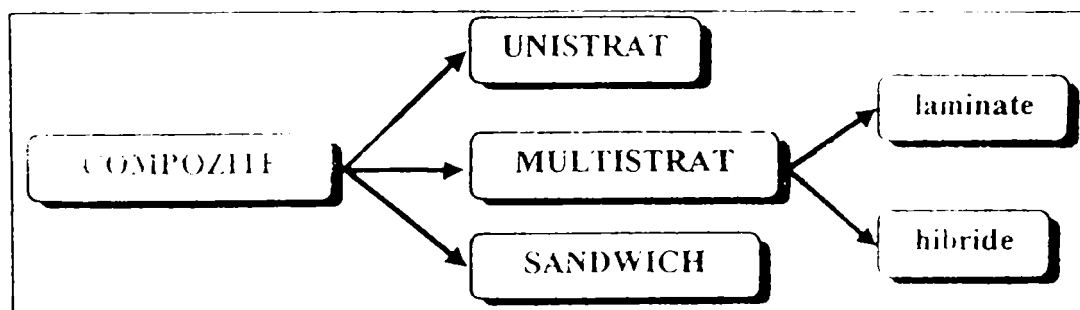


Figura 4.15. Clasificarea materialelor compozite stratificate[4].

Marea majoritate a firmelor străine realizează cormanele plugurilor mecanice dintr-un material compozit stratificat realizat din trei straturi de oțel(figura 4.16.) [46][50][217]. Acesta este constituit dintr-un strat de mijloc, realizat dintr-un oțel cu conținut în carbon cuprins între 0,055...0,1%, și din două straturi externe realizate din oțel cu conținut de carbon ridicat cuprins între 0,55..1%. Dintre acestea, cele mai reprezentative se prezintă în continuare.

În figura 4.17. este prezentată realizarea firmei franceze **HUARD**[50][320] și ale firmelor germane **LEMKEN**[240][320] și **EBERHARDT**[320]. varianta franceză purtând denumirea de **Pompey S₇ TRIPLEX**, iar cele ale firmelor germane de **LETRIX** și **SANDWICH - BAUWEISE**.

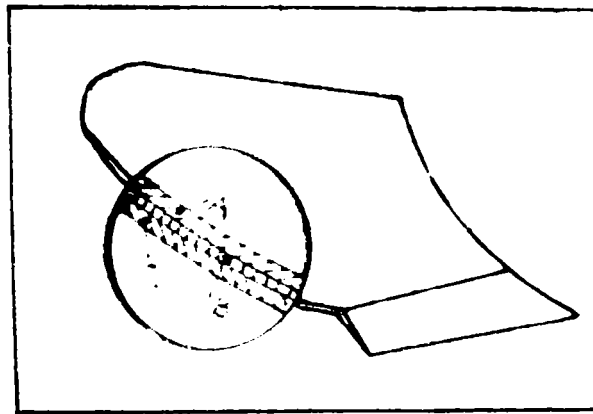


Figura 4.16. Detalii privind materialul compozit stratificat folosit la cormane [217]



Figura 4.17. Detalii privind materialele folosite în construcția cormanelor: a) varianta **Pompey S₇ TRIPLEX** a firmei franceze **HUARD**; b) varianta **LETRIX** a firmei germane **LEMKEN**; c) varianta **SANDWICH - BAUWEISE** a firmei germane **EBERHARDT**;

4.3.2. Studiul caracteristicilor materialelor compozite stratificate laminate folosite în construcția cormanelor.

Varianta Pompey S₇ TRIPLEX realizată de firmele franceze. Acest material a fost pus la punct de către specialiștii francezi pentru fabricarea de cormane de plug, unde o mare rezistență la uzură trebuie să fie unită cu o bună rezistență la deformare și la șocuri violente.

Materialul **Pompey S₇ TRIPLEX** este constituit dintr-un strat mediant, suplu, realizat dintr-un oțel moale, calmat sau necalmat, cu conținut în carbon de 0.1% care prin tenacitatea sa reduce la minim riscul spargerii prin șoc, și din două straturi exterioare realizate din oțel cu conținut de carbon ridicat, de 0.7%, care este aliat cu crom și elaborat în cuptor electric. În tabelul 4.12. se prezintă compoziția chimică, pentru fiecare strat în parte, a acestui material.

Alegerea mărcii de oțel este legată de condițiile de fabricație existente și caracteristicile metalurgice la care trebuie să răspundă oțelul.

Ținând cont de cele afirmate mai sus, trebuie să se aibe în vedere următoarele:

- ❖ în ce privește stratul moale, oțelul calmat primează asupra oțelului necalmat, că nu îmbătrânește și păstrează o bună rezistență la temperaturi scăzute;
- ❖ în ce privește stratul dur o caracteristică importantă care nu trebuie neglijată este comportarea oțelului (rezistența) la creșterea grăuntelui.

*Tabelul 4.12. Compoziția chimică a materialului **TRIPLEX**.*

Stratul	Compoziția chimică					
	C,%	Mn,%	Si,%	P,%	S,%	Cr,%
A	0,75	0,70	0,20	0,035	0,025	0,20
B	0,10	0,40	0,15	0,035	0,035	0,000
C	0,75	0,70	0,20	0,035	0,025	0,20

Compoziția chimică dată oțelului **Pompey S₇ TRIPLEX**, după călire, îi conferă acestuia o rezistență ridicată, o bună rezistență la șocuri la care se adaugă și o mare duritate superficială. În stare călită, grăuntele foarte fin a celor două straturi externe, permite o șlefuire ușoară și asigură o suprafață cu un înalt grad de netezire care reduce considerabil posibilitatea de lipire a solului în timpul arăturii. Aceste calități asigură cormanelor o durată lungă în exploatare, superioară celor cu duritate omogenă.

Fabricarea materialului **Pompey S₇ TRIPLEX** este controlată cu atenție în toate fazele pentru a se evita dezlipirea, inegalitatea straturilor și deformarea excesivă după călire.

Condițiile de fabricație ce trebuie respectate, conform normelor sunt:

- ❖ caracteristicile fizice și mecanice, duritatea produsului finit, calitatea tratamentului, aderența straturilor, conform normelor NF-A-36361;

- ❖ grosimea celor trei straturi și dimensiunile geometrice a benzilor sunt conform normelor NF-A-46361, astfel că grosimea unui strat, care constituie banda, este egal cu 1/3 din grosimea totală;
- ❖ limitele de grosime a straturilor sunt următoarele:
 1. - grosimea stratului mediant trebuie să fie cuprinsă între 30 și 40% din grosimea totală;
 2. - grosimea fiecărui strat exterior trebuie să fie cuprinsă între 35 și 30% din grosimea totală.

Sub aspect tehnologic, se constată că unele oțeluri prezintă tendințe de creștere a grăuntelui, chiar în condițiile respectării temperaturii de lucru utilizate, care pot avea consecințe importante asupra fragilității în serviciu, s-au determină apariția de fisuri la polizare, care se face după călire.

Ținând seama de condițiile de utilizare ale cormanelor, specialiștii francezi consideră că trebuie avut în vedere următoarele:

- ❖ Dacă ne referim la produsul în stare laminată, normele tehnice franceze NF-36361 prevăd o duritate maximă de 305 HB sau 269 HB după GOST 6765, care permit o găurire pentru punctele de fixare. Aceste limite sunt însă depășite în cazul oțelurilor cu 1%C fapt ce necesită o recoacere probabilă a benzilor;
- ❖ Se pune problema, apoi, de a obține duritatea după călire în apă. Cele 60Rc (608 HB) cerute de normele franceze și 55Rc prevăzute de normele GOST se obțin fără dificultate la toate oțelurile care au conținutul de carbon mai mare de 0,55%;
- ❖ Fiind vorba de oțeluri cu conținut ridicat de C acestea se pot trata și la o temperatură mai joasă până în jurul a 750°C, fapt ce poate asigura și o stabilitate mai mare între încălzire și călire, permițându-se intercalarea operațiunii de formare înaintea călirii. O recoacere este necesară în aceste cazuri;
- ❖ Când se utilizează oțeluri cu 0,66%C este necesar să se respecte riguros condițiile de tratament pentru a se evita călirea neuniformă sau deformarea din cauza unor durificări neregulate care pot apărea;
- ❖ Când se utilizează oțelul cu 0,75%C se poate obține o duritate de 65/66 Rc prin călire uscată, la o temperatură de încălzire cuprinsă între 770 și 950°C. În acest interval de temperatură se poate obține prin călire un grăunte de ordinul 7/8 după scara 1K;
- ❖ Prin revenire la 100-200°C duritatea scade destul de mult.

Aceste considerații i-au condus pe specialiștii francezi să aleagă un oțel pentru straturile exterioare cu compoziția chimică prezentată în tabelul 4.12.

Acest oțel se tratează la o temperatură apropiată de 820°C, ținând seama că formarea la cald și călirea sunt combinate.

Fiind încălzit la 920°C se dispune de cca. 70 secunde pentru a se așeza semifabricatul în matrițe de călire urmând ca în acest fel călirea să se facă în condiții bune.

Pentru stratul moale, specialiștii francezi utilizează un oțel calmat cu aluminiu a cărei compoziție chimică este prezentată în tabelul 4.12.

Pentru materialul **Pompey S₇ TRIPLEX** este prevăzut un tratament termic care să-i confere o duritate superficială de 550 ± 50 HB. Se poate obține și o duritate mai mare a straturilor exterioare utilizându-se marca de material **Pompey S₁₀ TRIPLEX**.

Tratamentul obișnuit al oțelului **Pompey TRIPLEX**, realizat de către francezi este următorul:

- mărunțirea grăuntelui la metalul moale prin încălzire la 850°C;
- realizarea unei structuri foarte fine a celor două straturi exterioare(călire la 800°C). Este foarte important de altfel să se realizeze o încălzire treptată și uniformă pentru a se evita supraîncălzirile care ar putea mări grăuntele de metal și al face fragil;
- temperatura nu trebuie să depășească 900°C pentru formarea cormanelor. O menținere de la 10 la 15 minute la temperatura prescrisă este suficientă în condițiile normale de lucru. În plus, trebuie să se evite decarburarea suprafeței datorită unei încălziri puternice și prelungite sau direct cu flacără, deoarece zonele decarburate dau după călire zone moi, care înrăutățesc comportarea cormanei în exploatare.

Este recomandabil de a se face la cormanele călite o revenire de 2 ore la 180°C pentru a elimina tensiunile de la călire, a stabili forma cormanei fără a scădea în mod sensibil duritatea metalului călit.

Acest material se poate obține prin două procedee de fabricație:

- în primul caz prin construirea unui pachet de semifabricate din calitățile dorite care se încălzește și se laminează în table;
- în al doilea caz se utilizează în oțelărie un lingou SANDWICH care se obține prin turnarea celor două straturi exterioare în jurul unui miez solid care constituie stratul mediu. Lingoul astfel obținut se laminează în brame și apoi în table.

La fabricarea compozitelor tip "SANDWICH" se utilizează două tipuri de miezuri[89]:

- cu modul de forfecare redus, astfel încât sandwichul este supus sub sarcină unei deformații semnificative la forfecare;
- cu modul de forfecare ridicat(puțin mai mic decât al fețelor), astfel încât sandwichul este suficient de rigid pentru ca efectele forfecării să fie mici.

Miezul trebuie să asigure următoarele proprietăți:

- să fie suficient de rigid pe direcție perpendiculară pe fețe, astfel încât în timpul deformării acestea să păstreze o distanță corectă între ele;
- să fie suficient de rigid, astfel încât să împiedice deformarea locală în planul propriu sub acțiunea forțelor de compresiune.

Cu ajutorul lor se pot realiza configurații de tipul celor prezentate în figura 4.18.

Structura astfel formată are o comportare bună la solicitări axiale și la încovoiere.

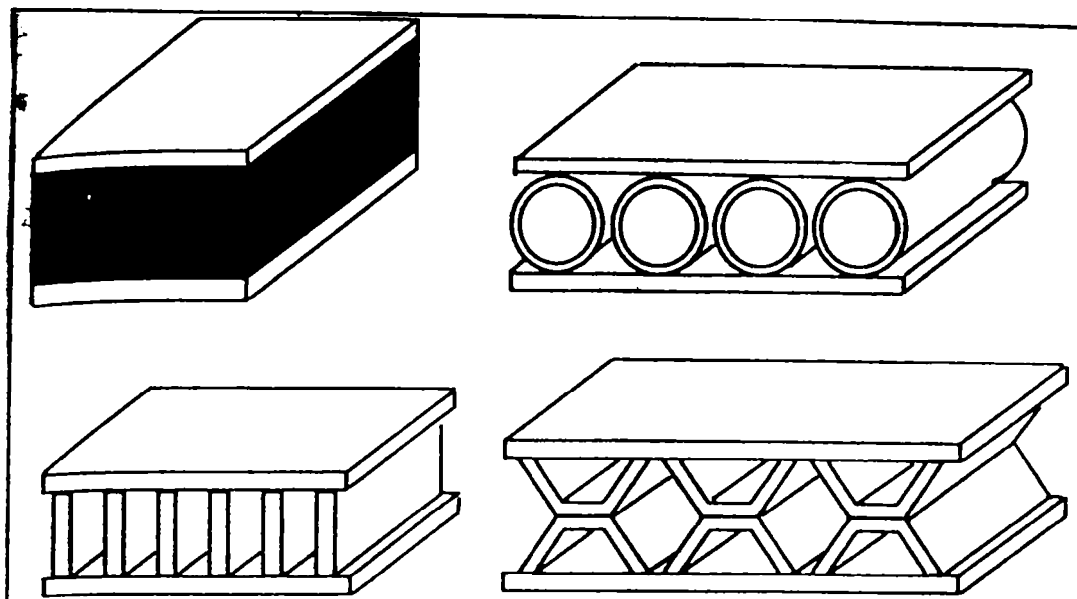


Figura 4.18. Exemple de compozite tip "sandwich"[89].

Al doilea procedeu este cel mai uzual, care are însă dificultăți în obținerea grosimii uniforme a celor trei straturi și o lipire perfectă a acestora.

Pentru evitarea acestor dificultăți este necesar:

- centrarea perfectă a miezului în lingotieră;
- curățirea miezului și protejarea lui contra oxidării;
- respectarea temperaturii de încălzire a lingourilor pentru laminare.

Este obligatoriu, ca după laminarea în table, trebuie îndepărtate porțiunile cu grosimi neuniforme a straturilor și defectelor de sudare a acestora, pentru care este necesar un control riguros.

Variantele KAP 65D și KAP 85D realizate de către firma japoneză KAWASAKI STEEL CORPORATION. Materialul KAP 65D respectiv KAP 85D se execută din trei straturi: 2 straturi exterioare de uzură și un strat interior de bază (oțel moale).

După recomandările firmei japoneze, stratul de uzură poate avea grosimea mai mare de 25% din grosimea totală a materialului KAP, iar stratul de bază poate avea grosimea cuprinsă între 50...20% din grosimea totală a aceleiași mărci de material.

Diferența în grosime dintre stratul interior de bază și stratul exterior de uzură nu va depăși 15% din grosimea totală a materialului KAP.

De exemplu: în cazul unei comenzi pentru tablă executată din material marca KAP, plană, de 7 [mm] grosime, cele trei straturi se pot prezenta astfel:

- ❖ primul strat de uzură: $t_1 = 2,20$ [mm] (31%);
- ❖ stratul interior de bază: $t_2 = 2,84$ [mm] (40%);
- ❖ al doilea strat de uzură: $t_3 = 2,06$ [mm] (29%).

Diferența dintre stratul de bază și primul strat de uzură este de 9%; dintre stratul de bază și al doilea strat de uzură este de 11%; dintre straturile de uzură este de 2%.

În tabelele 4.13. și 4.14. se prezintă compoziția chimică, pentru fiecare strat în parte, a celor două materiale compozite stratificate realizate de către firma japoneză KAWASAKI[46][50][52].

Tabelul 4.13. Compoziția chimică a materialului, marca KAP 65D, realizat de firma japoneză KAWASAKI.

Stratul	Compoziția chimică						
	C,%	Si,%	Mn,%	P _{max} ,%	S _{max} ,%	Cr _{max} ,%	Ni _{max} ,%
A	0,60...0,70	0,15...0,35	0,30...0,90	0,035	0,035	0,25	0,25
B	0,15	0,30	0,25...0,50	0,035	0,035	0,057	0,057
C	0,60...0,70	0,15...0,35	0,30...0,90	0,035	0,035	0,25	0,25

Tabelul 4.14. Compoziția chimică a materialului, marca KAP 85D, realizat de firma japoneză KAWASAKI.

Stratul	Compoziția chimică						
	C,%	Si,%	Mn,%	P _{max} ,%	S _{max} ,%	Cr _{max} ,%	Ni _{max} ,%
A	0,80...0,90	0,15...0,35	0,30...0,90	0,30...0,90	0,035	0,25	0,25
B	0,15	0,30	0,25...0,50	0,035	0,035	0,057	0,057
C	0,80...0,90	0,15...0,35	0,35	0,30...0,90	0,035	0,25	0,25

Caracteristicile mecanice ale acestor două materiale compozite sunt prezentate în continuare:

Marca KAP 65D(g = 7 [mm]):

- ❖ duritate la livrare 20 HRC;
- ❖ rezistența la curgere pe direcție longitudinală 33,7 [Kgf/mm²];
- ❖ rezistența la curgere pe direcție transversală 33,5 [Kgf/mm²];
- ❖ rezistența la rupere la tracțiune pe direcție longitudinală 60,6 [Kgf/mm²];
- ❖ rezistența la rupere la tracțiune pe direcție transversală 58,1 [Kgf/mm²];
- ❖ alungirea specifică pe direcție longitudinală 25%(epruvetă cu lungimea l₀ = 50 [mm]);
- ❖ alungirea specifică pe direcție transversală 13%(epruvetă cu lungimea l₀ = 50 [mm]);

Marca KAP 85D(g = 7 [mm]):

- ❖ duritatea la livrare 28 HRC;
- ❖ rezistența la curgere pe direcție longitudinală 44 [Kgf/mm²];
- ❖ rezistența la curgere pe direcție transversală 45,7 [Kgf/mm²];
- ❖ rezistența la rupere la tracțiune pe direcție longitudinală 75,5 [Kgf/mm²];
- ❖ rezistența la rupere la tracțiune pe direcție transversală 75,5 [Kgf/mm²];

- ❖ alungirea specifică pe direcție longitudinală 21%(epruvetă cu lungimea $l_0 = 50$ [mm]);
- ❖ alungirea specifică pe direcție transversală 20%(epruvetă cu lungimea $l_0 = 50$ [mm]).

Tratamentul efectuat acestor materiale este următorul:

- ❖ călire - revenire;
- ❖ temperatura de regim 800 - 850°C;
- ❖ călire în apă sau în soluție concentrată 10%. În timpul călirii mediul de răcire se agită;
- ❖ revenire la 120 - 180°C max. 30 minute;
- ❖ duritatea tablei după tratamentul termic este de 66,5 HRC conform normelor japoneze.

Varianta firmelor din C.S.I., conform GOST 6765-75. Materialul realizat de către specialiștii din C.S.I. se execută din trei straturi: 2 straturi exterioare rezistente la uzură și un strat interior rezistent la șoc(oțel moale).

După recomandările specialiștilor din C.S.I., stratul de uzură poate avea grosimea cuprinsă între 15...40% din grosimea totală a materialului, iar stratul de bază poate avea grosimea cuprinsă între 70...20% din grosimea totală a materialului.

Diferența în grosime dintre stratul interior, de bază, și stratul exterior, de uzură, nu va depăși 15% din grosimea totală a materialului conform GOST 6765-75.

Diferența dintre stratul de bază și primul strat de uzură este de 7 - 9%, dintre stratul de bază și al doilea strat de uzură este de 9 - 11%. Diferența dintre straturile de uzură este de 1 - 2%.

În tabelul 4.15. se prezintă compoziția chimică, pentru fiecare strat în parte, a materialului compozit stratificat realizat de către specialiștii din C.S.I., conform GOST 6765 - 75[46][50][52].

Tabelul 4.15. Compoziția chimică a materialului realizat de firmele din C.S.I., conform GOST 6765 - 75.

Stratul	Compoziția chimică						
	C,%	Si,%	Mn,%	P _{max} ,%	S _{max} ,%	Cr _{max} ,%	Ni _{max} ,%
A	0,57...0,65	0,17...0,37	0,50...0,80	0,040	0,040	0,25	0,25
B	0,15	0,30	0,25...0,50	0,035	0,035	0,057	0,057
C	0,57...0,65	0,17...0,37	0,50...0,80	0,040	0,040	0,25	0,25

Caracteristicile mecanice ale acestui material compozit sunt prezentate în continuare:

- ❖ duritatea la livrare 229 HB;
- ❖ rezistența la curgere 41 [Kgf/mm²];
- ❖ rezistența la rupere la tracțiune 69 [Kgf/mm²];
- ❖ alungirea specifică 12% la epruvete scurte.

Tratamentul termic efectuat acestui material este identic cu cel efectuat la materialele compozite realizate de firma japoneză KAWASAKI. Duritatea, însă, la acest material este de 530...600 HB, conform GOST 6765-75.

Varianta firmei românești SIDEX S.A. Galați. Tablele realizate de către SIDEX Galați sunt table laminate la cald din oțel AG01, realizate prin metoda lingoului compus. Grosimea lor este de 7 [mm].

Lingoul compus se realizează dintr-un miez solid, din oțel marca OLC10, conform STAS 880-88(OL 37-2K, conform STAS 500/2 - 80 cu max. 0,15%C), fixat în interiorul unei lingotiere de tip RPP 15, iar mantaua se execută turnată prin sifon din oțel marca OSC 7, conform STAS 1700-86.

Miezul este realizat din OLC 10, prin turnare continuă în brame, care vor fi debitate la anumite dimensiuni. Bramele sunt polizate integral pentru îndepărtarea oxizilor, degresate și protejate cu amestecuri de protecție pentru prevenirea oxidării.

Pentru așezarea în lingotieră și manevrarea miezului, acestuia i se vor suda la bază două tălpi și la baza superioară o bridă.

Mantaua, realizată din oțel OSC 7, este turnată la sifon în lingotiera tip 15 RPP, în care a fost fixat în prealabil miezul.

Șlebul compus se realizează prin laminarea lingoului la anumite dimensiuni. Acesta se laminează în bandă la cald.

Duritatea straturilor exterioare va fi de max. 20 HRC.

În tabelul 4.16 se prezintă compoziția chimică, pentru fiecare strat în parte, a materialului compozit stratificat realizat de către SIDEX Galați[46][50][52].

Tabelul 4.16. compoziția chimică a materialului realizat de către firma românească SIDEX S.A. Galați.

Stratul	Compoziția chimică							Marca oțelului
	C,%	Si,%	Mn,%	P,%	S,%	Cr,%	Ni,%	
A	0,65...0,75	0,15...0,35	0,15...0,35	0,03	0,025	0,20	0,25	OSC7
B	0,07...0,75	-	0,35...0,65	max.0,040	0,020...0,045	-	-	OLC10
C	0,65...0,75	0,15...0,35	0,15...0,35	0,03	0,025	0,20	0,25	OSC7

Ultima foaie se laminează la lungimea de fabricație cuprinsă între 1500 și 5100 [mm].

Materialul compozit stratificat laminat AG01, realizat de către firma românească **SIDEX S.A. Galați**, are caracteristicile mecanice identice cu cele ale materialelor compozite stratificate realizate de către firmele vest - europene.

Dezavantajul acestui material este acela că, în timpul lucrului, în câmp, straturile au început să se exfolieze, ceea ce a condus la renunțarea specialiștilor de a mai utiliza la cormanele plugurilor mecanice.

4.4. Calculul de rezistență al materialelor compozite stratificate utilizate la construcția cormanelor.

4.4.1. Ipoteze generale.

Stratificatele se consideră plăci subțiri, de grosime constantă, ceea ce permite adoptarea unui model cu două dimensiuni[4].

Materialele compozite stratificate sunt constituite din mai multe straturi, perfect lipite unele de altele. Ipoteza asamblării perfecte a straturilor se interpretează fizic prin egalitatea deplasărilor punctelor situate de o parte și de alta a interfeței.

Fiecare strat are o comportare liniar elastică.

Deplasările și deformațiile sunt mici.

Fiecare strat se află într-o stare plană de tensiune.

Normalele la planul median(nedeformat) rămân normale pe suprafața mediană deformată(ipoteza Kirchhoff - Love).

4.4.2. Deformații și deplasări.

Deplasările sunt considerate continue pe grosimea stratificatului. Ipoteza Kirchhoff - Love este echivalentă cu condiția $\gamma_{xz} = \gamma_{yz} = 0$, axa o_1z păstrând perpendicularitatea pe suprafața mediană.

În figura 4.19. este reprezentat un element din stratificat, înainte și după deformație[4]. După deformație punctul B are poziția B', evidențiindu-se deplasările v_o după axa o_1x_2 și w_o după axa o_1z . Linia ABCD rămâne dreaptă în timpul deformării și normală la suprafața mediană. Un punct C de pe AD se deplasează în C' de pe A'D', într-o poziție care rezultă din deplasarea punctului B și ținând seama de ordonata sa z , prin relațiile:

$$\begin{aligned} u &= u_o - z \cdot \left(\frac{\partial w_o}{\partial x_1} \right) \\ v &= v_o - z \cdot \left(\frac{\partial w_o}{\partial x_2} \right) \\ w &\approx w_o \end{aligned} \quad (4.1.)$$

în care $\partial w_o / \partial x_1$ reprezintă panta suprafeței mediane față de axa o_1x_2 , iar u_o , v_o , w_o sunt deplasările punctului de pe suprafața mediană, situat pe aceeași normală (B).

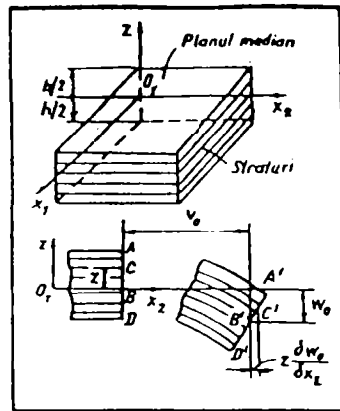


Figura 4.19. Prezentarea unui element din stratificat înainte și după deformare.

Deci, deplasările în planul $(o_1x_1x_2)$ sunt funcții liniare de z . Prin convenție, semnul minus din fața variabilei z din (4.1.) devine plus dacă suprafața mediană deformată este concavă către axa o_1z pozitivă.

Cunoașterea în orice punct al plăcii a celor trei deformații corespunzătoare stării plane, în ipoteza micilor deformații, impune introducerea următoarelor expresii:

$$\begin{aligned}\varepsilon_1 &= \frac{\partial u}{\partial x_1} \\ \varepsilon_2 &= \frac{\partial v}{\partial x_2} \\ \gamma_{12} &= \frac{\partial u}{\partial x_2} + \frac{\partial v}{\partial x_1}\end{aligned}\quad (4.2.)$$

în funcție de deplasările (4.1.), obținându-se:

$$\begin{aligned}\varepsilon_1 &= \frac{\partial u_o}{\partial x_1} - z \cdot \frac{\partial w_o^2}{\partial x_1^2} = \varepsilon_1^o - z \cdot k_1 \\ \varepsilon_2 &= \frac{\partial v_o}{\partial x_2} - z \cdot \frac{\partial w_o^2}{\partial x_2^2} = \varepsilon_2^o - z \cdot k_2 \\ \gamma_{12} &= \frac{\partial u_o}{\partial x_2} + \frac{\partial v_o}{\partial x_1} - 2 \cdot z \cdot \frac{\partial^2 w_o}{\partial x_1 \cdot \partial x_2} = \gamma_{12}^o - z \cdot k_{12}\end{aligned}\quad (4.3.)$$

Matricial, relațiile (4.3.) devin:

$$\begin{Bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \gamma_{12} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \varepsilon_1^o \\ \varepsilon_2^o \\ \gamma_{12}^o \end{Bmatrix} + z \cdot \begin{Bmatrix} k_1 \\ k_2 \\ k_{12} \end{Bmatrix}\quad (4.4.)$$

unde:

$$\begin{Bmatrix} \varepsilon_1^o \\ \varepsilon_2^o \\ \gamma_{12} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \frac{\partial u_o}{\partial x_1} \\ \frac{\partial v_o}{\partial x_2} \\ \frac{\partial u_o}{\partial x_2} + \frac{\partial v_o}{\partial x_1} \end{Bmatrix} = \{\varepsilon^o\} \quad (4.5.)$$

reprezintă deformațiile suprafeței mediane, iar

$$\begin{Bmatrix} k_1 \\ k_2 \\ k_3 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \frac{\partial^2 w_o}{\partial x_1^2} \\ \frac{\partial^2 v_o}{\partial x_2^2} \\ \frac{2 \cdot \partial^2 w_o}{\partial x_1 \cdot \partial x_2} \end{Bmatrix} = \{k\} \quad (4.6.)$$

reprezintă curburile suprafeței mediane. Cunoașterea deformațiilor și curburilor suprafeței mediane într-un punct al stratificatului, conduce la aflarea stării de deformație al oricărui alt punct situat pe normala la suprafața mediană în punctul dat, conform relației matriciale:

$$\{\varepsilon(z)\} = \{\varepsilon^o\} + z \cdot \{k\} \quad (4.7.)$$

Deformațiile variază linear pe direcția grosimii stratificatului, dar cum acesta este format din straturi având, în general, caracteristici elastice diferite, rezultă că tensiunile vor avea discontinuități, la limitele de separare a straturilor, pe grosimea cărora au variații liniare(figura 4.20.).

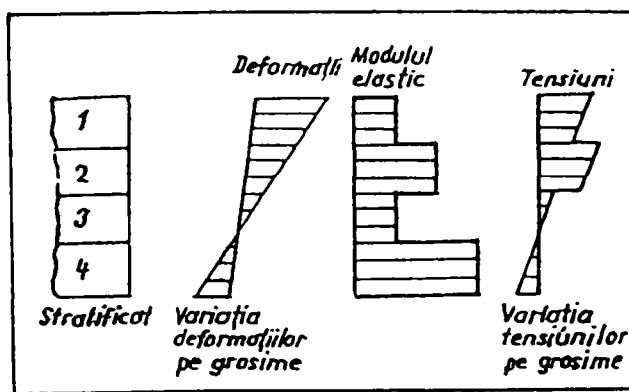


Figura 4.20. Variația deformațiilor și tensiunilor pe grosime[4].

Cunoscând caracteristicile elastice ale straturilor, se înlocuiesc expresiile deformațiilor din (4.5.) în ecuația constitutivă:

$$\begin{Bmatrix} \sigma_1 \\ \sigma_2 \\ \tau_{12} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} \bar{Q}_{11} & \bar{Q}_{12} & \bar{Q}_{16} \\ \bar{Q}_{12} & \bar{Q}_{22} & \bar{Q}_{26} \\ \bar{Q}_{16} & \bar{Q}_{26} & \bar{Q}_{66} \end{bmatrix} \times \begin{Bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \gamma_{12} \end{Bmatrix} \quad (4.8.)$$

unde:

$$[Q] = \begin{bmatrix} \bar{Q}_{11} & \bar{Q}_{12} & \bar{Q}_{16} \\ \bar{Q}_{12} & \bar{Q}_{22} & \bar{Q}_{26} \\ \bar{Q}_{16} & \bar{Q}_{26} & \bar{Q}_{66} \end{bmatrix} \quad (4.9.)$$

este matricea de rigiditate, care este simetrică, $Q_{ij} = Q_{ji}, i \neq j$, caracterizând rigiditatea materialului stratului i pentru starea plană de tensiune, și se obține:

$$\begin{Bmatrix} \sigma_1 \\ \sigma_2 \\ \tau_{12} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} \bar{Q}_{11} & \bar{Q}_{12} & \bar{Q}_{16} \\ \bar{Q}_{12} & \bar{Q}_{22} & \bar{Q}_{26} \\ \bar{Q}_{16} & \bar{Q}_{26} & \bar{Q}_{66} \end{bmatrix} \cdot \left(\begin{Bmatrix} \varepsilon_1^o \\ \varepsilon_2^o \\ \gamma_{12}^o \end{Bmatrix} + z \cdot \begin{Bmatrix} k_1 \\ k_2 \\ k_{12} \end{Bmatrix} \right) \quad (4.10.)$$

unde $\sigma_1, \sigma_2, \tau_{12}$ sunt tensiunile în stratul i , $[\bar{Q}]^i$ este matricea rigidităților reduse transformate pentru stratul i , în sistemul (x_1, x_2) al stratificatului, iar z cota stratului i ales, pornind de la suprafața mediană(figura 4.21.).

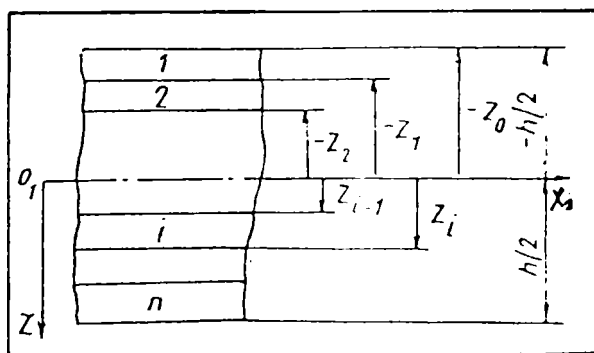


Figura 4.21. Reprezentarea cotelor z a straturilor $n[4]$.

4.4.3. Tensiuni.

În alcătuirea modelului bidimensional pentru analiza comportării plăcilor stratificate subțiri, deoarece componentele tensiunii pot prezenta discontinuități pe grosimea stratificatului, acestea se înlocuiesc printr-un sistem de forțe și momente rezultante echivalente lor, care acționează asupra planului median. Forțele și momentele rezultante se obțin prin integrarea, pe grosimea stratificatului, a tensiunilor și momentelor forțelor datorate tensiunilor din fiecare strat.

Tensiunile de membrană $[N_1, N_2, N_{12}]$. N_1 este forța normală exercitată pe toată grosimea stratificatului în direcția x_1 , situate în planul median,

$$N_1 = \sum_{i=1}^n \int_{z_{i-1}}^{z_i} \sigma_1^i \cdot dz \quad (4.11.)$$

unde: n este numărul de straturi;

i - numărul stratului de grosime $|z_i - z_{i-1}|$;

z - cota măsurată de la planul median;

σ_1^i - tensiunea pe direcția de armare, în stratul i (figura 4.22.).

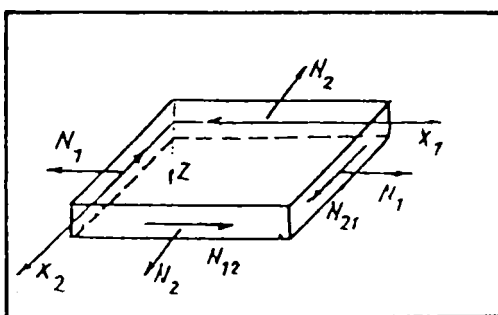


Figura 4.22. Reprezentarea direcțiilor tensiunilor N_1, N_2, N_{12} ce acționează asupra straturilor i [4].

Tensiunile N_2 și N_{12} se definesc și se calculează similar, direcțiile lor fiind reprezentate în figura 4.23.

$$N_2 = \sum_{i=1}^n \int_{z_{i-1}}^{z_i} \sigma_2^i \cdot dz; N_{12} = \sum_{i=1}^n \int_{z_{i-1}}^{z_i} \tau_{12}^i \cdot dz \quad (4.12.)$$

Forțele rezultante se măsoară în unități de forță/lungime, deoarece elementul la care se referă are laturi egale cu unitatea. Convenția de semn este identică cu cea definită pentru tensiunile $\sigma_1, \sigma_2, \tau_{12}$. În figura 4.25. eforturile de membrană au sensuri pozitive.

Momente rezultante $[M_1, M_2, M_{12}]$. M_1 și M_2 sunt momentele rezultante, pe unitatea de lungime, ale tensiunilor normale care se exercită în fiecare strat, iar momentul M_{12} este momentul rezultat, pe unitatea de lungime, a tensiunilor tangențiale. Momentele M_1, M_2, M_{12} sunt static echivalente cu momentele produse în raport cu planul median de tensiunile din straturi:

$$M_1 = \sum_{i=1}^n \int_{z_{i-1}}^{\bar{z}_i} \sigma_1^i \cdot z \cdot dz$$

$$M_2 = \sum_{i=1}^n \int_{z_{i-1}}^{\bar{z}_i} \sigma_2^i \cdot z \cdot dz$$

(4.13.)

$$M_{12} = \sum_{i=1}^n \int_{z_{i-1}}^{\bar{z}_i} \tau_{12}^i \cdot z \cdot dz$$

, exprimându-se, obișnuit, în [Nm].

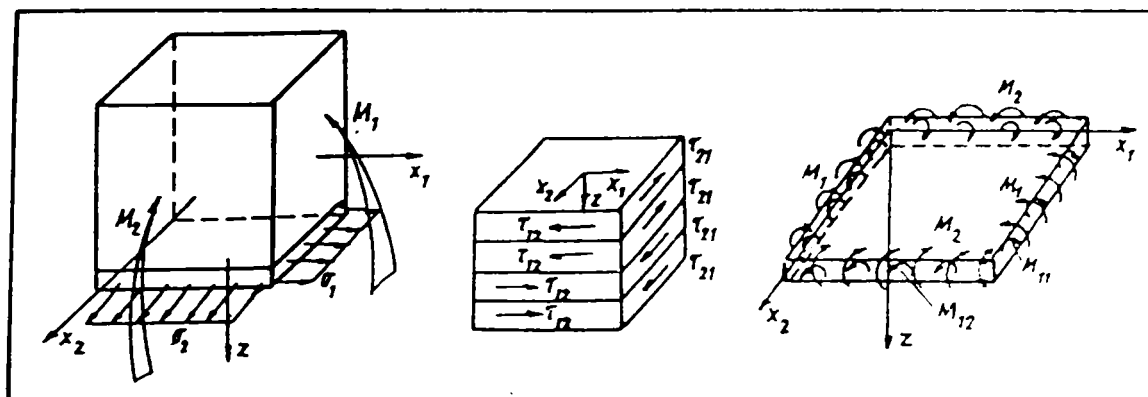


Figura 4.23. Reprezentarea sensurilor momentelor și a variației tensiunilor tangențiale pe grosimea stratificatului[4].

În figura 4.23., a, sunt reprezentate sensurile pozitive ale momentelor M_1 și M_2 , care se consideră pozitive dacă produc întindere în punctele situate la cote z pozitive.

Datorită variației tensiunilor tangențiale pe grosimea stratificatului (figura 4.23., b) se produce momentul M_{12} , pozitiv, dacă deformațiile de forfecare corespunzătoare sunt pozitive în straturile situate la cote z pozitive. În figura 4.23., c, momentele M_1 , M_2 , M_{12} au sensuri pozitive.

CAPITOLUL 5

UTILIZAREA METODELOR NUMERICE ÎN VEDEREA MODELĂRII STĂRIILOR DE TENSIUNE ȘI DEFORMAȚII ÎN CAZUL TRUPIȚELOR CU CORMANE LAMELARE

5.1. Consideratii generale privind utilizarea Metodei Elementului Finit(M.E.F.) în calculul stării de tensiune și deformatie din structurile de rezistență.

Primele formulări ale metodei elementelor finite au fost date de: M.J.Turner, R.W.Clough, H.C.Martin și L.C.Topp în anul 1956.

Această metodă s-a aplicat mai întâi în domeniul structurilor aeronautice, din nevoia efectuării unor calcule de rezistență cât mai precise, folosind calculatoarele electronice.

Tehnica elementelor finite s-a extins și în alte domenii cum ar fi: mecanica construcțiilor, electrotehnică, **mecanica agricolă**, construcții navale, termotehnică, etc.

Metoda elementelor finite ca și metodă matricială de analiză a structurilor, constă în aceea că o structură reală poate fi analizată printr-un model matematic ca fiind alcătuită dintr-un ansamblu de componente structurale denumite elemente[101].

În metoda elementelor finite un corp continuu poate fi discretizat într-un număr finit de elemente având un număr finit de noduri și care sunt legate între ele prin linii nodale sau plane nodale[101][107].

Rezultantele forțelor care acționează pe un element se iau în considerare sub forma unor forțe concentrate aplicate în nodurile acestuia. Utilizând metodele mecanicii mediilor continue sau metodele teoriei elasticității, se stabilesc condițiile de rigiditate care trebuie să fie satisfăcute de fiecare element.

Condițiile de echilibru și compatibilitate pentru fiecare nod încărcat, conduc la un sistem algebric de ecuații în care necunoscute pot fi deplasările nodurilor, forțele interioare(eforturile) sau ambele în funcție de metoda utilizată.

Pe lângă condițiile de echilibru și compatibilitate ale nodurilor, specifice analizei convenționale a structurilor, compatibilitatea trebuie să fie satisfăcută și în lungul conturului dintre elemente. Din această cauză rigiditatea unui element în cadrul acestei metode se determină aproximativ.

Trebuie remarcat că în cadrul metodei elementelor finite această aproximare care se face este de natură fizică, un sistem structural substituie un sistem continuu real. Matematic nu se face nici o aproximație față de structura reală[101].

Utilizarea unor elemente bidimensionale sau tridimensionale fac ca metoda elementelor finite să nu afecteze continuitatea structurii.

Un alt avantaj al metodei elementelor finite constă în aceea că proprietățile de material din structura reală se reproduc integral în elementele acestuia. Această particularitate specifică elementelor finite a făcut ca această metodă să aibă o largă aplicabilitate în special la structurile din materiale compozite.

5.2. Bazele teoretice ale Metodei Elementelor Finite aplicate la cormana de tip lamelar.

Se consideră lamela numărul 1 a cormanei lamelare Lemken, de tip placă ubțire, de grosime 10 [mm], pe care o discretizăm folosind elemente triunghiulare (figura 5.1.). Legătura dintre elemente se face nu numai prin noduri dar și prin liniile e contur. Necunoscutele sunt în acest caz deplasările nodale.

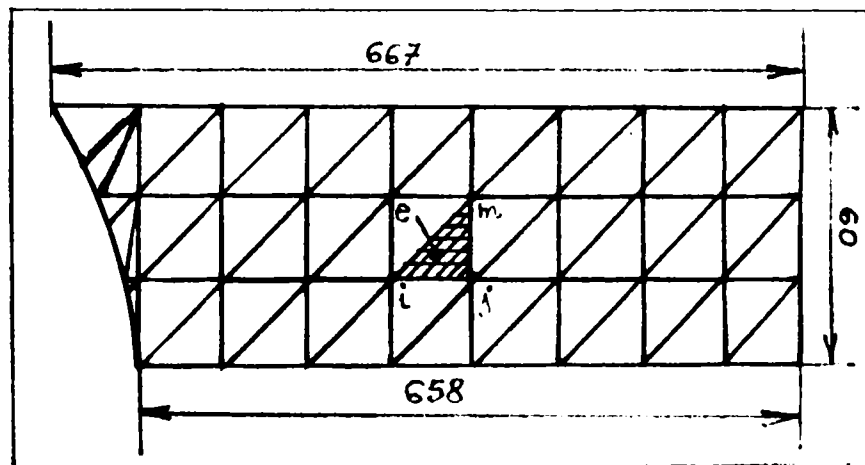


Figura 5.1. Discretizarea lamelei numărul 1 al cormanei lamelare Lemken.

Inițial se vor trece în revistă câteva noțiuni de teoria elasticității ce intervin în problemele plane de analiză cu elemente finite.

Se consideră un element triunghiular „e” izolat din lamela cormanei Lemken reprezentată mai sus (figura 5.2.). Deplasările nodurilor i, j și m care reprezintă de fapt necunoscutele problemei se exprimă sub forma unui vector coloană denumit **vectorul deplasărilor nodale ale elementului „e”**.

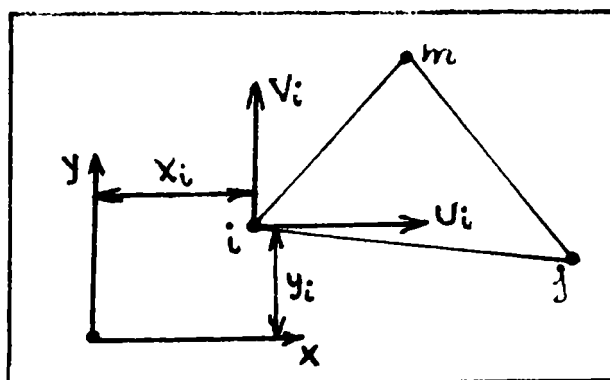


Figura 5.2. Elementul triunghiular „e” studiat.

Deplasările nodurilor se scriu sub forma unei matrici denumită **matricea deplasărilor nodale ale elementului „e”**:

$$\{u\}_e = \begin{Bmatrix} u_i \\ v_i \\ u_j \\ v_j \\ u_m \\ v_m \end{Bmatrix} \quad (5.1.)$$

unde: u_i este deplasarea după axa x a nodului „i”;

v_i - deplasarea după axa y a nodului i .

Deplasările unui punct din interiorul elementului se iau în considerare prin așa numita **funcție a deplasărilor**. Funcția deplasărilor unui punct din interiorul elementului „e” se notează cu $\{f\}_e$ și este definită prin:

$$\{f\}_e = \begin{Bmatrix} u(x, y) \\ v(x, y) \end{Bmatrix} \quad (5.2.)$$

și care mai poate fi scrisă sub forma:

$$\{f\}_e = [N] \cdot \{u\}_e \quad (5.3.)$$

unde: u, v reprezintă deplasările pe direcțiile axelor de coordonate x și y ;

$[N]$ - matricea funcțiilor de formă care se determină pentru fiecare element în parte;

$\{u\}_e$ - vectorul deplasărilor nodale ale elementului finit.

În problema pe care trebuie să o rezolvăm este necesar ca funcția de deplasare $\{f\}_e$ să fie astfel aleasă încât câmpul de deplasări să reprezinte cât mai exact situația reală. Soluția aleasă tinde spre soluția exactă cu cât numărul de elemente este mai mare(sau elementele sunt mai mici).

Relația de legătură dintre deformațiile specifice și deplasările nodale este:

$$\{\varepsilon\}_e = [B] \cdot \{u\}_e \quad (5.4.)$$

sau scrisă explicitând matricea $[B]$ de transformare a deplasărilor în deformații specifice:

$$\{\varepsilon\}_e = \begin{Bmatrix} \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \gamma_{xy} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \frac{\partial u}{\partial x} \\ \frac{\partial v}{\partial y} \\ \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \end{Bmatrix} \quad (5.5.)$$

Legătura între tensiuni și deformații specifice este dată de legea lui Hooke generalizată, care se exprimă matriceal pentru corpuri liniar elastice și izotrope astfel:

$$\{\sigma\}_e = [D] \cdot \{\varepsilon\}_e \quad (5.6.)$$

unde: $[D]$ reprezintă matricea de elasticitate care conține în general proprietățile materialului;

$\{\sigma\}_e$ - vectorul tensiunilor elementului „e”;

$\{\varepsilon\}_e$ - vectorul deformațiilor specifice elementului „e”.

Explicitând matricea $[D]$ relația (5.6.) se poate scrie:

$$\{\sigma\}_e = \begin{Bmatrix} \sigma_x \\ \sigma_y \\ \tau_{xy} \end{Bmatrix}_e = \frac{E}{1-\nu^2} \begin{bmatrix} 1 & \nu & 0 \\ \nu & 1 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1-\nu}{2} \end{bmatrix} \cdot \begin{Bmatrix} \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \gamma_{xy} \end{Bmatrix}_e \quad (5.7.)$$

unde: E reprezintă modulul de elasticitate longitudinal;

ν - coeficientul lui Poisson.

5.3. Principiul Metodei Elementului Finit.

Formularea **Metodei Elementului Finit** are la bază **Principiul lucrului mecanic virtual**. Acest principiu se enunță astfel: „*pentru orice structură elastică aflată în echilibru sub acțiunea unui sistem de sarcini date, lucrul mecanic virtual al acestor sarcini este egal cu energia de deformație virtuală cu condiția ca deplasările virtuale să fie compatibile cu legăturile solidului elastic*” [101][107].

Deci:

$$\delta W = \delta L \quad (5.8.)$$

Energia de deformație virtuală δW poate fi scrisă sub forma:

$$\delta W = \sum_1^n \int_V (\sigma_x \delta \varepsilon_x + \sigma_y \delta \varepsilon_y + \sigma_z \delta \varepsilon_z + \tau_{xy} \delta \gamma_{xy} + \tau_{yz} \delta \gamma_{yz} + \tau_{xz} \delta \gamma_{xz}) dV$$

sau matricial:

$$\delta W = \sum_1^n \int_V \{\delta \varepsilon\}_e^T \cdot \{\sigma\}_e \cdot dV \quad (5.9.)$$

respectiv lucrul mecanic virtual:

$$\delta L = \sum_1^n \int_V (\gamma_x \delta u + \gamma_y \delta v + \gamma_z \delta w) dV + \sum_1^n \int_A (p_x \delta u + p_y \delta v + p_z \delta w) dA$$

Având în vedere ecuația (5.3.) lucrul mecanic virtual sub forma matricială

$$\delta L = \sum_{1 \text{ } V}^n \int \{\delta f\}_e^T \cdot \{\gamma\}_e \cdot dV + \sum_{1 \text{ } A}^n \int \{\delta f\}_e^T \cdot \{p\}_e \cdot dA \quad (5.10.)$$

Aplicând ecuația (5.8.) rezultă:

$$\sum_{1 \text{ } V}^n \int \{\delta \varepsilon\}_e^T \cdot \{\sigma\}_e \cdot dV = \sum_{1 \text{ } V}^n \int \{\delta f\}_e^T \cdot \{\gamma\}_e \cdot dV + \sum_{1 \text{ } A}^n \int \{\delta f\}_e^T \cdot \{p\}_e \cdot dA \quad (5.11.)$$

unde: $\gamma_x, \gamma_y, \gamma_z$ sunt forțe distribuite pe unitatea de volum a lamei cormanei;

p_x, p_y, p_z - forțe distribuite pe suprafața lamei cormanei;

n - numărul de intervale pe care se discretizează structura lamei.

Introducând în ecuația (5.11.) expresiile lui $\{\delta \varepsilon\}$, $\{\delta f\}$ și $\{\sigma\}$:

$$\begin{aligned} \{\delta \varepsilon\}_e &= [B] \cdot \{\delta u\}_e \Rightarrow \{\delta \varepsilon\}_e^T = \{\delta u\}_e^T \cdot [B]^T \\ \{\delta f\}_e &= [N] \cdot \{\delta u\}_e \Rightarrow \{\delta f\}_e^T = \{\delta u\}_e^T \cdot [N]^T \end{aligned}$$

obținem:

$$\sum_{1 \text{ } V}^n \int \{\delta u\}_e^T \cdot [B]^T \cdot [D] \cdot (\{\varepsilon\} - \{\varepsilon_o\})_e \cdot dV = \quad (5.12.)$$

$$\sum_{1 \text{ } V}^n \int \{\delta u\}_e^T \cdot [N]^T \cdot \{\gamma\}_e \cdot dV + \sum_{1 \text{ } A}^n \int \{\delta u\}_e^T \cdot [N]^T \cdot \{p\}_e \cdot dA$$

Înlocuind matricea $\{\varepsilon\}_e$ dată de ecuația (5.4.) și trecând termenii din partea dreaptă în partea stângă obținem:

$$\sum_{1 \text{ } V}^n \int \{\delta u\}_e^T [B]^T [D][B] \{u\}_e \cdot dV - \sum_{1 \text{ } V}^n \int \{\delta u\}_e^T [B]^T [D] \{\varepsilon_o\}_e \cdot dV - \quad (5.13.)$$

$$- \sum_{1 \text{ } V}^n \int \{\delta u\}_e^T [N]^T \{\gamma\}_e \cdot dV - \sum_{1 \text{ } A}^n \int \{\delta u\}_e^T [N]^T \{p\}_e \cdot dA = 0$$

În continuare facem următoarele notații:

$$[K]_e = \int_V [B]^T [D][B] dV \quad (5.14.)$$

și

$$\{Q\}_e = \int_V [B]^T [D] \{\varepsilon_o\}_e \cdot dV + \int_V [N]^T \{\gamma\}_e \cdot dV + \int_A [N]^T \{p\}_e \cdot dA \quad (5.15.)$$

unde: $[K]_e$ este matricea de rigiditate a elementului „e”;

$\{Q\}_e$ - matricea forțelor nodale ale elementului „e”.

În aceste condiții ecuația (5.13.) devine:

$$\sum_1^n \{\delta u\}_e^T ([K]_e \{u\}_e - \{Q\}_e) = 0 \quad (5.16.)$$

În ecuația de mai sus s-a avut în vedere că $\{u\}_e$ nu depinde de coordonatele x, y și z .

Dar $\{\delta u\}_e^T \neq 0 \Rightarrow$ din relația (5.16.) \Rightarrow

$$[K]_e \{u\}_e - \{Q\}_e = 0$$

sau

$$[K]_e \{u\}_e = \{Q\}_e \quad (5.17.)$$

Ecuația (5.17.) reprezintă ecuația fundamentală a metodei elementului finit scrisă pentru un element oarecare „e” al structurii lamelei cormanei.

Ecuația (5.16.) pentru întreaga lamelă a cormanei capătă forma:

$$\{\delta u\}^T ([K]\{u\} - \{Q\}) = 0 \quad (5.18.)$$

Dar $\{\delta u\}^T \neq 0 \Rightarrow$ din ecuația (5.18.) \Rightarrow

$$[K]\{u\} = \{Q\} \quad (5.19.)$$

unde

$$[K] = \sum_1^n [K]_e \quad (5.20.)$$

$$\{Q\} = \sum_1^n \{Q\}_e$$

unde: $[K]$ este matricea de rigiditate a structurii lamelei;

$\{u\}$ - matricea deplasărilor nodale ale structurii lamelei;

$\{Q\}$ - matricea forțelor nodale echivalente.

Ecuația (5.19.) reprezintă ecuația fundamentală a metodei elementelor finite scrisă pentru întreaga structură a lamelei.

Matricile $[K]$ și $\{Q\}$ se obțin prin suprapunerea matricilor $[K]_e$ și $\{Q\}_e$ determinate pentru fiecare element al structurii lamelei. În literatura de specialitate această operație este cunoscută și sub numele de „**asamblarea structurii**”.

Metoda Elementului Finit se poate aplica la toate lamelele cormanei, la pieptul cormanei cât și la brăzdarul trupiței.

5.4. Aplicarea elementului finit triunghiular, la studiul stării de deformare și tensiune

Elementul finit triunghiular este unul din elementele frecvent folosite la analiza stării plane de tensiune și deformare, deoarece permite o discretizare mai rațională a suprafețelor cu contur neregulat. Problema care se pune constă în determinarea matricii de rigiditate $[K]_e$ a elementului triunghiular și matricea forțelor nodale $\{Q\}_e$ atunci când asupra elementului acționează sarcini distribuite.

Considerăm un element finit triunghiular(figura 5.3.), aparținând lamelei nr. 1 al cormanei lamelare "LEMKEN", ale cărui noduri au fost numerotate în sens trigonometric sau în sens antiorar.

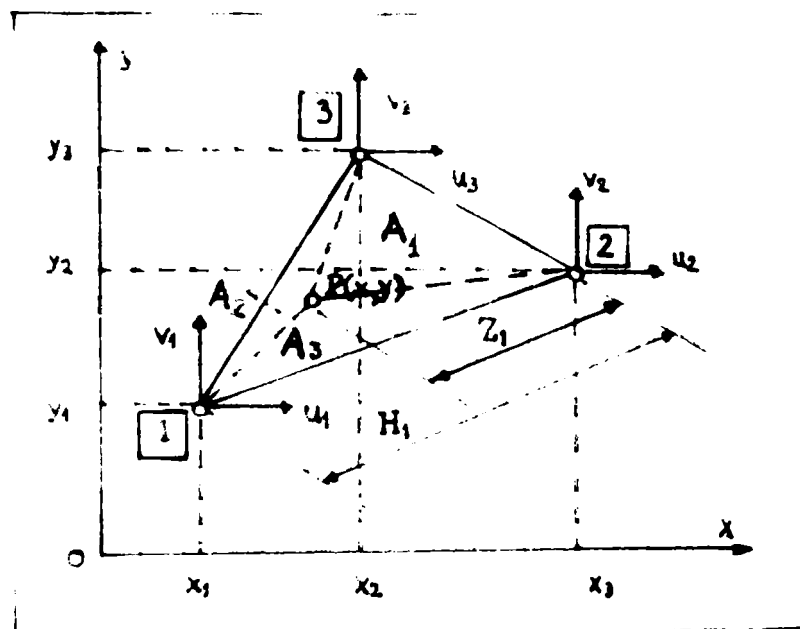


Figura 5.3. Element finit triunghiular aparținând lamelei nr. 1.

Fie $P(x, y)$ un punct din interiorul acestui element care unit cu vârfurile triunghiului determină alte 3 triunghiuri având ariile A_1 , A_2 și A_3 .

Rapoartele dintre ariile acestor triunghiuri și aria elementului triunghiular ne determină **coordonatele arie** ale punctului $P(x, y)$:

$$L_1 = \frac{A_1}{A}; L_2 = \frac{A_2}{A}; L_3 = \frac{A_3}{A} \quad (5.21.)$$

unde:

$$L_1 + L_2 + L_3 = 1 \quad (5.22.)$$

Conform relației (5.22.), două din rapoartele (5.21.) sunt suficiente pentru a defini poziția punctului în plan și reprezintă noile coordonate ale sale.

Coordonatele triangulare astfel definite reprezintă distanțele adimensionale de la punctul P la laturile elementului:

$$L_i = \frac{Z_i}{H_i} \quad (5.23.)$$

Noile coordonate ale vârfurilor sunt:

- nodul 1: (1,0,0)
 - nodul 2: (0,1,0)
 - nodul 3: (0,0,1)
- (5.24.)

Ecuatiile laturilor triunghiului sunt:

- latura 1-2: $L_3 = 0$
 - latura 2-3: $L_1 = 0$
 - latura 3-1: $L_2 = 0$
- (5.25.)

Relațiile care leagă coordonatele triangulare de coordonatele carteziane sunt de forma:

$$\begin{Bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1 & x_2 & x_3 \\ y_1 & y_2 & y_3 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} L_1 \\ L_2 \\ L_3 \end{Bmatrix} \quad (5.26.)$$

Aria elementului triunghiular în funcție de coordonatele vârfurilor sale în raport cu un sistem de axe de referință ales se exprimă prin determinantul:

$$2A = \begin{vmatrix} 1 & x_1 & y_1 \\ 1 & x_2 & y_2 \\ 1 & x_3 & y_3 \end{vmatrix} \quad (5.27.)$$

Aplicând relația de mai sus pentru ariile A_1 , A_2 și A_3 obținem:

$$\begin{aligned} 2A_1 &= \begin{vmatrix} 1 & x & y \\ 1 & x_2 & y_2 \\ 1 & x_3 & y_3 \end{vmatrix} \\ 2A_2 &= \begin{vmatrix} 1 & x & y \\ 1 & x_3 & y_3 \\ 1 & x_1 & y_1 \end{vmatrix} \\ 2A_3 &= \begin{vmatrix} 1 & x & y \\ 1 & x_1 & y_1 \\ 1 & x_2 & y_2 \end{vmatrix} \end{aligned} \quad (5.28.)$$

Rezolvând acești determinanți obținem:

$$\begin{aligned} 2A_1 &= d_{23} + x \cdot b_1 + y \cdot a_1 \\ 2A_2 &= d_{31} + x \cdot b_2 + y \cdot a_2 \\ 2A_3 &= d_{12} + x \cdot b_3 + y \cdot a_3 \end{aligned} \quad (5.29.)$$

în care:

$$\begin{aligned} a_1 &= x_3 - x_2; a_2 = x_1 - x_3; a_3 = x_2 - x_1; \\ b_1 &= y_2 - y_3; b_2 = y_3 - y_1; b_3 = y_1 - y_2; \\ d_{23} &= x_2 \cdot y_3 - x_3 \cdot y_2; \\ d_{31} &= x_3 \cdot y_1 - y_3 \cdot x_1; \\ d_{12} &= x_1 \cdot y_2 - y_1 \cdot x_2. \end{aligned} \quad (5.30.)$$

În aceste condiții coordonatele arie L_1 , L_2 și L_3 capătă forma generală:

$$\begin{aligned}
 L_1 &= \frac{d_{23} + b_1 \cdot x + a_1 \cdot y}{2 \cdot A} \\
 L_2 &= \frac{d_{13} + b_2 \cdot x + a_2 \cdot y}{2 \cdot A} \\
 L_3 &= \frac{d_{12} + b_3 \cdot x + a_3 \cdot y}{2 \cdot A}
 \end{aligned}
 \tag{5.31.}$$

sau sub forma matricială:

$$\begin{Bmatrix} L_1 \\ L_2 \\ L_3 \end{Bmatrix} = \frac{1}{2 \cdot A} \cdot \begin{bmatrix} d_{23} & b_1 & a_1 \\ d_{31} & b_2 & a_2 \\ d_{12} & b_3 & a_3 \end{bmatrix} \cdot \begin{Bmatrix} 1 \\ x \\ y \end{Bmatrix}
 \tag{5.32.}$$

În condițiile din figura anterioară matricea deplasărilor nodale a elementului e devine:

$$\{u\}_e = \begin{Bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \\ v_1 \\ v_2 \\ v_3 \end{Bmatrix}
 \tag{5.33.}$$

Funcția deplasare a unui punct din interiorul elementului sub formă matricială este definită prin:

$$\{f\}_e = \begin{Bmatrix} u_{(x,y)} \\ v_{(x,y)} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} u_1 & u_2 & u_3 \\ v_1 & v_2 & v_3 \end{bmatrix} \cdot \begin{Bmatrix} L_1 \\ L_2 \\ L_3 \end{Bmatrix} = [N] \cdot \{u\}_e
 \tag{5.34.}$$

Din ecuația de mai sus rezultă:

$$[N] = \begin{bmatrix} L_1 & L_2 & L_3 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & L_1 & L_2 & L_3 \end{bmatrix}
 \tag{5.35.}$$

Câmpul de deplasări mai poate fi scris sub forma:

$$\{f\}_e = \begin{Bmatrix} u_{(x,y)} \\ v_{(x,y)} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} u_1 \cdot L_1 + u_2 \cdot L_2 + u_3 \cdot L_3 \\ v_1 \cdot L_1 + v_2 \cdot L_2 + v_3 \cdot L_3 \end{Bmatrix}
 \tag{5.36.}$$

Dacă în ecuația de mai sus înlocuim pe L_1 , L_2 și L_3 cu valorile stabilite anterior obținem forma generală pentru funcția de deplasare:

$$\{f\}_e = \begin{Bmatrix} u_{(x,y)} \\ v_{(x,y)} \end{Bmatrix} = \frac{1}{2A} \begin{Bmatrix} u_1(d_{23} + b_1x + a_1y) + u_2(d_{31} + b_2x + a_2y) + u_3(d_{12} + b_3x + a_3y) \\ v_1(d_{23} + b_1x + a_1y) + v_2(d_{31} + b_2x + a_2y) + v_3(d_{12} + b_3x + a_3y) \end{Bmatrix} \quad (5.37.)$$

Cunoscând funcția deplasare a unui punct din interiorul elementului putem calcula deformațiile specifice:

$$\{\varepsilon\}_e = \begin{Bmatrix} \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \varepsilon_z \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \frac{\partial u(x,y)}{\partial x} \\ \frac{\partial v(x,y)}{\partial y} \\ \frac{\partial u(x,y)}{\partial y} + \frac{\partial v(x,y)}{\partial x} \end{Bmatrix} \quad (5.38.)$$

Ținând cont de relația (5.37.), relația (5.38.) devine:

$$\{\varepsilon\}_e = \begin{Bmatrix} \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \varepsilon_z \end{Bmatrix} = \frac{1}{2A} \begin{Bmatrix} b_1u_1 + b_2u_2 + b_3u_3 \\ a_1v_1 + a_2v_2 + a_3v_3 \\ a_1u_1 + a_2u_2 + a_3u_3 + v_1b_1 + v_2b_2 + v_3b_3 \end{Bmatrix} \quad (5.39.)$$

sau

$$\{\varepsilon\}_e = \begin{Bmatrix} \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \varepsilon_z \end{Bmatrix} = \frac{1}{2A} \begin{bmatrix} b_1 & b_2 & b_3 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & a_1 & a_2 & a_3 \\ a_1 & a_2 & a_3 & b_1 & b_2 & b_3 \end{bmatrix} \cdot \begin{Bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \\ v_1 \\ v_2 \\ v_3 \end{Bmatrix} \quad (5.40.)$$

Știind că matricea:

$$\{\varepsilon\}_e = [B] \cdot \{u\}_e \Rightarrow [B] = \frac{1}{2 \times A} \cdot \begin{bmatrix} b_1 & b_2 & b_3 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & a_1 & a_2 & a_3 \\ a_1 & a_2 & a_3 & b_1 & b_2 & b_3 \end{bmatrix} \cdot \begin{Bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \\ v_1 \\ v_2 \\ v_3 \end{Bmatrix} \quad (5.41.)$$

Având cunoscute matricile [D] și [B] putem calcula matricea de rigiditate a elementului aplicând ecuația stabilită anterior:

$$[K]_e = [B]^T \cdot [D] \cdot [B] \cdot t \cdot A \quad (5.42.)$$

unde t este grosimea elementului care a fost presupusă constantă.

Matricile [B]^T și [D] se pot scrie astfel:

$$[B]^T = \frac{1}{2 \cdot A} \cdot \begin{bmatrix} b_1 & 0 & a_1 \\ b_2 & 0 & a_2 \\ b_3 & 0 & a_3 \\ 0 & a_1 & b_1 \\ 0 & a_2 & b_2 \\ 0 & a_3 & b_3 \end{bmatrix}; \quad (5.43.)$$

$$[D] = \frac{1}{1-\nu^2} \cdot \begin{bmatrix} 1 & \nu & 0 \\ \nu & 1 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1-\nu}{2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} D_{11} & D_{12} & D_{13} \\ D_{21} & D_{22} & D_{23} \\ D_{31} & D_{32} & D_{33} \end{bmatrix}$$

Pentru calculul lui $[K]_e$ introducem notația:

$$[D^*] = \frac{t \cdot D}{4 \cdot A} = \begin{bmatrix} D_{11}^* & D_{12}^* & D_{13}^* \\ D_{21}^* & D_{22}^* & D_{23}^* \\ D_{31}^* & D_{32}^* & D_{33}^* \end{bmatrix} \quad (5.44.)$$

unde $[D]$ este matricea de elasticitate pentru starea plană de tensiune definită prin ecuația 5.7.

În aceste condiții matricea de rigiditate a elementului este:

$$[K]_e = \begin{bmatrix} b_1 & 0 & a_1 \\ b_2 & 0 & a_2 \\ b_3 & 0 & a_3 \\ 0 & a_1 & b_1 \\ 0 & a_2 & b_2 \\ 0 & a_3 & b_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} D_{11}^* & D_{12}^* & D_{13}^* \\ D_{21}^* & D_{22}^* & D_{23}^* \\ D_{31}^* & D_{32}^* & D_{33}^* \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_1 & b_2 & b_3 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & a_1 & a_2 & a_3 \\ a_1 & a_2 & a_3 & b_1 & b_2 & b_3 \end{bmatrix} \quad (5.45.)$$

Electuând produsul matricelor de mai sus se obține matricea de rigiditate a elementului triunghiular care este de ordinul 6×6 și pe care o compartimentăm după cum urmează:

$$[K]_e = \begin{bmatrix} K_{uu,ln} & \vdots & K_{uv,ln} \\ \dots & \vdots & \dots \\ K_{uv,ln} & \vdots & K_{vv,ln} \end{bmatrix} \quad (l, n = 1, 2, 3) \quad (5.46.)$$

unde submatricele indicate mai sus sunt:

$$\begin{aligned}
 K_{uu,ln} &= D_{11}^* b_l b_n + D_{33}^* a_l a_n + D_{13}^* (b_l a_n + b_n a_l) \\
 K_{vv,ln} &= D_{33}^* b_l b_n + D_{22}^* a_l a_n + D_{23}^* (b_l a_n + b_n a_l) \\
 K_{uv,ln} &= D_{13}^* b_l b_n + D_{23}^* a_l a_n + D_{12}^* b_l a_n + D_{33}^* b_n a_l
 \end{aligned}
 \tag{5.47.}$$

În final se determină matricea forțelor nodale ale elementului.

Dacă se iau în considerare numai sarcinile distribuite pe unitatea de volum din ecuațiile (5.15.) și (5.35.) rezultă:

$$\{Q\}_e^{\gamma} = \int_V [N]^T \cdot \{\gamma\} \cdot dV = \int_V \begin{bmatrix} L_1 & 0 \\ L_2 & 0 \\ L_3 & 0 \\ 0 & L_1 \\ 0 & L_2 \\ 0 & L_3 \end{bmatrix} \cdot \begin{Bmatrix} \gamma_x \\ \gamma_y \end{Bmatrix} \cdot dv
 \tag{5.48.}$$

Pentru un element de grosime constantă, se obține:

$$\{Q\}_e^{\gamma} = \begin{Bmatrix} Q_x \\ Q_x \\ Q_x \\ Q_y \\ Q_y \\ Q_y \end{Bmatrix} = \frac{1}{3} \cdot A \cdot t \cdot \begin{Bmatrix} \gamma_x \\ \gamma_x \\ \gamma_x \\ \gamma_y \\ \gamma_y \\ \gamma_y \end{Bmatrix}
 \tag{5.49.}$$

Se observă că forțele nodale datorită greutateii elementului se distribuie în mod uniform pe cele trei noduri. Sarcinile distribuite pe suprafața elementului se iau în considerare prin rezultantele lor aplicate în nodurile elementului.

5.4. Modelarea stării de tensiune și deformare pe trupita cu cormană cu lamele drepte.

Studiul s-a efectuat pentru două trupite cu cormane lamelare, una de proveniență germană iar cealaltă de proveniență indigenă, utilizând pachetul de programe **COSMOS/M**, care pentru o modelare geometrică cât mai bună s-au împărțit în mai multe zone, convenabil alese.

Pentru cormana firmei germane "**LEMKEN**" împărțirea s-a făcut după cum urmează: zona 1 - vârful reversibil al brăzdarului; zona 2 - corpul brăzdarului; zona 3 - pieptul cormanei; zona 4 - lamela 1; zona 5 - lamela 2; zona 6 - lamela 3; zona 7, 8 și 9 - lamela 4(figura 5.9.).

Pentru cormana firmei românești "**MAT Craiova**" împărțirea s-a făcut după cum urmează: zona 1 - pieptul cormanei; zona 2 - lamela 1; zona 3 - lamela 2; zona 4 - lamela 3; zona 5 - lamela 4(figura 5.44.).

Cu ajutorul unui coordonator s-au determinat coordonatele x, y, z ale punctelor de pe conturul cormanei lamelare(piept + lamele) și a brăzdarului(figura 5.4.), pentru cele două variante de trupite, care au fost prelucrate apoi cu ajutorul unui calculator performant "**INTEL P II DESHUTES 350MHZ, 512K**".

În cazul trupitei "**LEMKEN**", pentru trasarea conturului pieptului cormanei s-au folosit 8 puncte, pentru lamela 1 - 8 puncte, pentru lamela 2 - 8 puncte, pentru lamela 3 - 8 puncte, pentru lamela 4 - 10 puncte, pentru vârful reversibil al brăzdarului - 4 puncte, iar pentru corpul brăzdarului - 4 puncte.

În cazul trupitei "**MAT Craiova**", pentru trasarea conturului pieptului cormanei s-au folosit 16 puncte, pentru lamela 1 - 8 puncte, pentru lamela 2 - 8 puncte, pentru lamela 3 - 8 puncte, pentru lamela 4 - 8 puncte, iar pentru brăzdar 4 puncte.

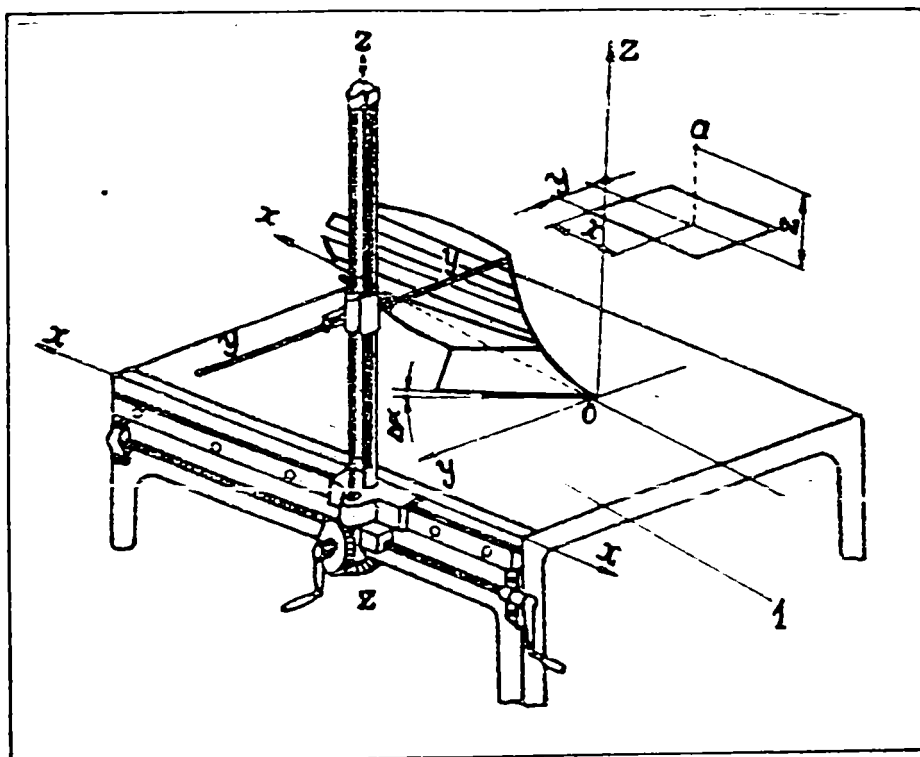


Figura 5.4. Schema coordonatorului.

Pe baza coordonatelor punctelor determinate cu ajutorul coordonatorului, ale suprafețelor celor două cormane lamelare, folosind facilitatea grafică a programului "COSMOS/M", s-au generat suprafețele acestora, obținându-se în final două modele geometrice complexe, fiecare dintre acestea reprezentând o copie fidelă a cormanei reale. S-a generat suprafața pieptului cormanei folosind una din facilitățile grafice de generare a unei suprafețe spațiale prin 8 puncte(SF8PT) pentru cormana "LEMKEN", respectiv 16 puncte(SF16PT) pentru cormana "MAT Craiova". Suprafețele celor patru lamele ale cormanei au fost generate folosind facilitatea grafică de generare a unei suprafețe plane delimitate de 4 curbe(SF4CR) pentru ambele variante de cormană. În prelungirea suprafeței cormanei s-a generat suprafața vârfului și a corpului brăzdarului folosind facilitatea grafică de generare a unei suprafețe plane delimitată de 4 curbe(SF4CR) pentru varianta "LEMKEN". Pentru brăzdarul - varianta "MAT Craiova" s-a utilizat aceeași facilitate.

În cazul cormanei lamelare "MAT Craiova" s-a considerat că brăzdarul este prins pe bârsă în trei puncte, pieptul cormanei în două puncte, iar fiecare lamelă în parte este prinsă într-un punct pe bârsă și în altul pe contrafișa ce leagă lamelele între ele. Contrafișa este fixată prin intermediul a doi tiranți pe bârsă respectiv pe plaz.

În cazul cormanei lamelare "LEMKEN" s-a considerat că vârful brăzdarului este prins pe bârsă în două puncte, corpul brăzdarului în trei puncte, pieptul cormanei în trei puncte, lamelele 1, 2 și 3, fiecare în parte, este prinsă într-un punct pe bârsă și în altul pe contrafișa ce leagă lamelele între ele, iar lamela 4 este prinsă într-un punct pe bârsă, într-un punct pe brăzdar și într-un punct pe contrafișă. Contrafișa este fixată prin intermediul a doi tiranți pe bârsă respectiv pe suportul bârsei.

În toate punctele de fixare s-au considerat împiedicate deplasările și rotațiile în toate direcțiile(ox , oy , oz), considerând aceste puncte ca fiind puncte de încastrare(figura 5.9. + figura 5.44.).

S-a discretizat suprafața cormanei și a brăzdarului în elemente finite izoparametrice, de tip placă subțire SHELL3, cu trei noduri pe element și 5 grade de libertate pe nod, folosind comanda de discretizare automată a suprafețelor, pentru a evita erorile ulterioare care pot apare la calculul tensiunilor și deplasărilor, datorită unor elemente cu parametrii geometrici, în special unghiuri improprii, distorsionate(figurile 5.5., 5.6., 5.7. și 5.8. pentru cormana "LEMKEN" și figurile 5.40., 5.41., 5.42. și 5.43. pentru cormana "MAT Craiova"). Gradele de libertate, considerate mărimi necunoscute, sunt deplasările " u " și " v ", reprezentând componentele deplasărilor în sistemul de axe ortogonal xoy .

Rețeaua de elemente finite utilizate s-a realizat cu pas variabil, cu o rețea mai densă în zona de interes și anume cea a suprafețelor lamelelor cormanei. Modelul cu numerotarea nodurilor este reprezentat în figura 5.10. pentru cormana "LEMKEN" respectiv în figura 5.45. pentru cormana "MAT Craiova".

Ca și constante reale, asociate grupului de elemente SHELL3, am introdus grosimea ca fiind de 10 mm la cormana "LEMKEN" și de 7 mm la cormana "MAT Craiova", iar ca proprietăți de material, modulul de elasticitate longitudinal și transversal.

Pentru calculul tensiunilor s-a considerat situația când, pe direcția de înaintare, ox(cazul când plugul întâlnește în sol un obstacol) acționează o forță concentrată în vârful brăzdarului, iar pe corpul brăzdarului, pieptul cormanei și pe lamele acționează o presiune distribuită constant, dar diferită ca valoare de la o lamelă la alta respectiv de la corpul brăzdarului la pieptul cormanei. S-a optat pentru valorile presiunilor determinate experimental de către specialiștii de la INMA București(fig. 5.11. și 5.46.).

În urma calculelor efectuate cu un program de analiză cu elemente finite din familia programelor "COSMOS/M", s-au obținut toate componentele tensorului tensiune și tensorului deformație din nodurile elementelor finite, precum și în centrul fiecărui element. Instrucțiunile specifice utilizate pentru introducerea datelor inițiale în cadrul modului de preprocesare al programului de calcul, precum și câteva din valorile numerice obținute, sunt prezentate în anexele 1.a, 1.b și 1.c pentru cormana "LEMKEN" respectiv 2.a, 2.b și 2.c pentru cormana "MAT Craiova".

Modul de distribuție al stării de tensiune și deformație pe suprafața cormanei de tip lamelar, la interacțiunea acesteia cu solul, este prezentat în figurile 5.12. . . . 5.39. pentru cormana "LEMKEN" respectiv 5.47. . . . 5.74. pentru cormana " MAT Craiova".

În figurile 5.12. . . . 5.31. respectiv 5.47. . . . 5.66., s-au reprezentat modurile de distribuție a tensiunilor pe suprafața cormanei lamelare respectiv a brăzdarului, la interacțiunea acestora cu masa de sol supusă prelucrării, pentru cele două regimuri de lucru. Pentru fiecare din aceste variații ale tensiunilor, se specifică pe figură, tipul de tensiune, precum și legenda pentru valorile tensiunilor, reprezentate prin diferite zone de culori.

În figurile 5.12, 5.13, 5.47, 5.48, s-au reprezentat modurile de distribuție a tensiunilor echivalente calculate după teoria a cincea de rezistență, pentru cele două regimuri de lucru(Von Mises):

$$\sigma_{(ech.)} = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 + \sigma_1 \times \sigma_2 + \sigma_2 \times \sigma_3 + \sigma_3 \times \sigma_1} \quad (5.50.)$$

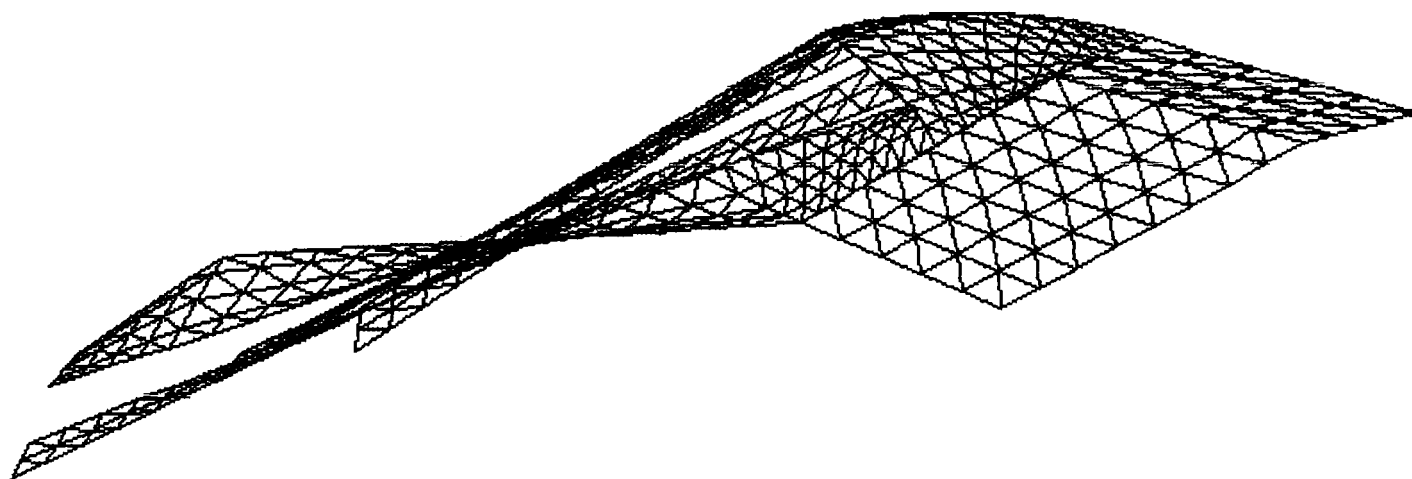


Figura 5.5. Modelul cu discretizarea suprafeței trupitei(cormană lamelară + brăzdar) văzut din spațiu..

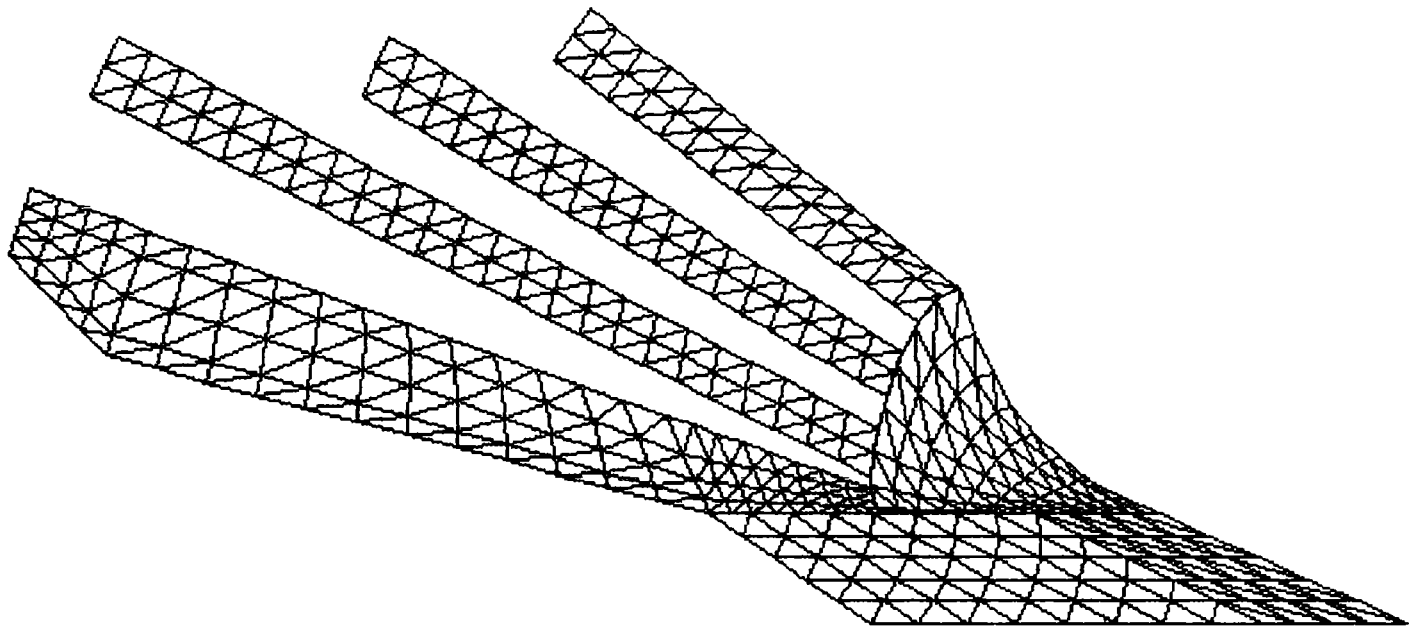


Figura 5.6. Modelul cu discretizarea suprafeței trupitei(cormana lamelară + brăzdar) văzut din planul xoz .

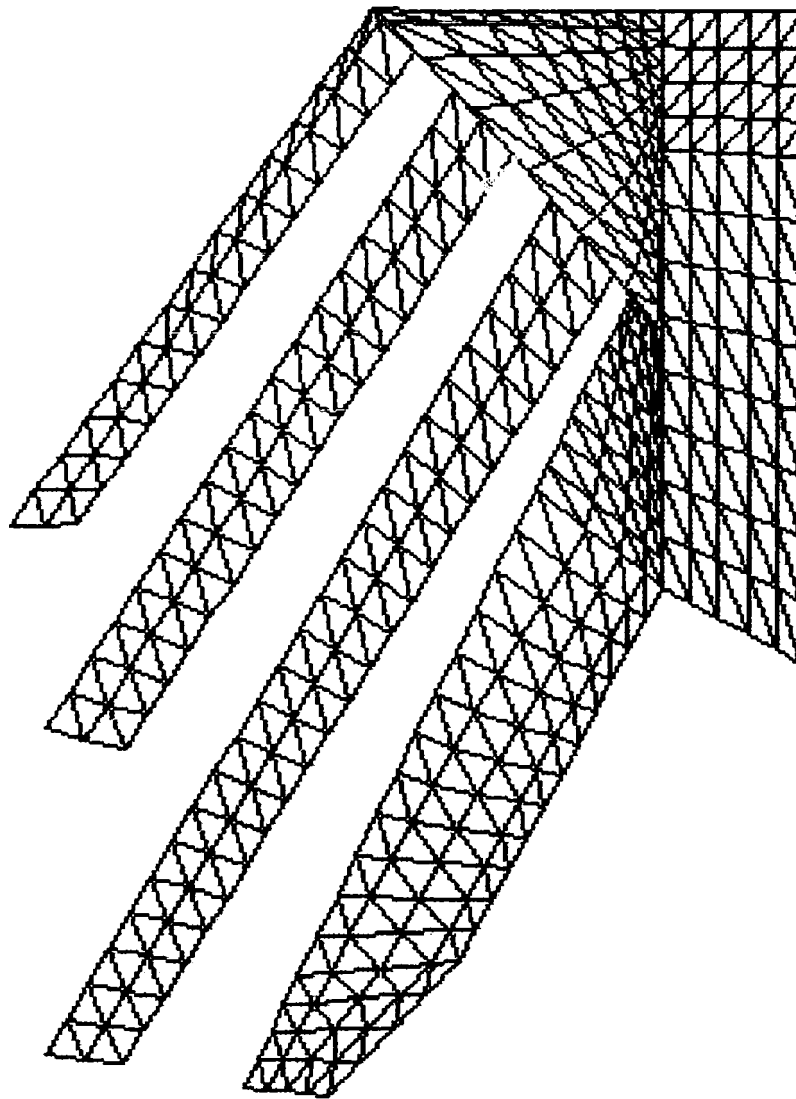


Figura 5.7. Modelul cu discretizarea suprafeței trupitei(cormană lamelară + brăzdar) văzut din planul zoy .

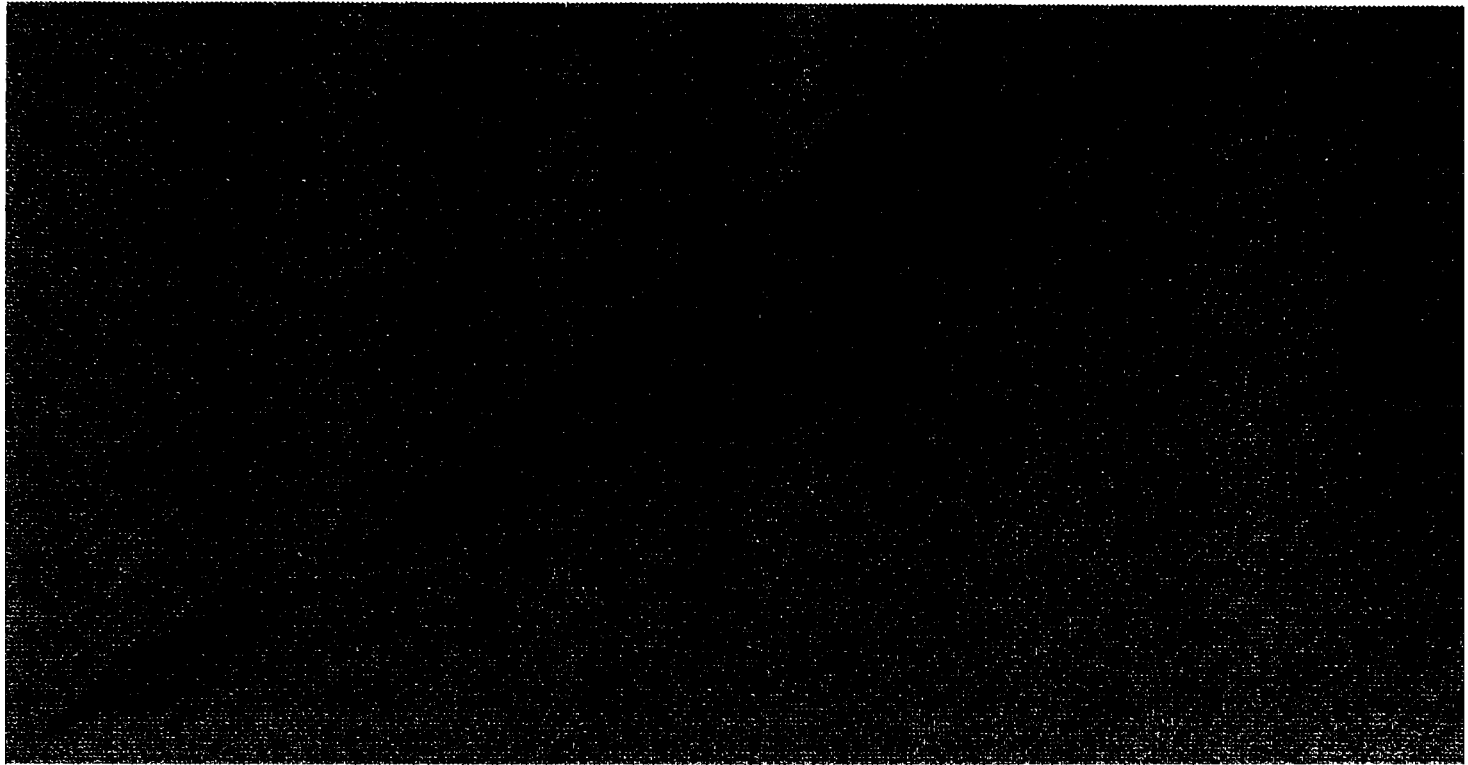


Figura 5.8. Modelul cu discretizarea suprafeței trupiței(cormană lamelară + brăzdar) văzut din planul xoy.

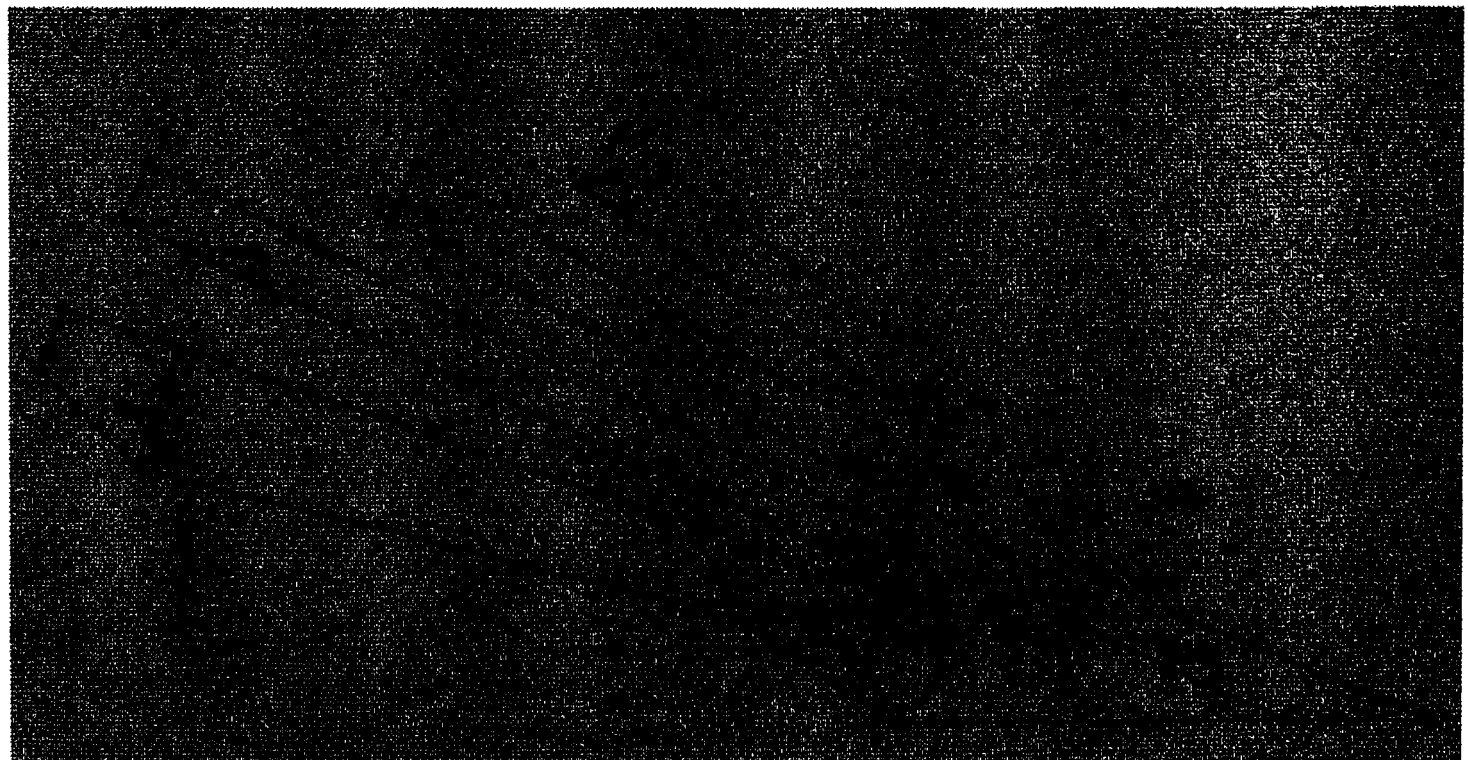


Figura 5.9. Modelul cu reprezentarea curbelor, suprafețelor și punctelor de încastrare.

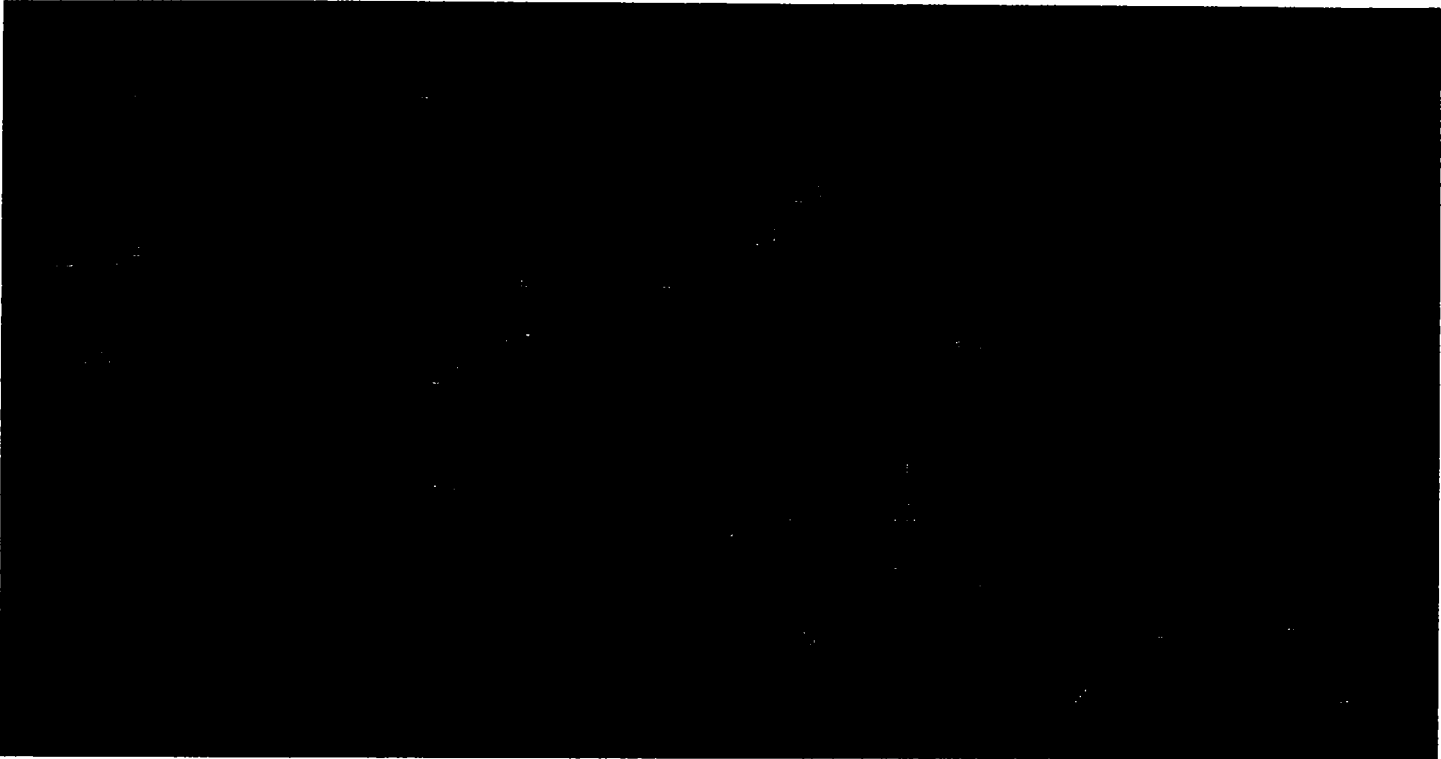


Figura 5.10. Modelul cu numerotarea nodurilor..

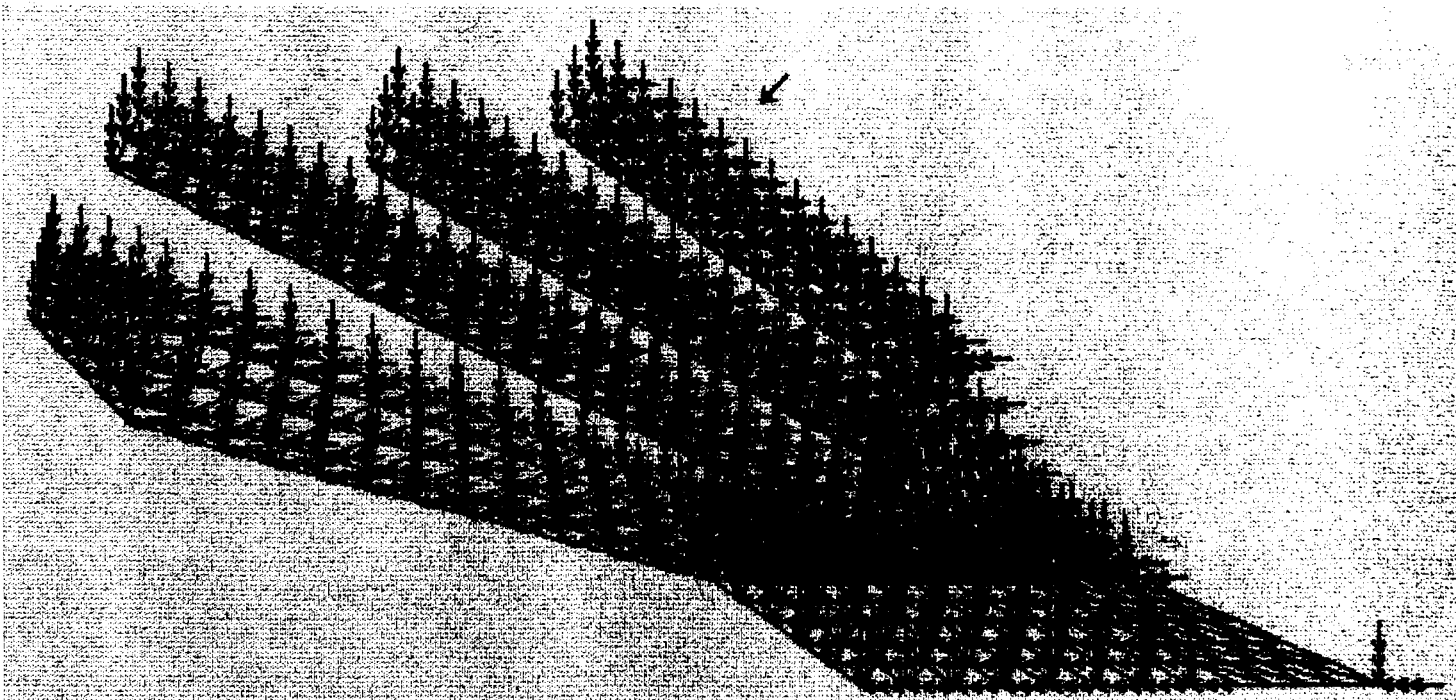


Figura 5.11. Modelul cu reprezentarea forțelor care acționează asupra trupiței (cormană lamelară + brăzdar).



Figura 5.12. Distribuția tensiunii după teoria a cincea de rezistență(Von Mises)
 $\sigma_{ech(5)}$ pentru $a = 30$ [cm].



Figura 5.13. Distribuția tensiunii după teoria a cincea de rezistență(Von Mises)
 $\sigma_{ech(5)}$ pentru $a = 35$ [cm].



Figura 5.14. Distribuția tensiunii normale σ_x pentru $a = 30$ [cm].

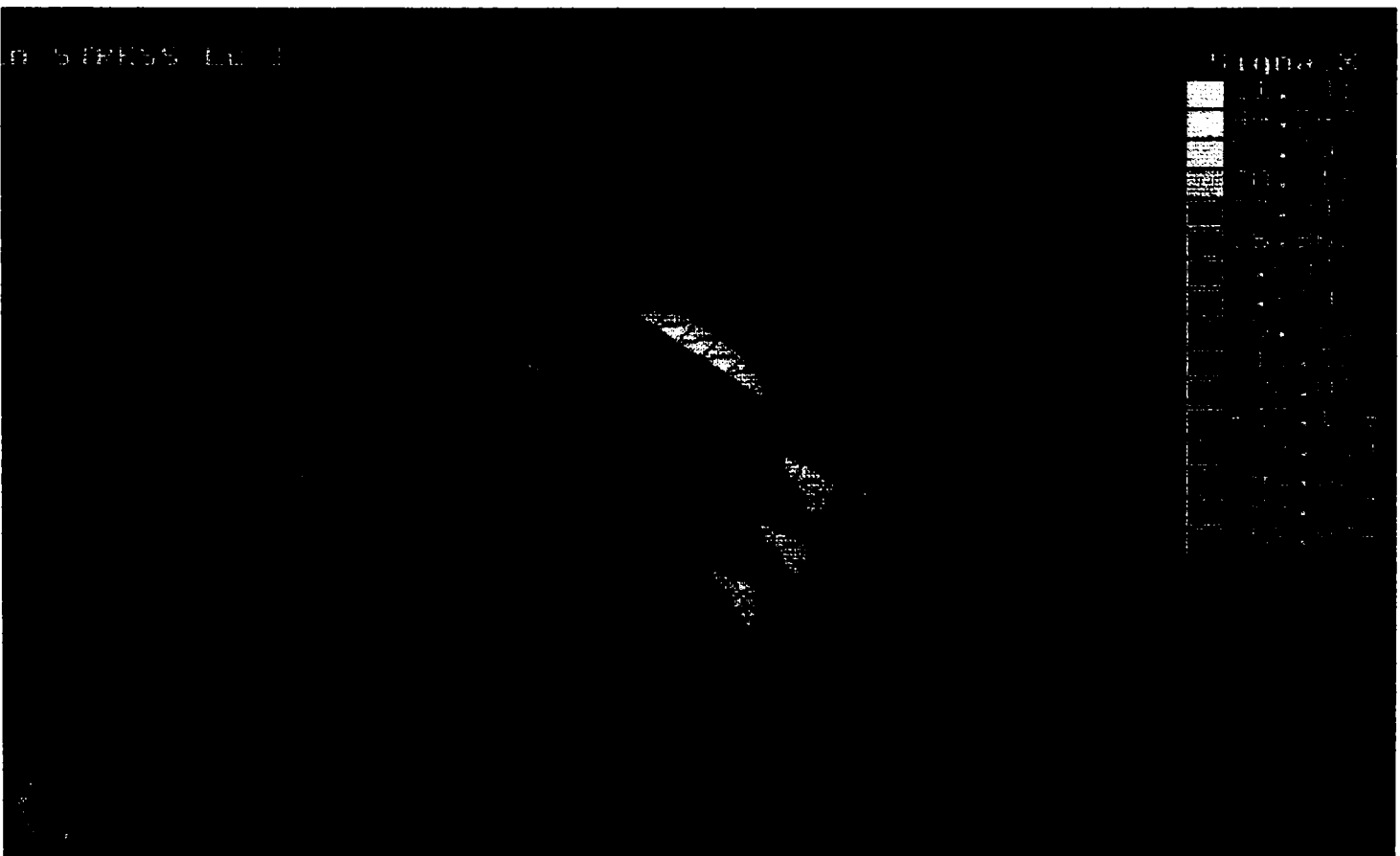


Figura 5.15. Distribuția tensiunii normale σ_x pentru $a = 35$ [cm].



Figura 5.16. Distribuția tensiunii normale σ_y pentru $a = 30$ [cm].



Figura 5.17. Distribuția tensiunii normale σ_y pentru $a = 35$ [cm].

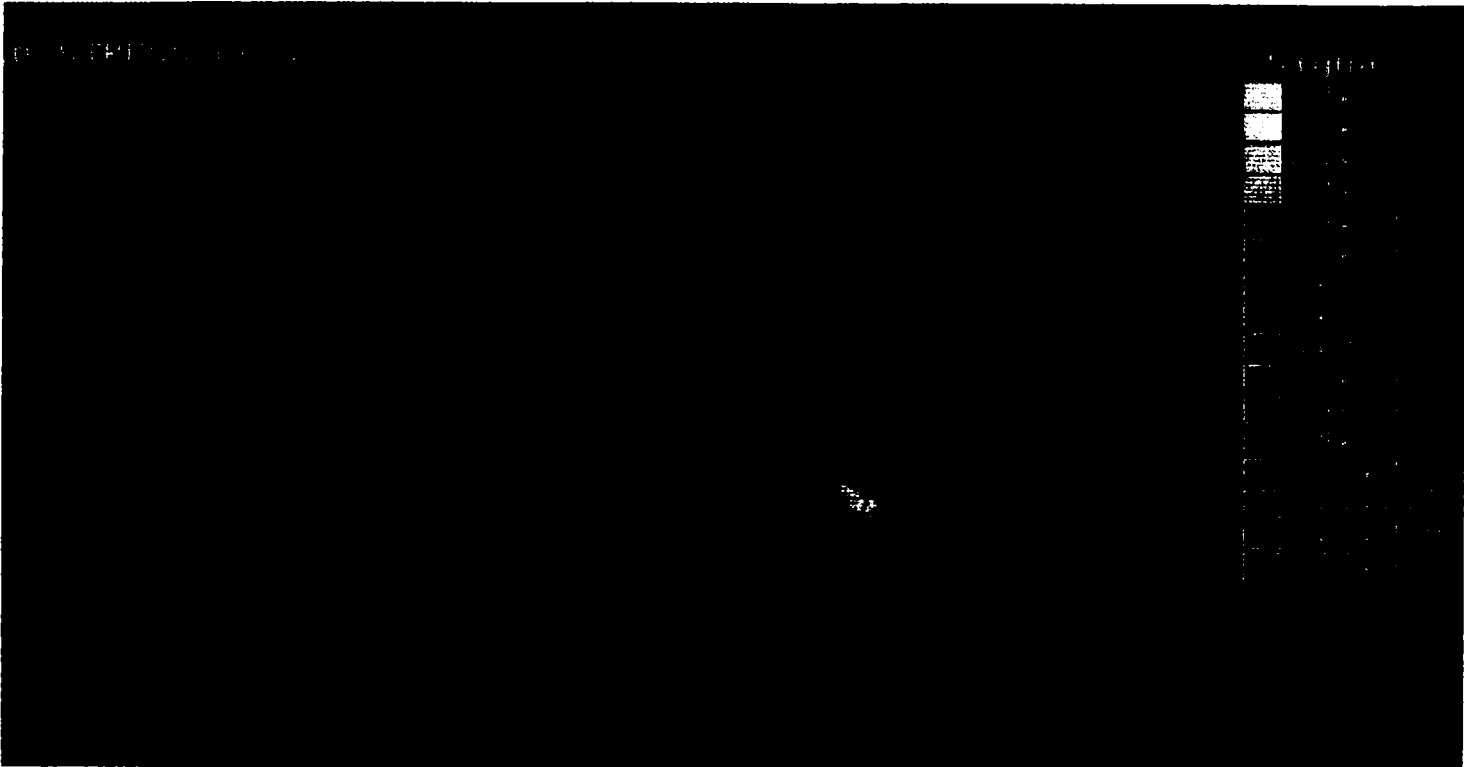


Figura 5.18. Distribuția tensiunii normale σ_z pentru $a = 30$ [cm].

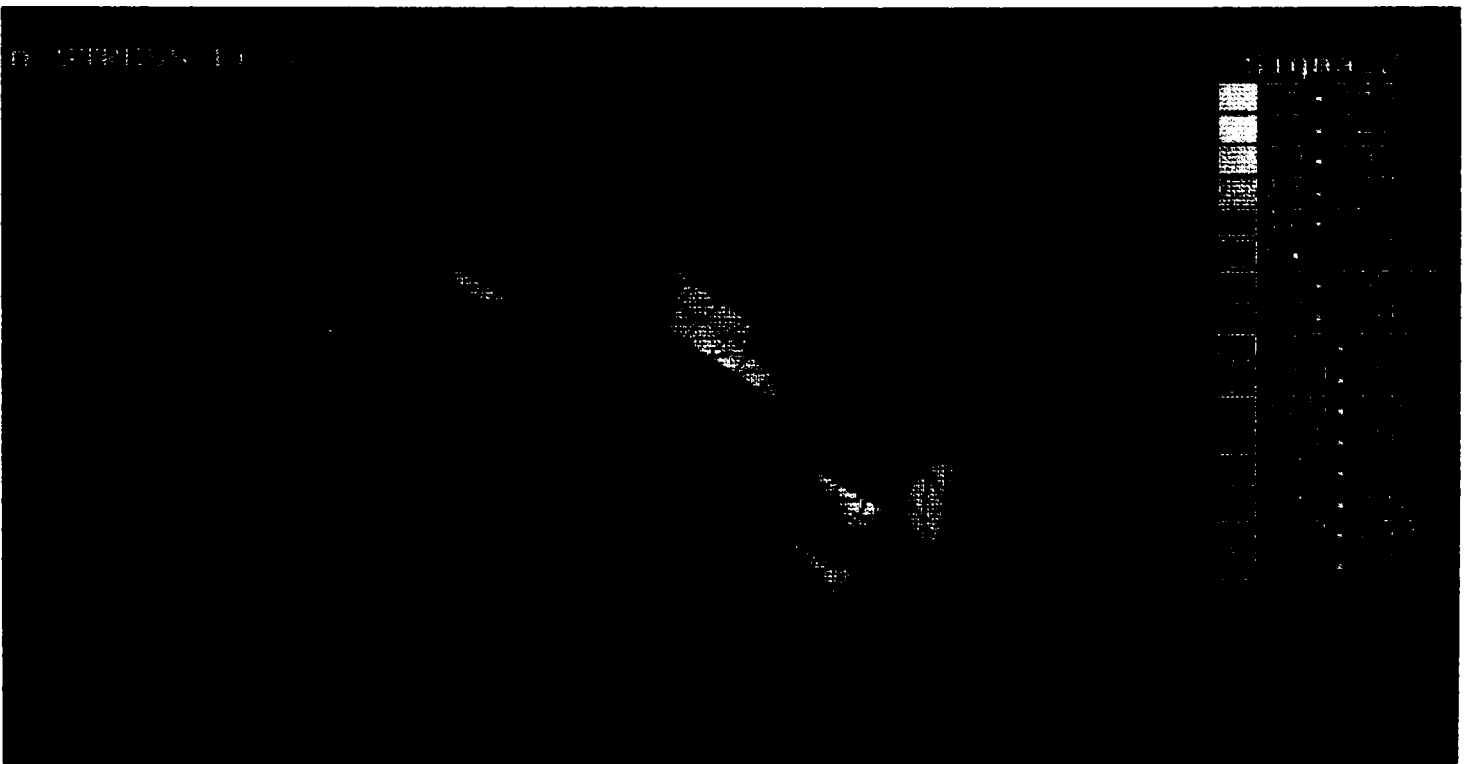


Figura 5.19. Distribuția tensiunii normale σ_z pentru $a = 35$ [cm].



Figura 5.20. Distribuția tensiunii tangențiale τ_{xy} pentru $a = 30$ [cm].

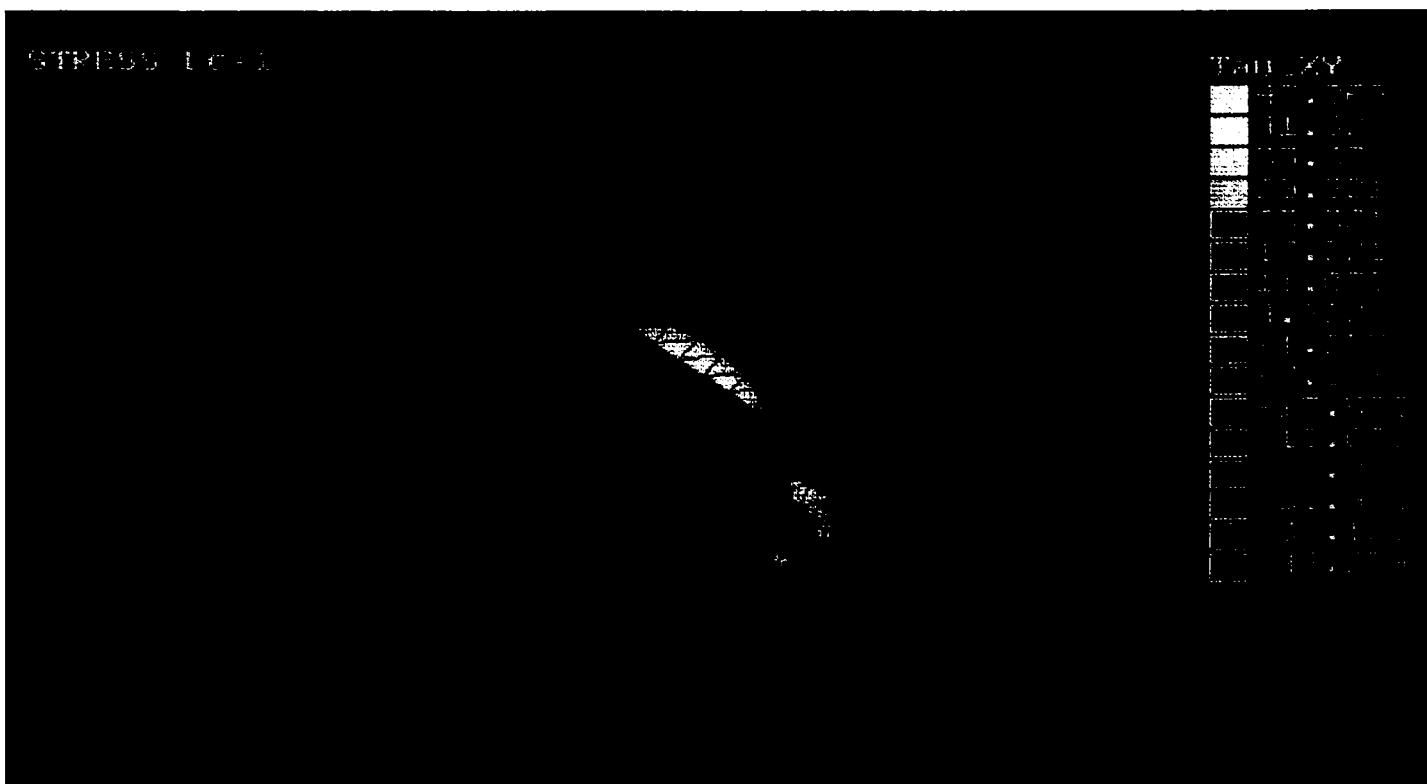


Figura 5.21. Distribuția tensiunii tangențiale τ_{xy} pentru $a = 35$ [cm].

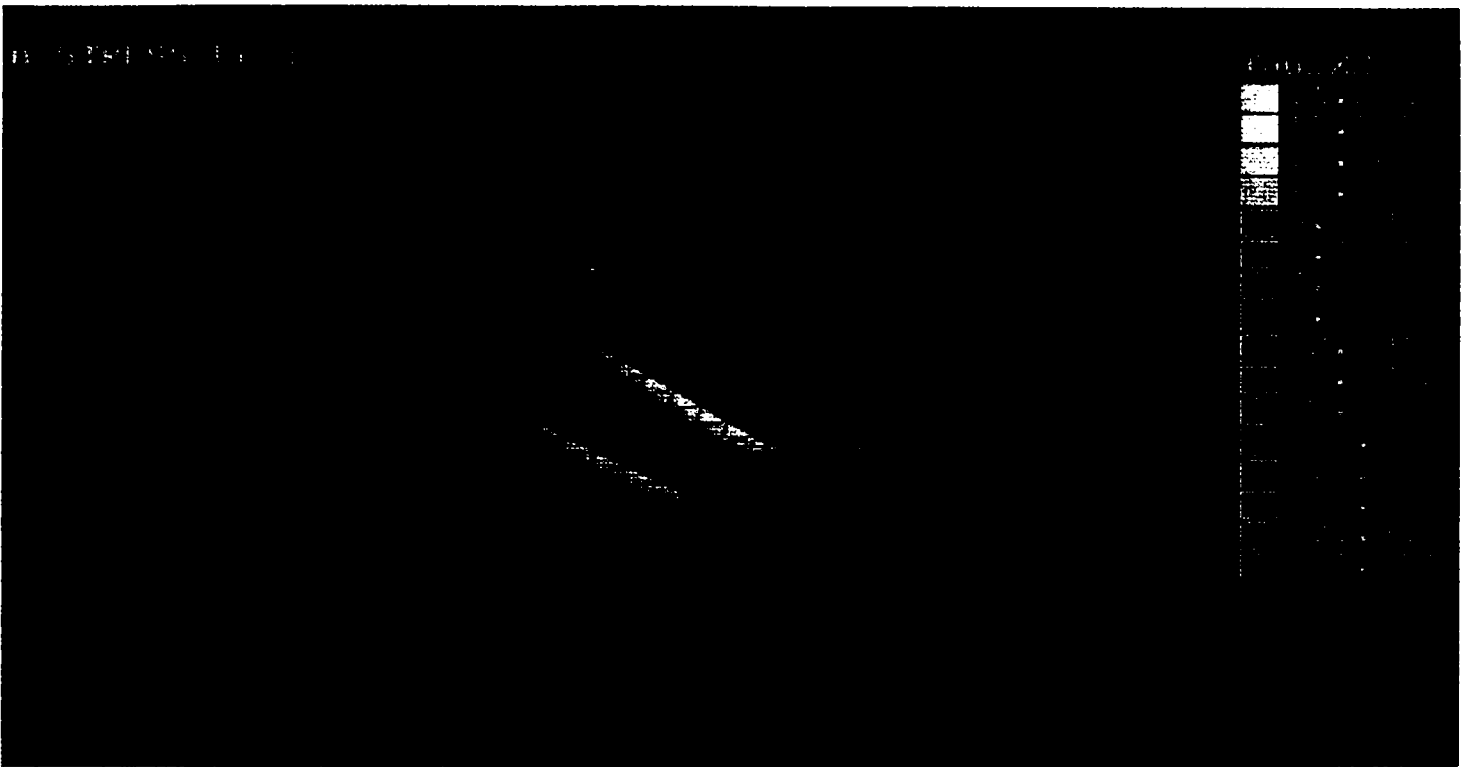


Figura 5.22. Distribuția tensiunii tangențiale τ_{xz} pentru $a = 30$ [cm].



Figura 5.23. Distribuția tensiunii tangențiale τ_{xz} pentru $a = 35$ [cm].



Figura 5.24. Distribuția tensiunii tangențiale τ_{yz} pentru $a = 30$ [cm].



Figura 5.25. Distribuția tensiunii tangențiale τ_{yz} pentru $a = 35$ [cm].



Figura 5.26. Distribuția tensiunii normale principale σ_1 pentru $a = 30$ [cm].

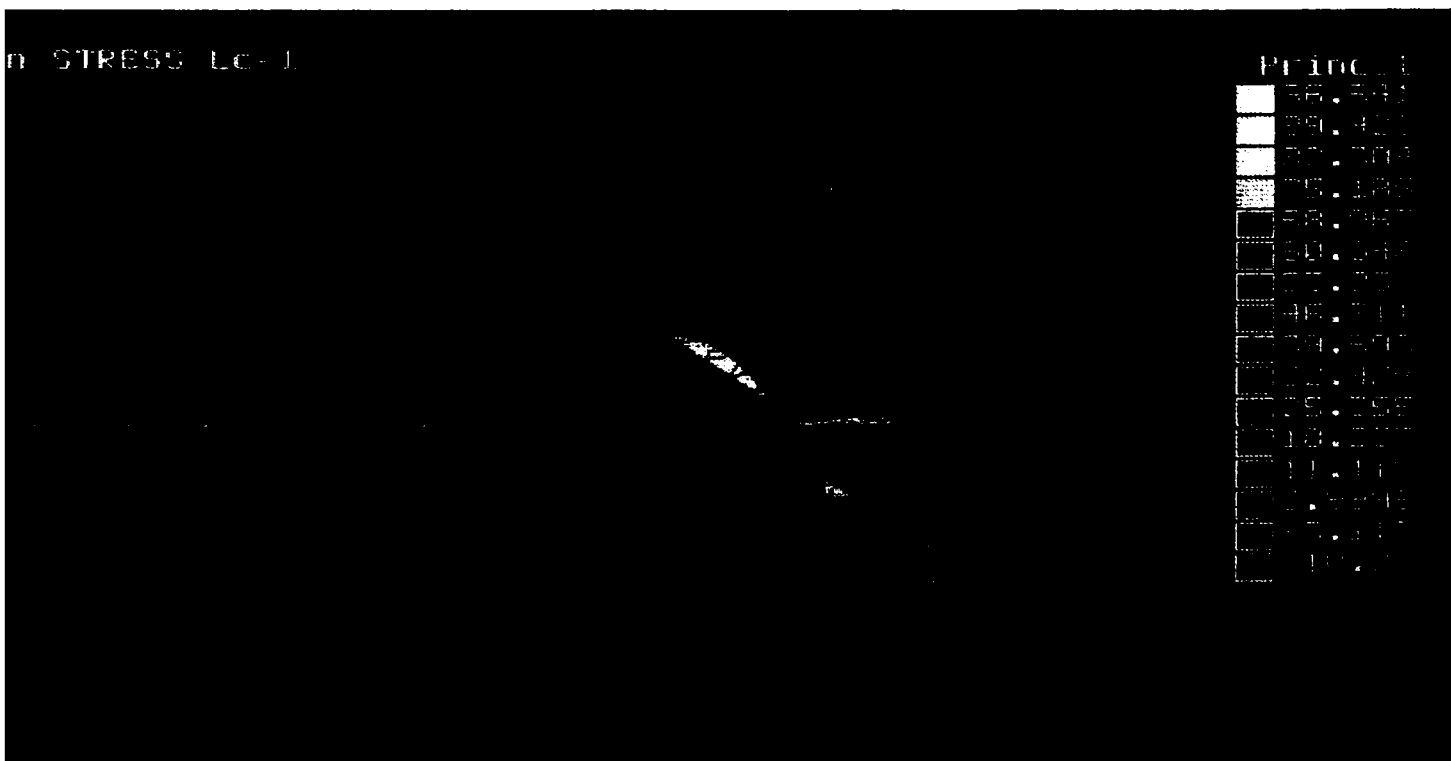


Figura 5.27. Distribuția tensiunii normale principale σ_1 pentru $a = 35$ [cm].



Figura 5.28. Distribuția tensiunii normale principale σ_2 pentru $a = 30$ [cm].



Figura 5.29. Distribuția tensiunii normale principale σ_2 pentru $a = 35$ [cm].

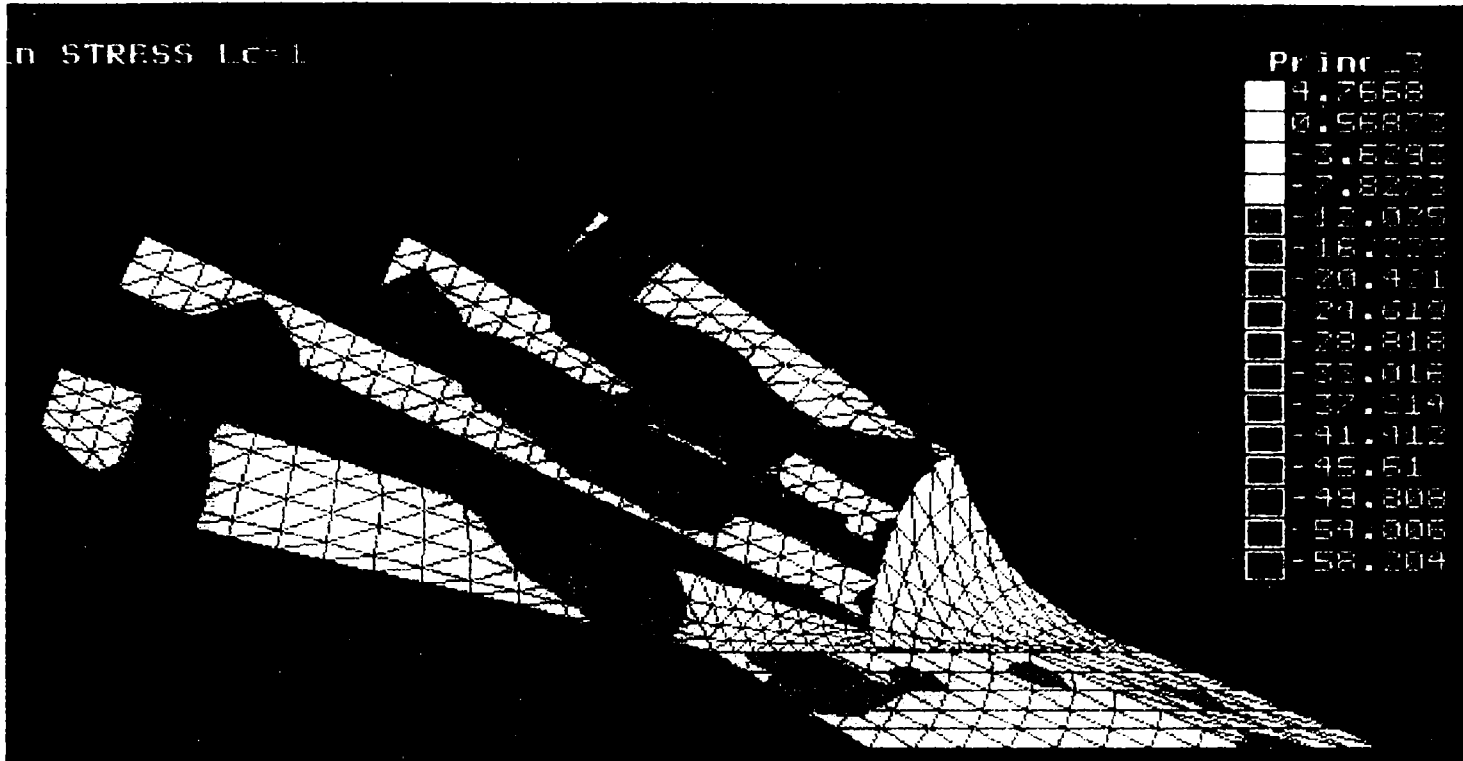


Figura 5.30. Distribuția tensiunii normale principale σ_3 pentru $a = 30$ [cm].

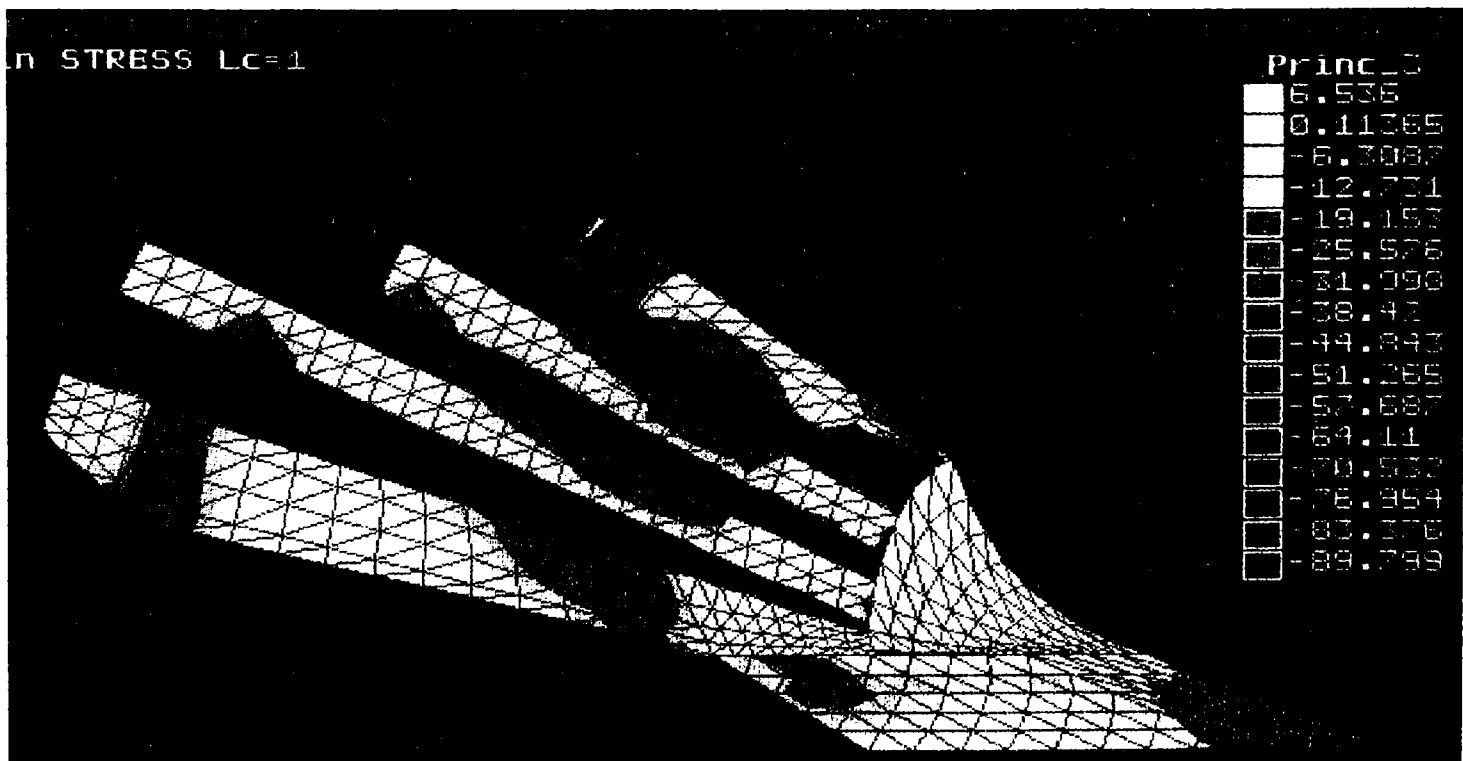


Figura 5.31. Distribuția tensiunii normale principale σ_3 pentru $a = 35$ [cm].

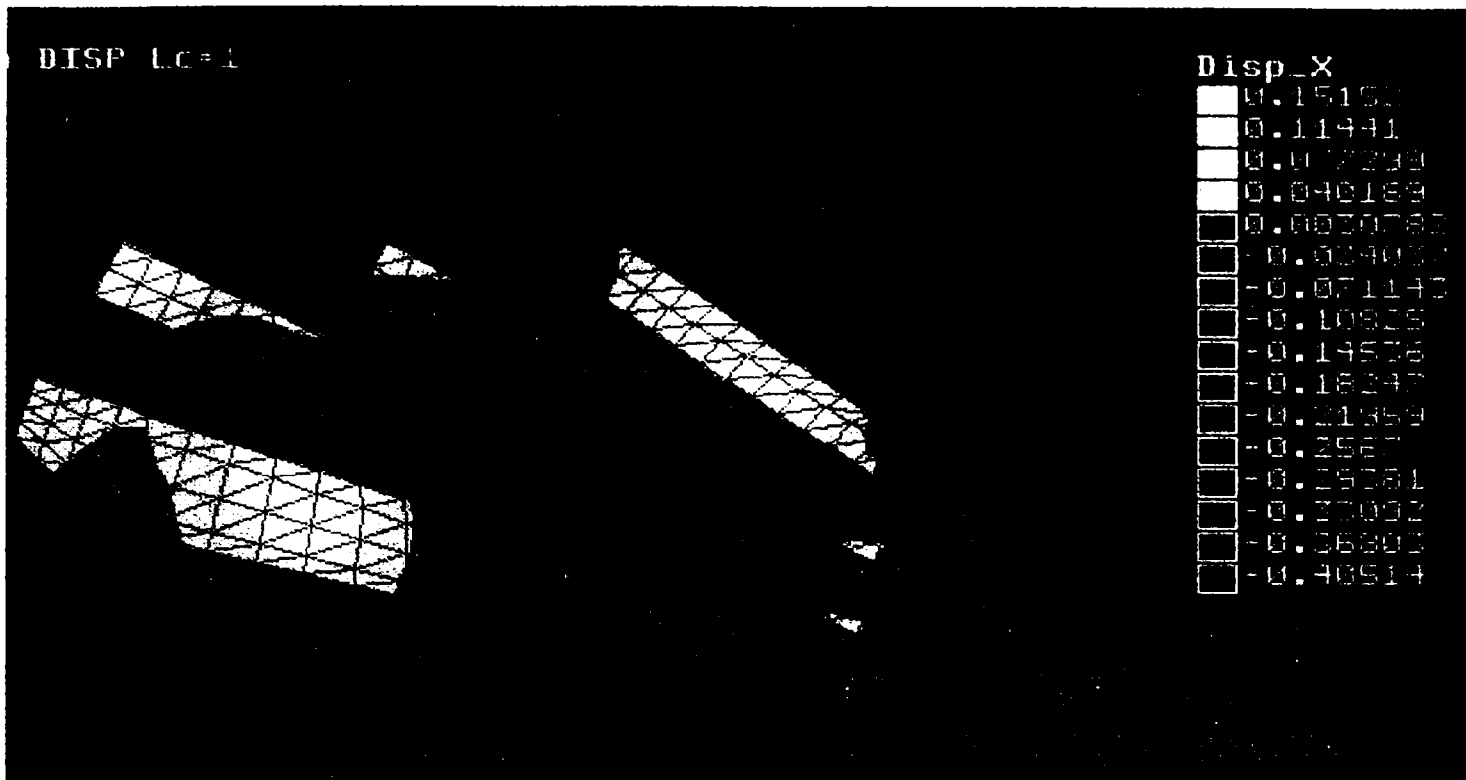


Figura 5.32. Distribuția componentei deplasării după axa x (deplasarea u) pentru $a = 30$ [cm].

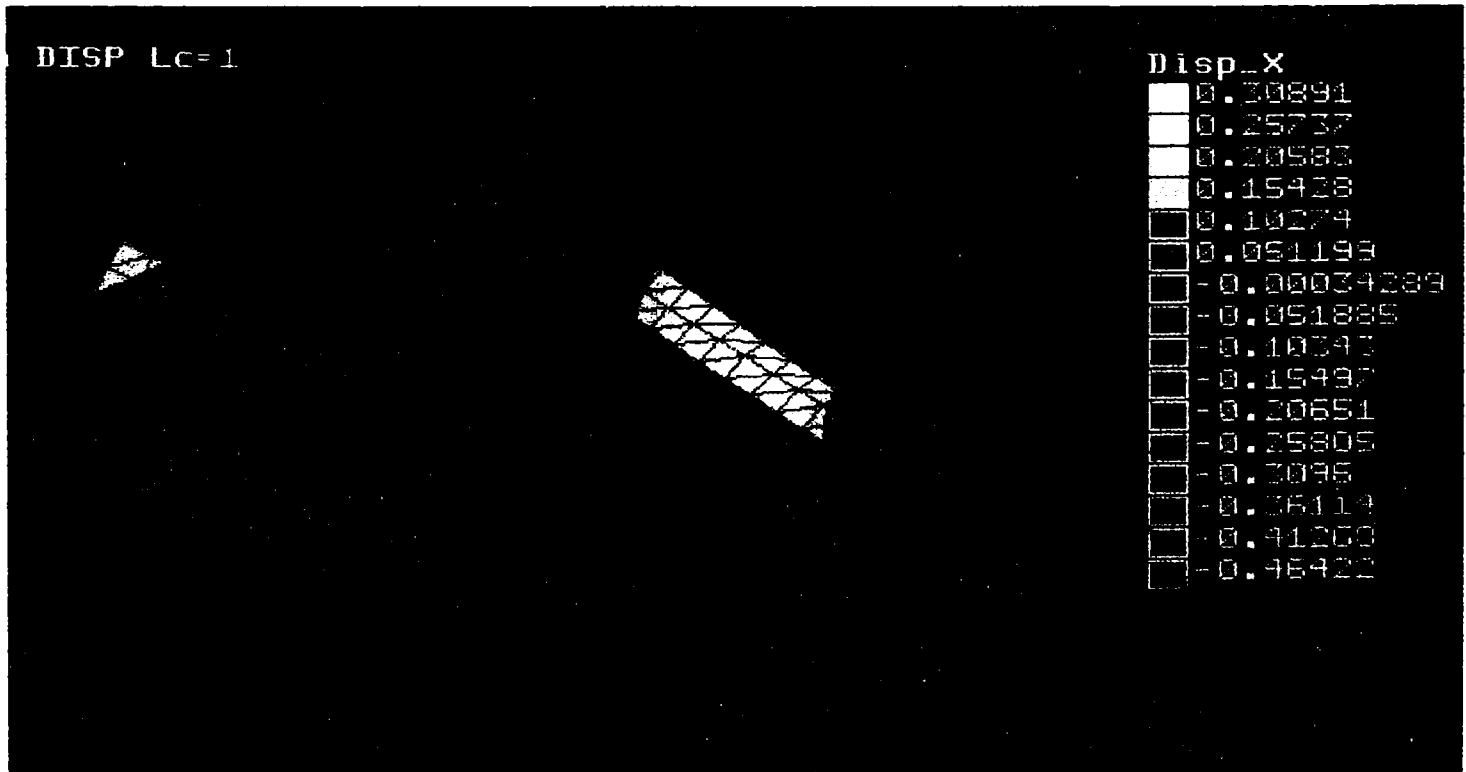


Figura 5.33. Distribuția componentei deplasării după axa x (deplasarea u) pentru $a = 35$ [cm].

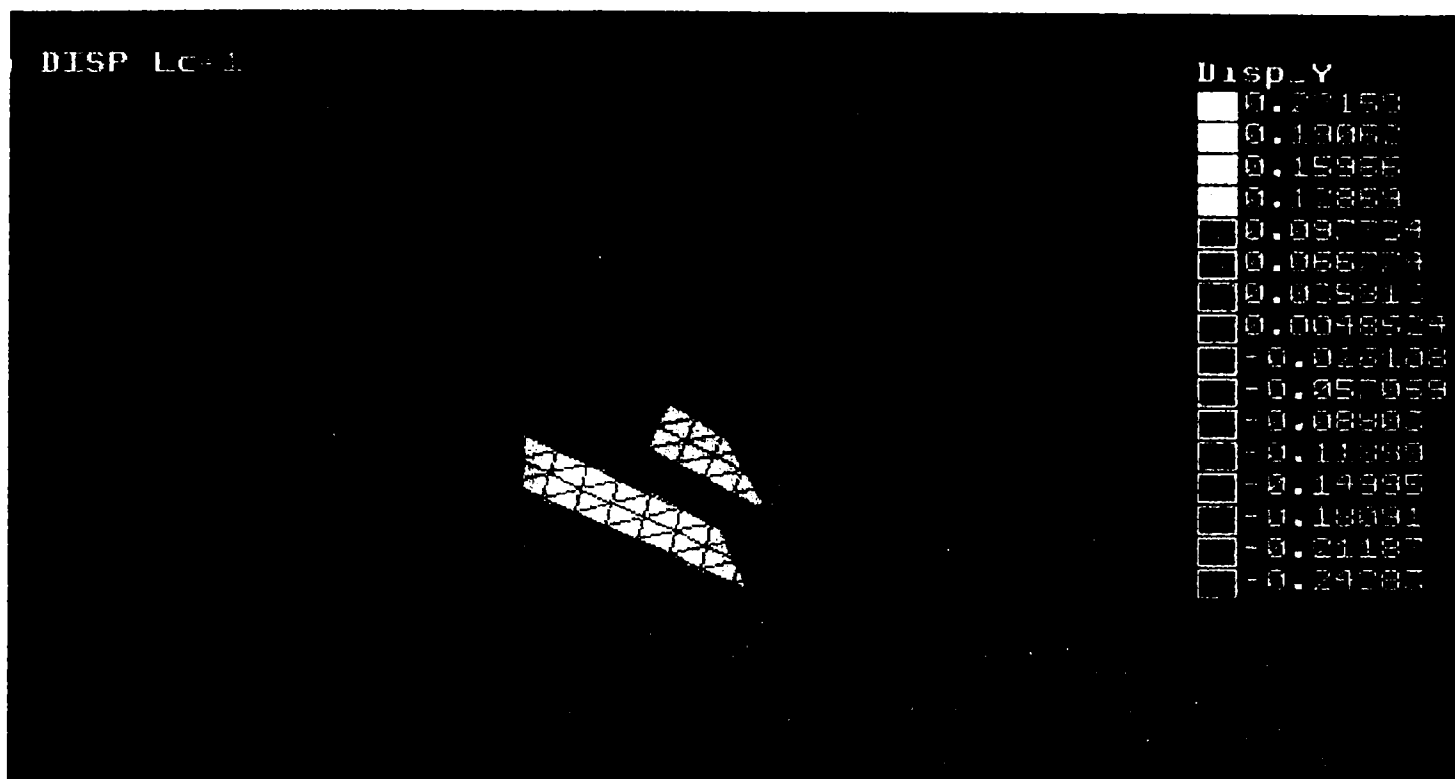


Figura 5.34. Distribuția componentei deplasării după axa y (deplasarea v) pentru $a = 35$ [cm].

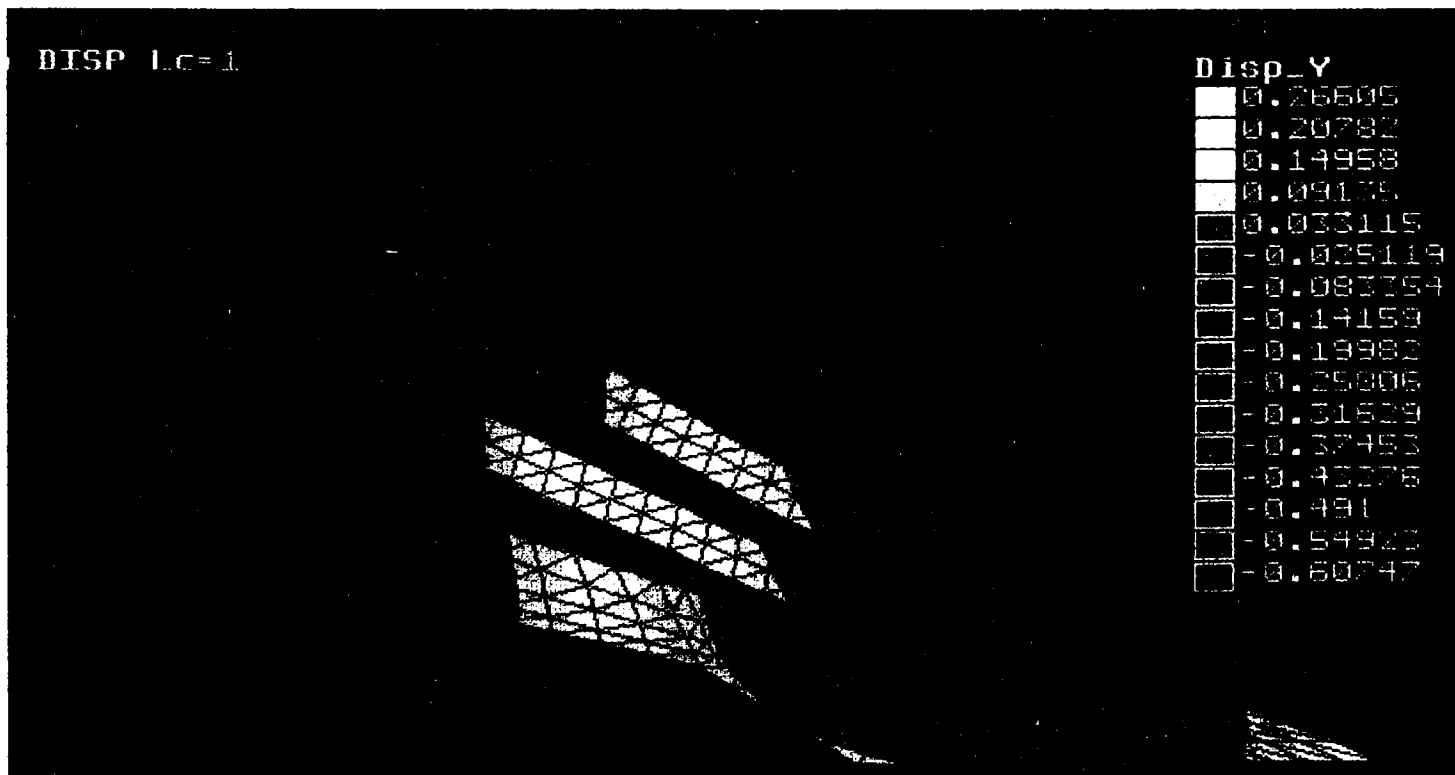


Figura 5.35 Distribuția componentei deplasării după axa y (deplasarea v) pentru $a = 35$ [cm].

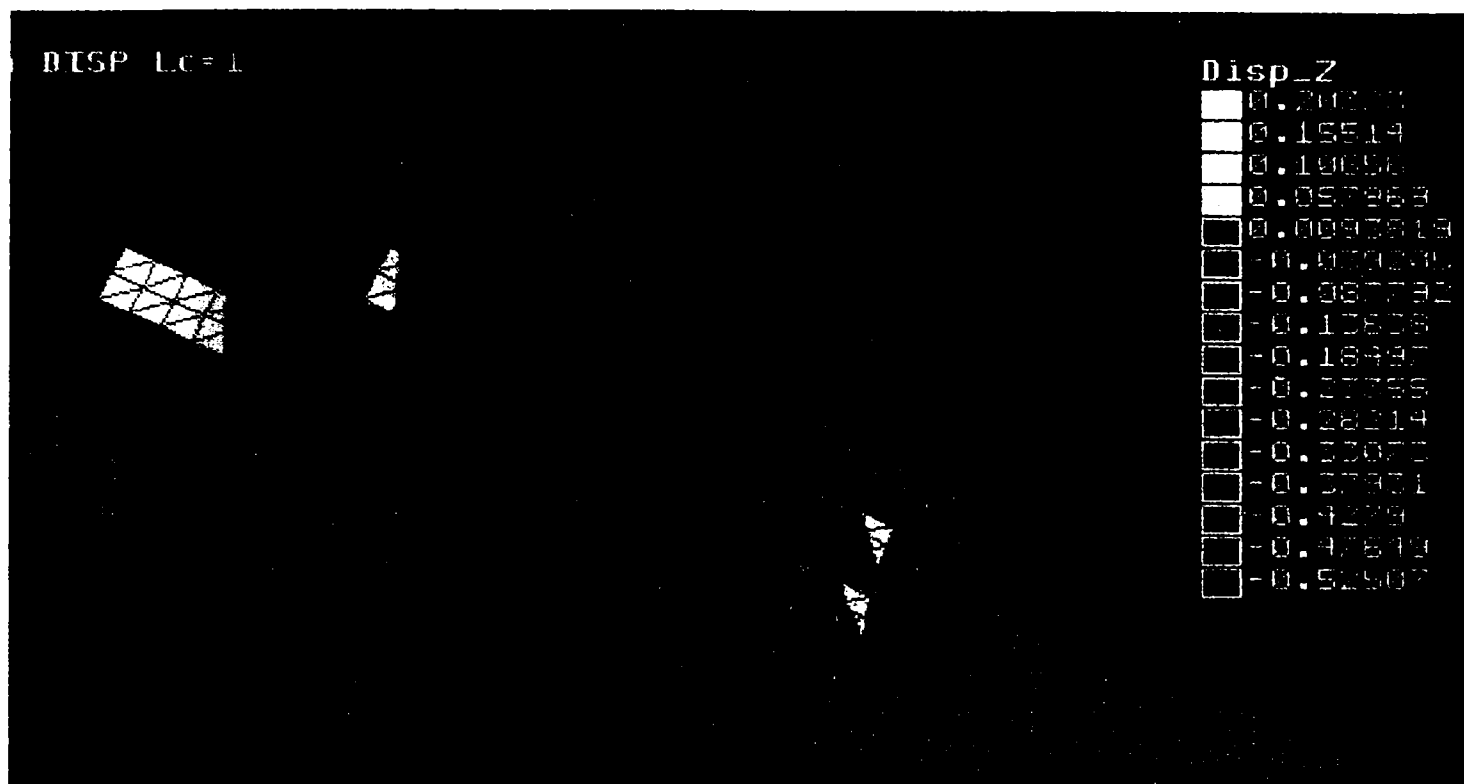


Figura 5.36. Distribuția componentei deplasării după axa z (deplasarea w) pentru $a = 30$ [cm].



Figura 5.37. Distribuția componentei deplasării după axa z (deplasarea w) pentru $a = 35$ [cm].

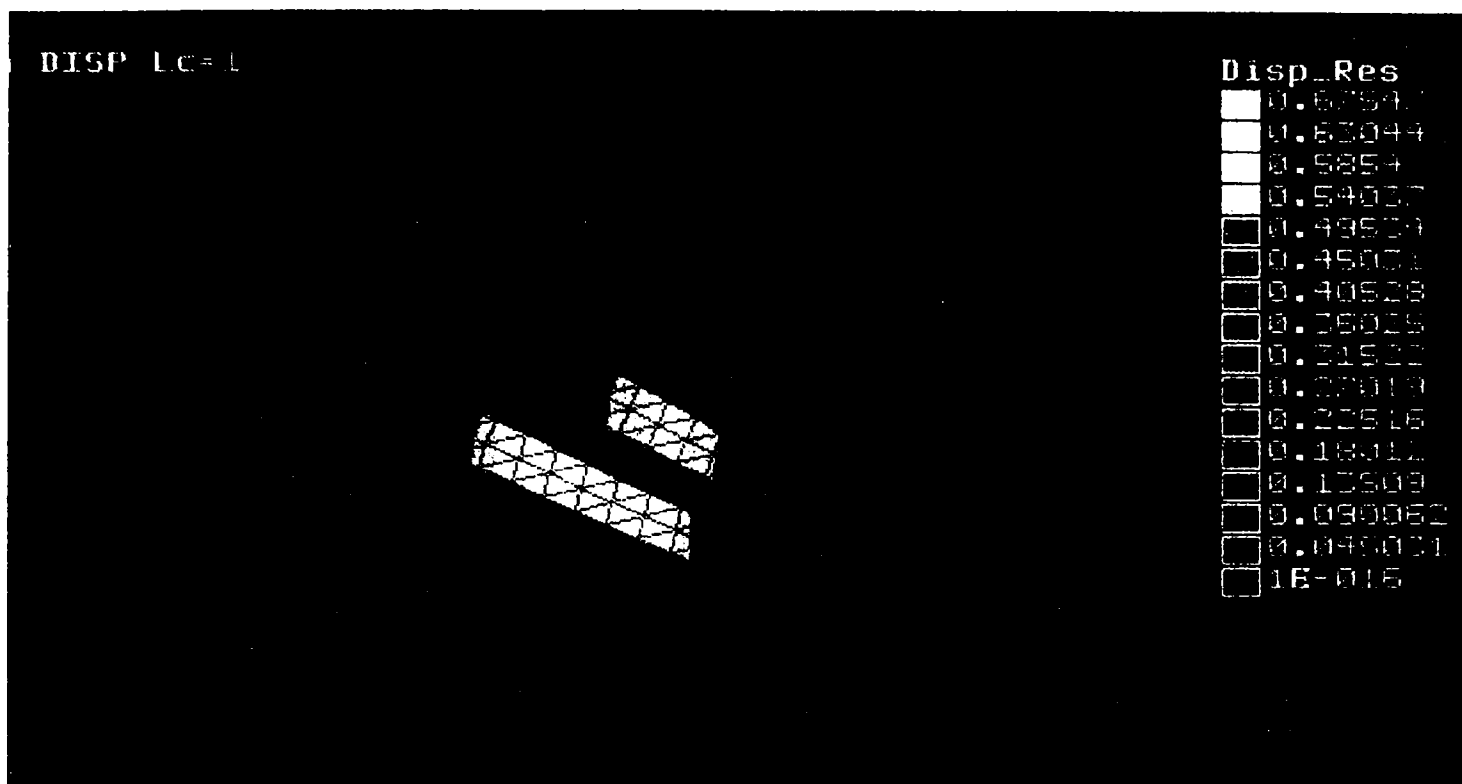


Figura 5.38. Distribuția deplasării rezultante $r = \sqrt{u^2 + v^2}$ pentru $a = 30$ [cm].

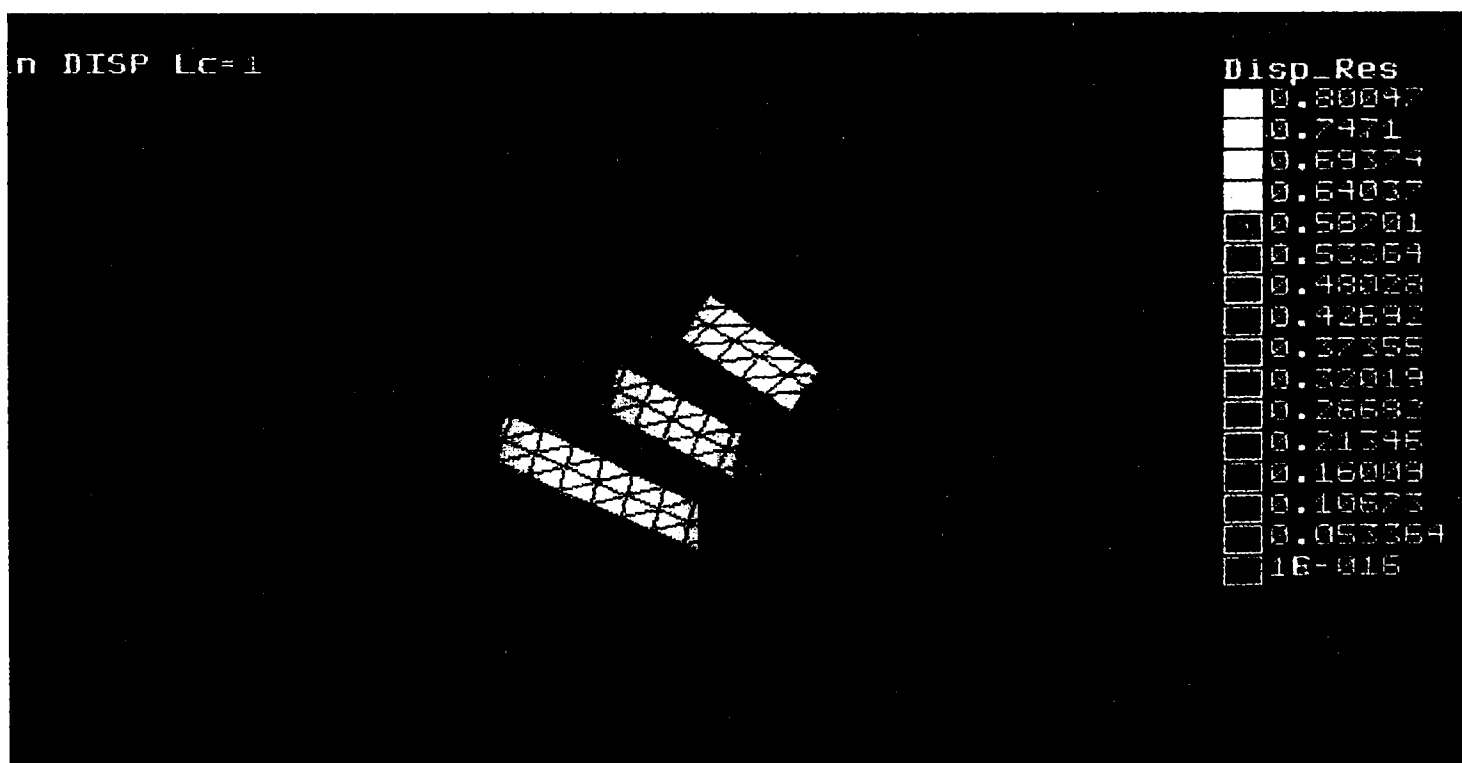


Figura 5.39. Distribuția deplasării rezultante $r = \sqrt{u^2 + v^2}$ pentru $a = 35$ [cm].

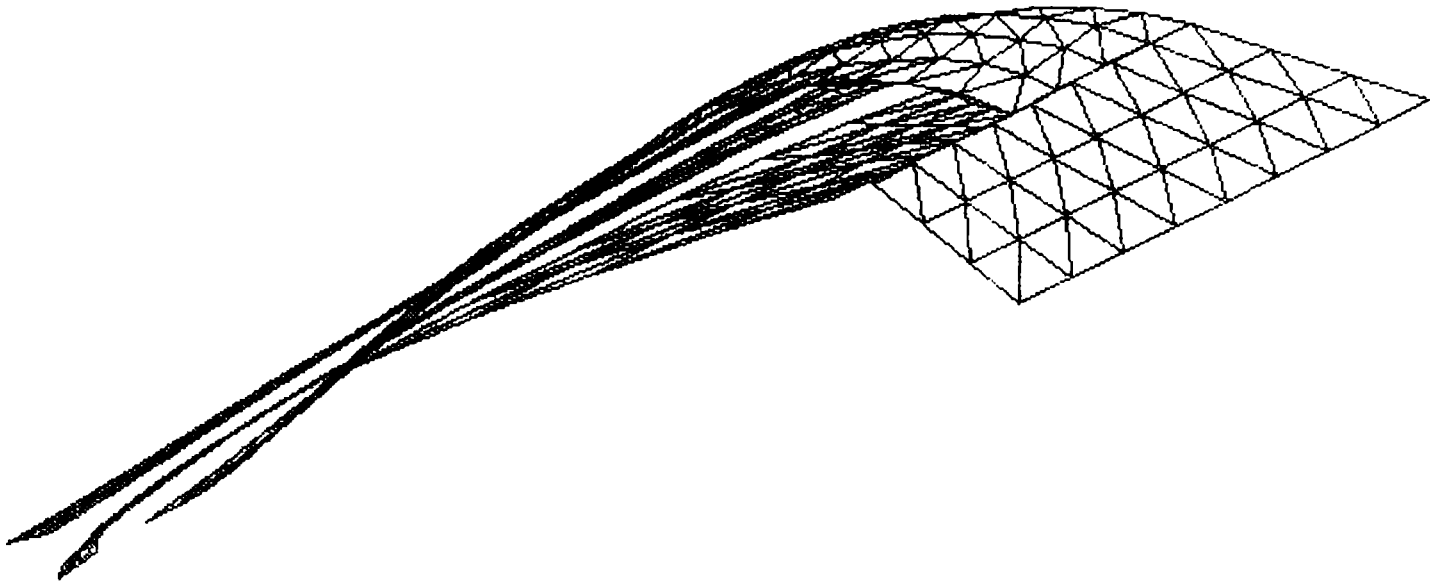


Figura 5.40. Modelul cu discretizarea suprafeței trupitei(cormană lamelară + brăzdar) văzut din spațiu.

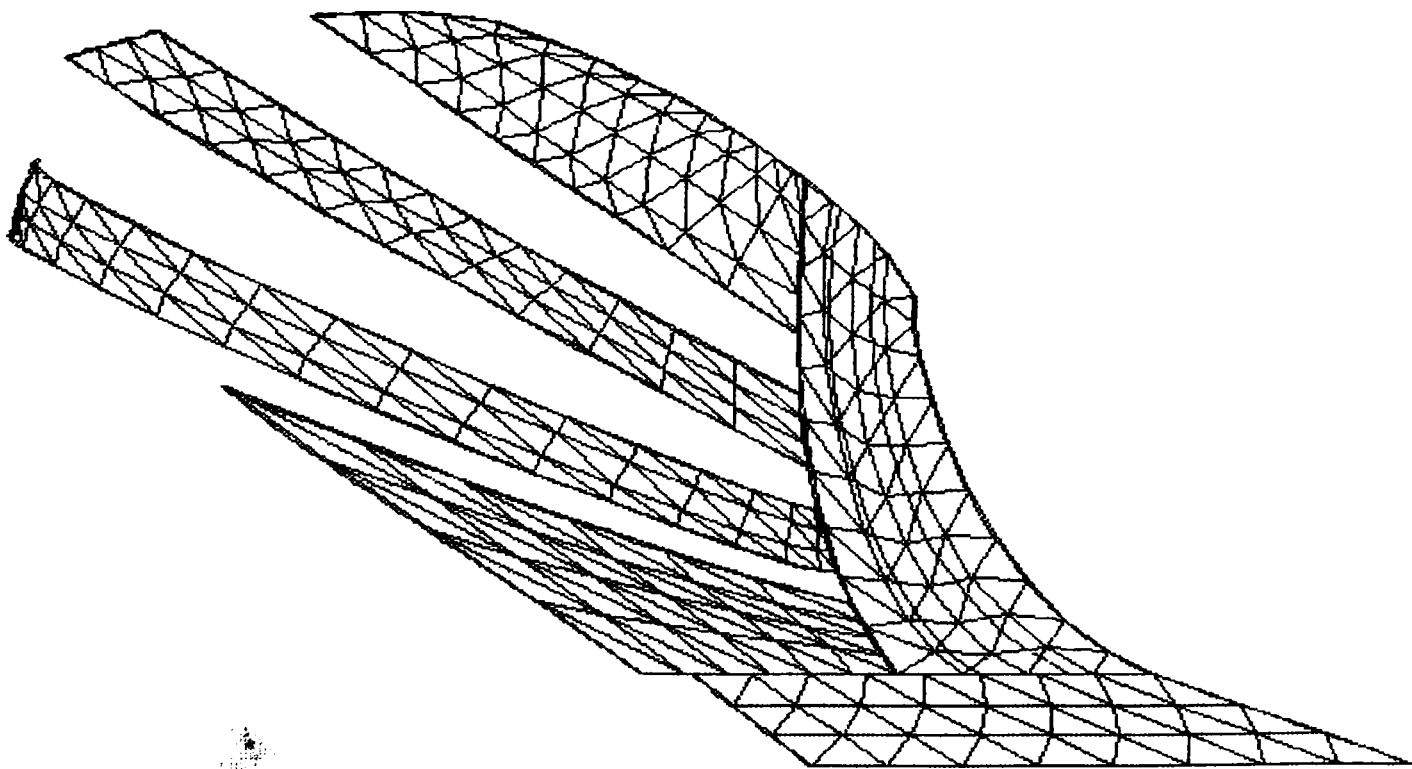


Figura 5.41. Modelul cu discretizarea suprafeței trupitei(cormană lamelară + brăzdar) văzut din planul xoz..

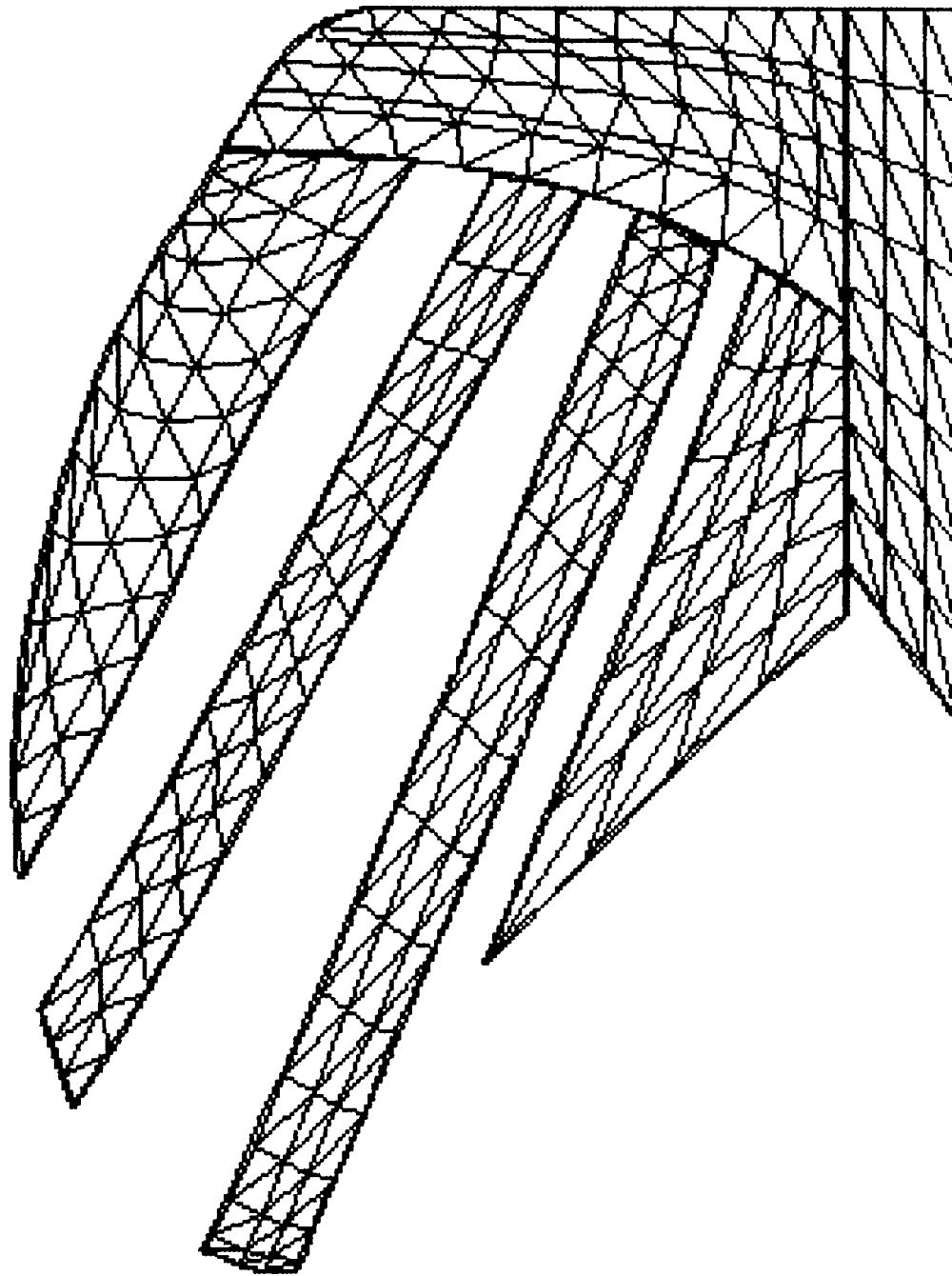


Figura 5.42. Modelul cu discretizare a suprafeței trupitei (cormană lamelară + brăzdar) văzut din planul yoz.

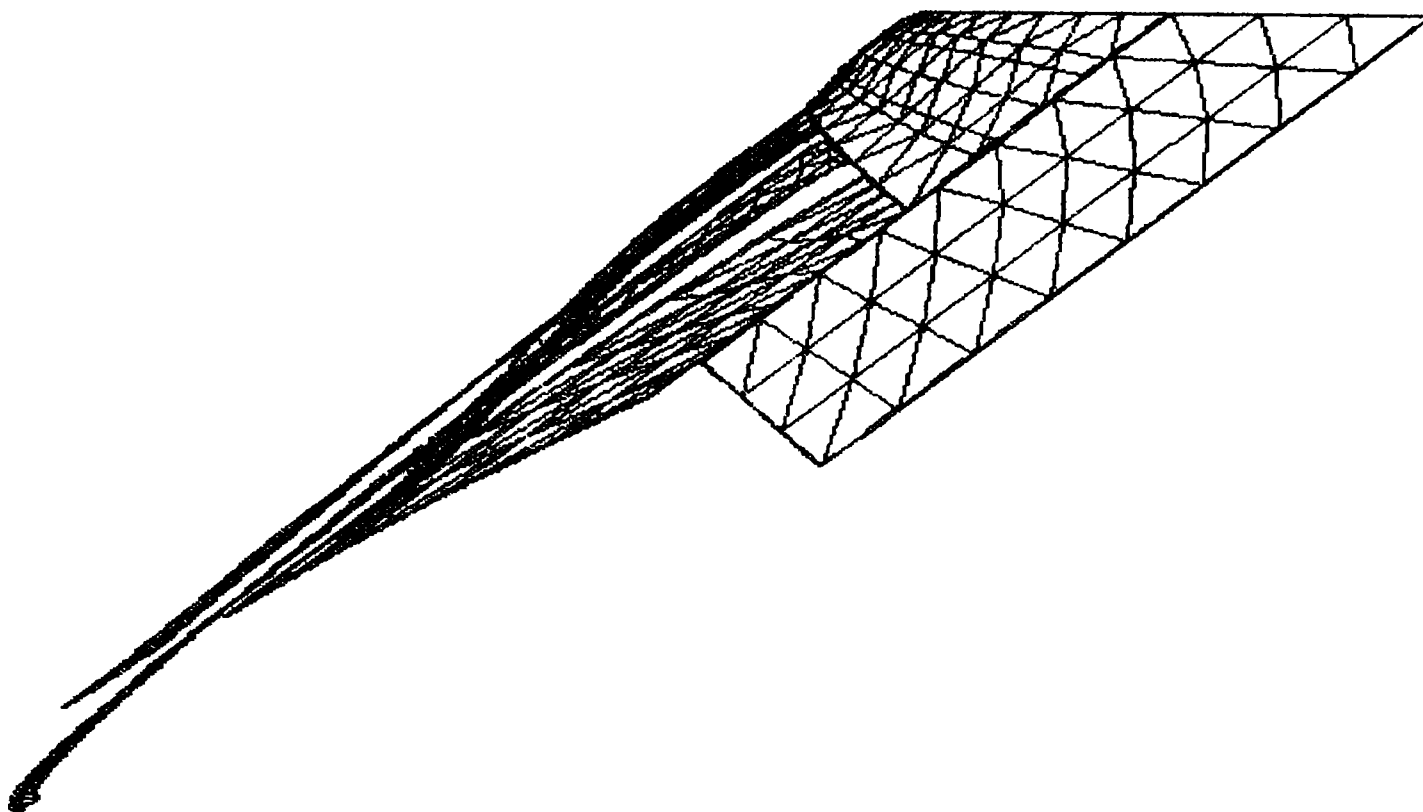


Figura 5.43. Modelul cu discretizarea suprafeței trupitei (cormană lamelară – brăzdar) văzut din planul xoy.

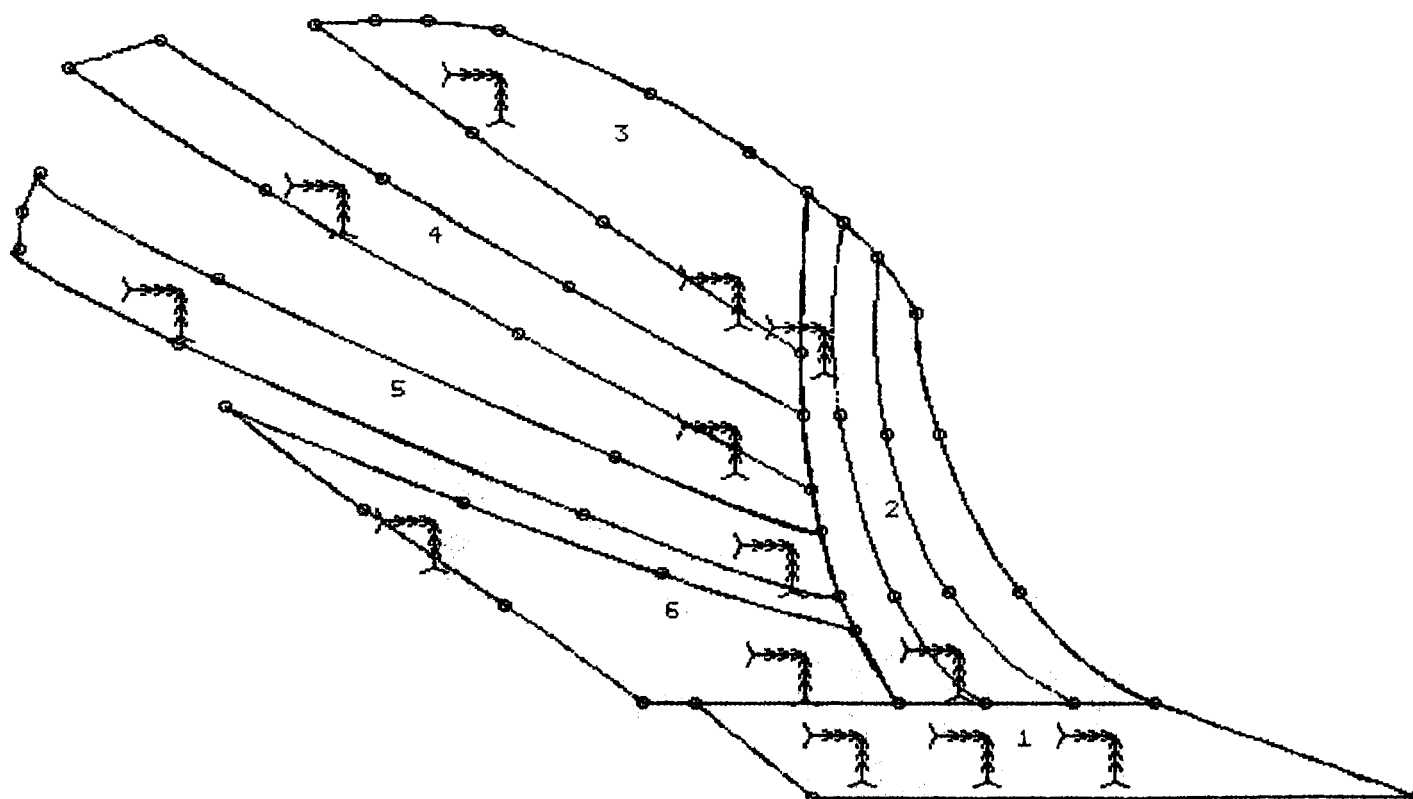


Figura 5.44. Modelul cu reprezentarea curbelor, suprafețelor și punctelor de încastrare.

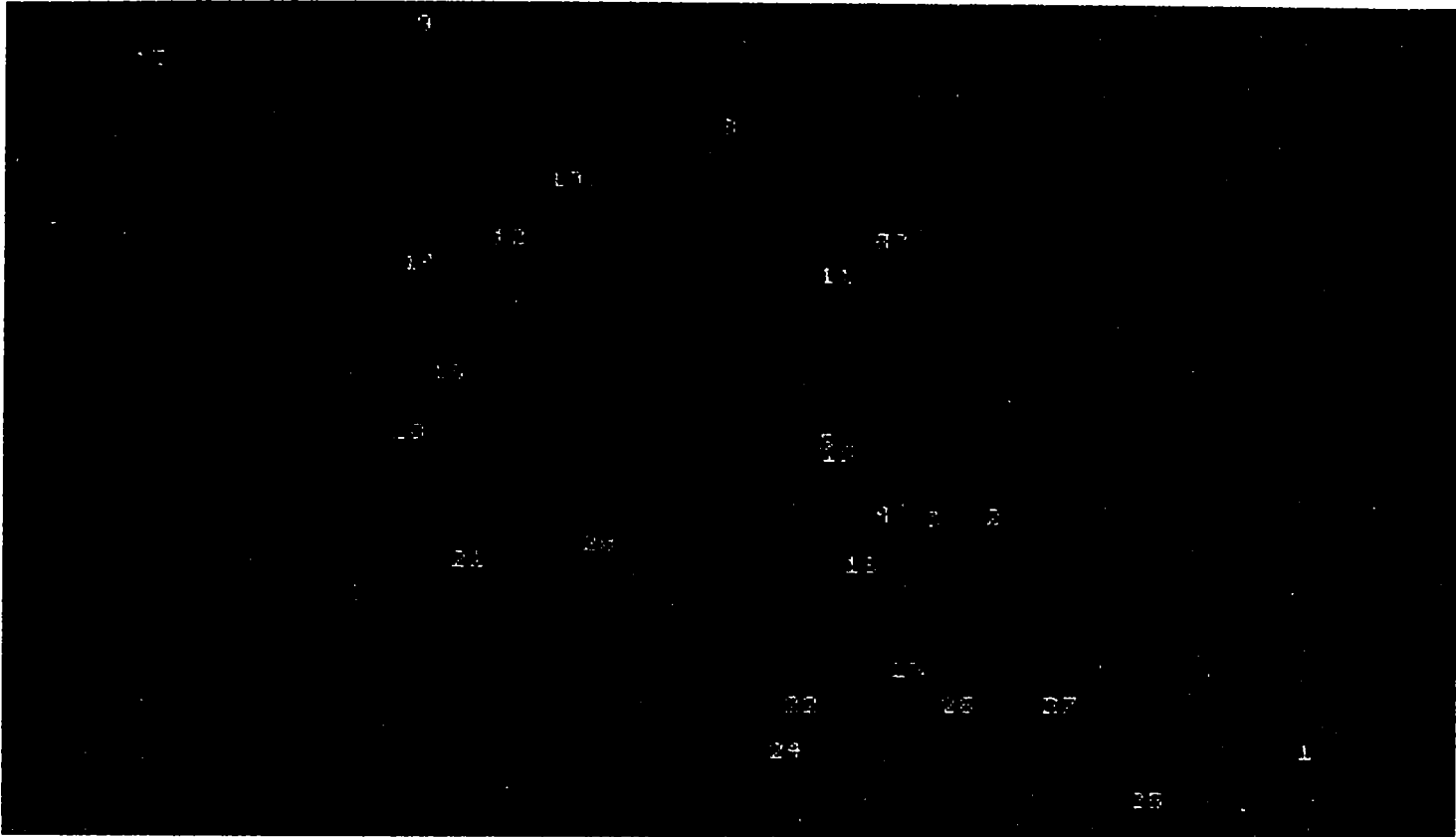


Figura 5.45. Modelul cu numerotarea nodurilor.

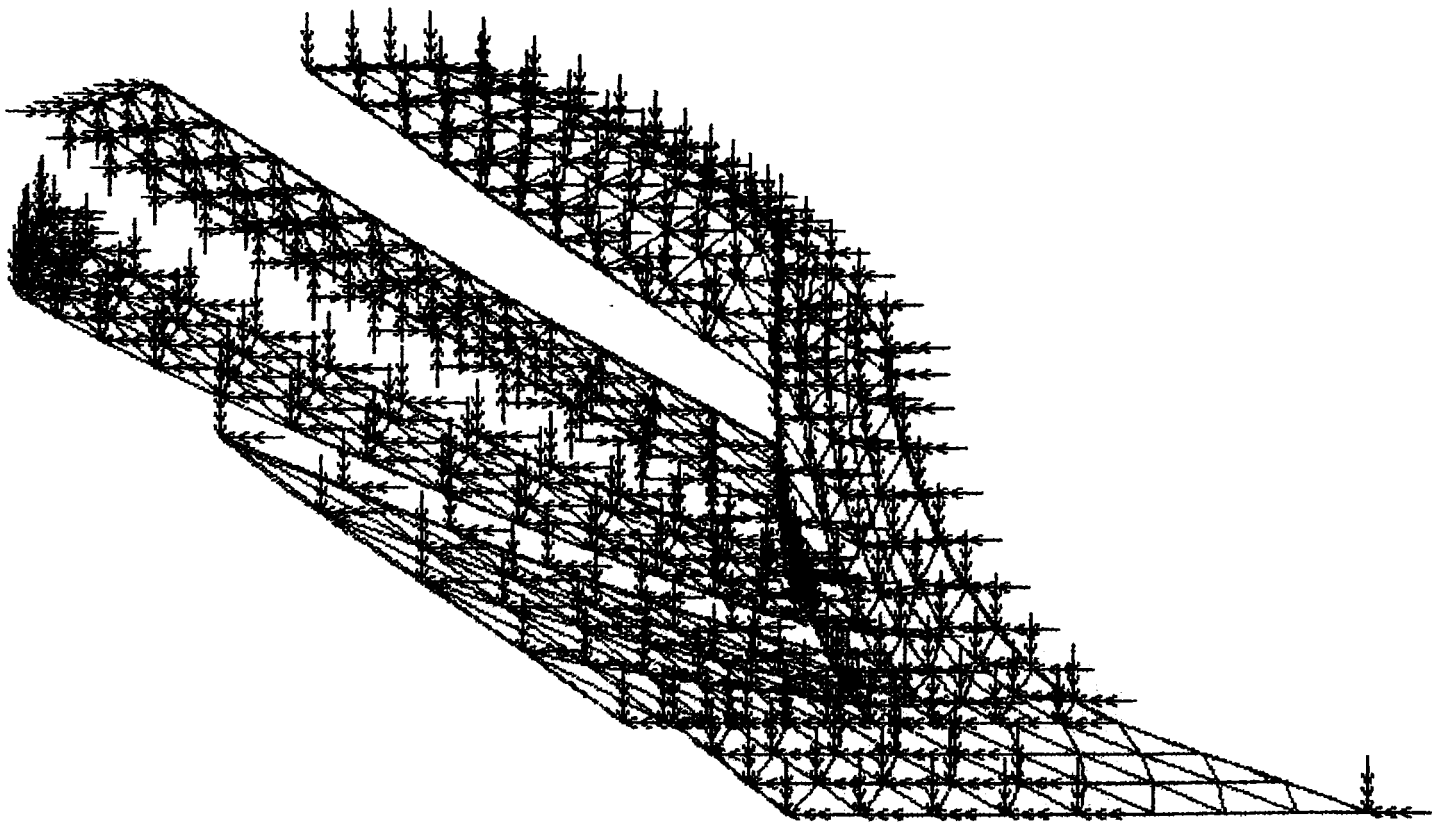


Figura 5.46. Modelul cu reprezentarea forțelor care acționează asupra trupitei (cormană lamelară + brăzdar)

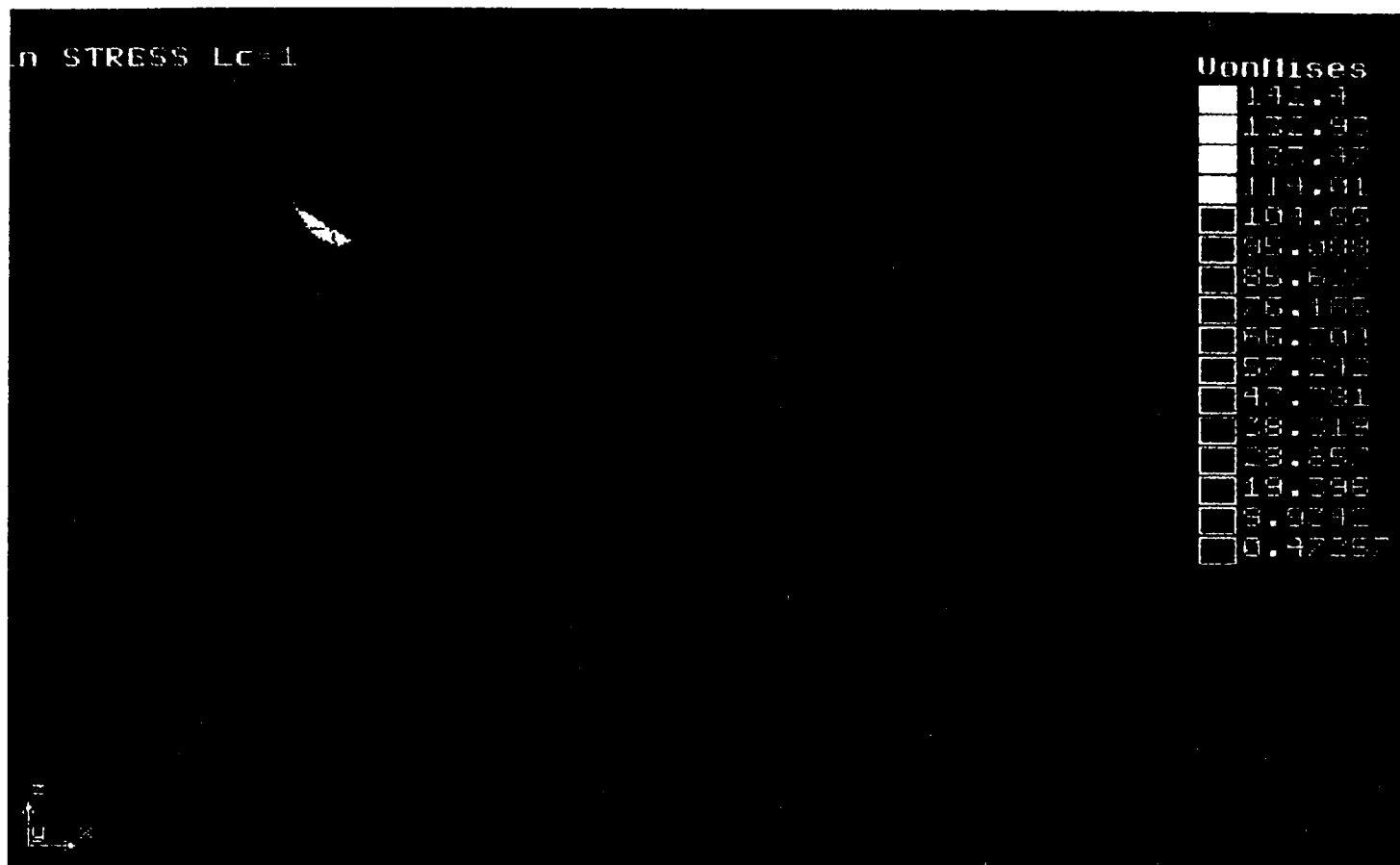


Figura 5.47. Distribuția tensiunii după teoria a cincea de rezistență(Von Mises)
 $\sigma_{ech.(5)}$ pentru $a = 30$ [cm].



Figura 5.48. Distribuția tensiunii după teoria a cincea de rezistență(Von Mises)
 $\sigma_{ech.(5)}$ pentru $a = 35$ [cm].

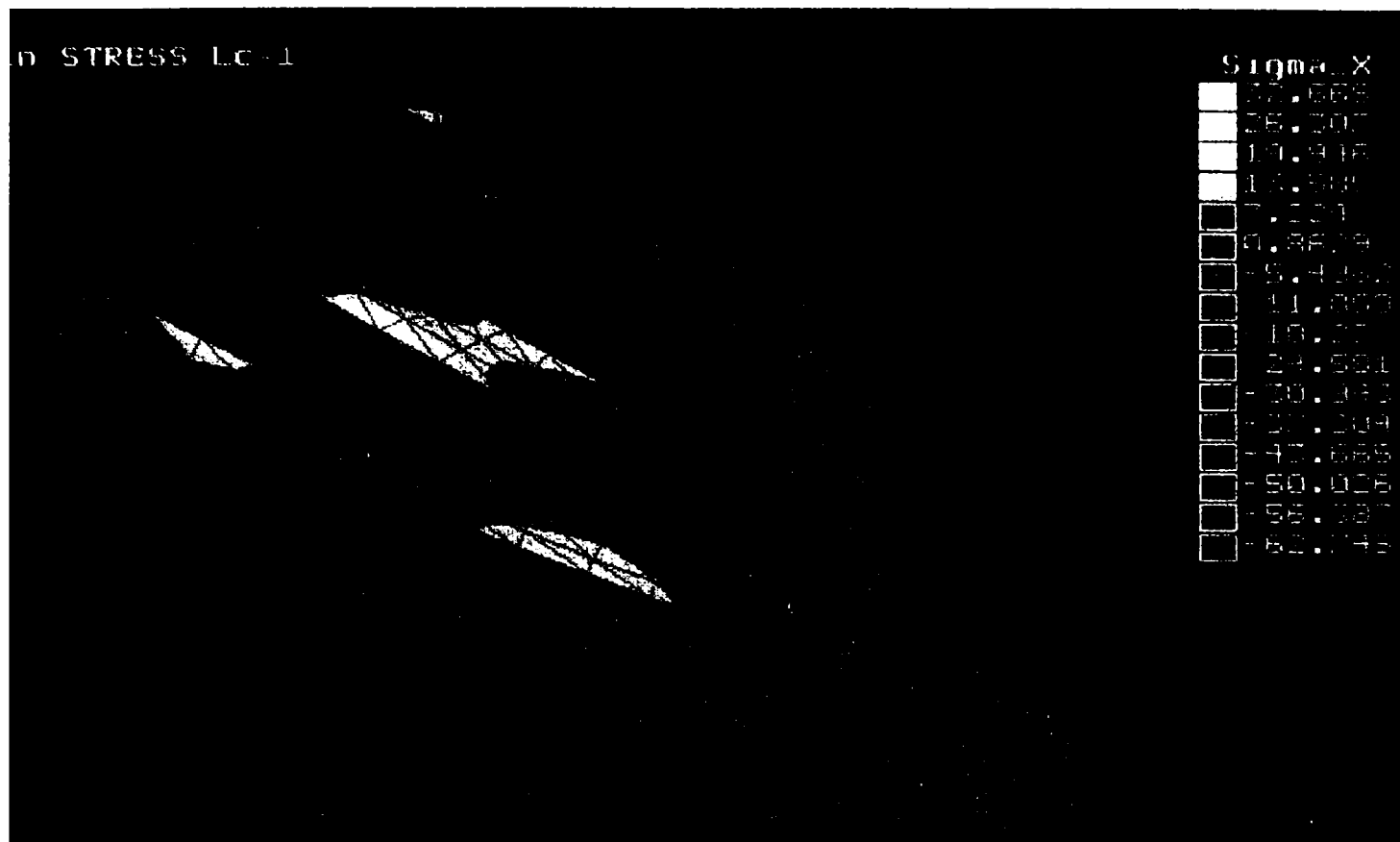


Figura 5.49. Distribuția tensiunii normale σ_x pentru $a = 30$ [cm].

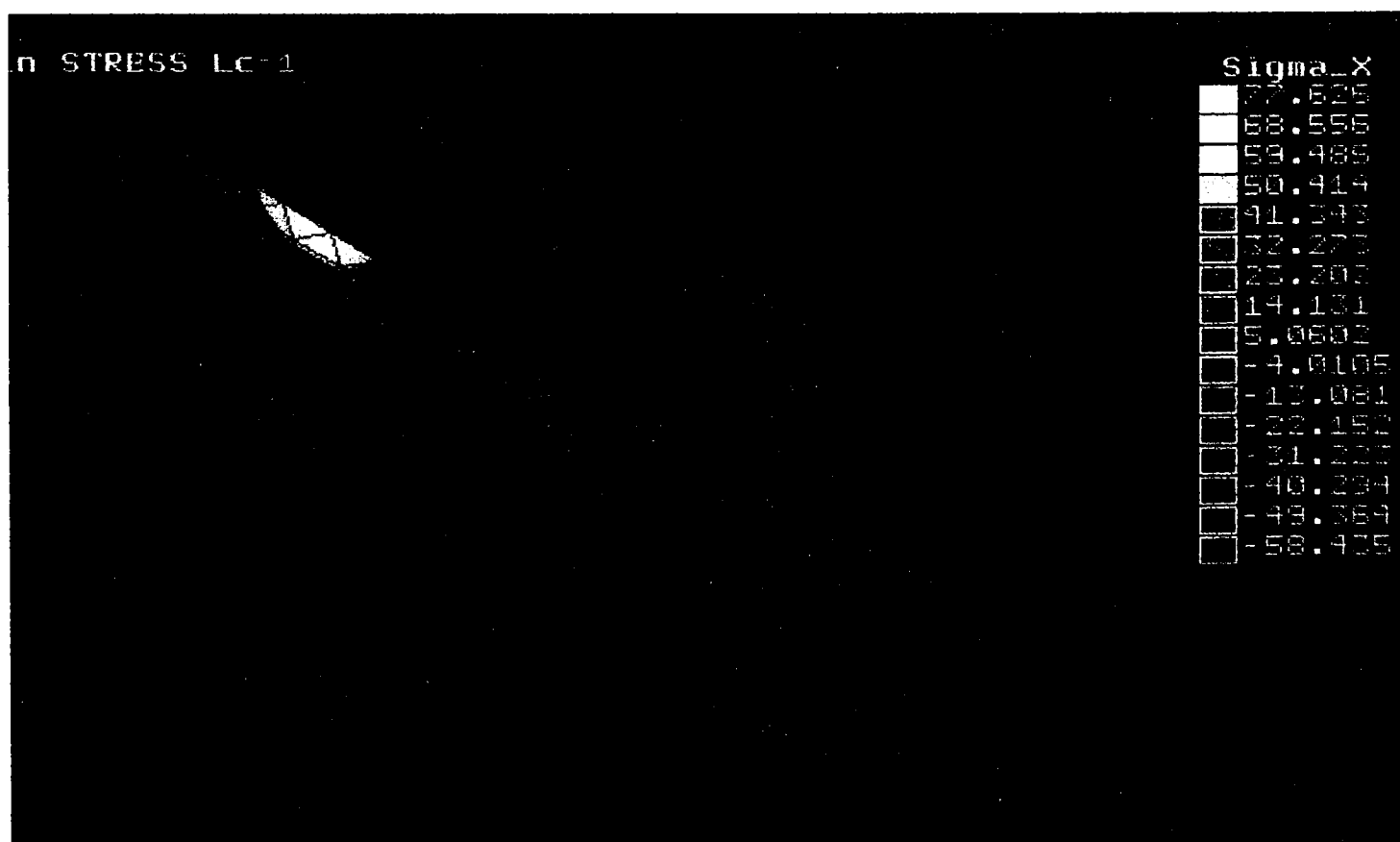


Figura 5.50. Distribuția tensiunii normale σ_x pentru $a = 35$ [cm].

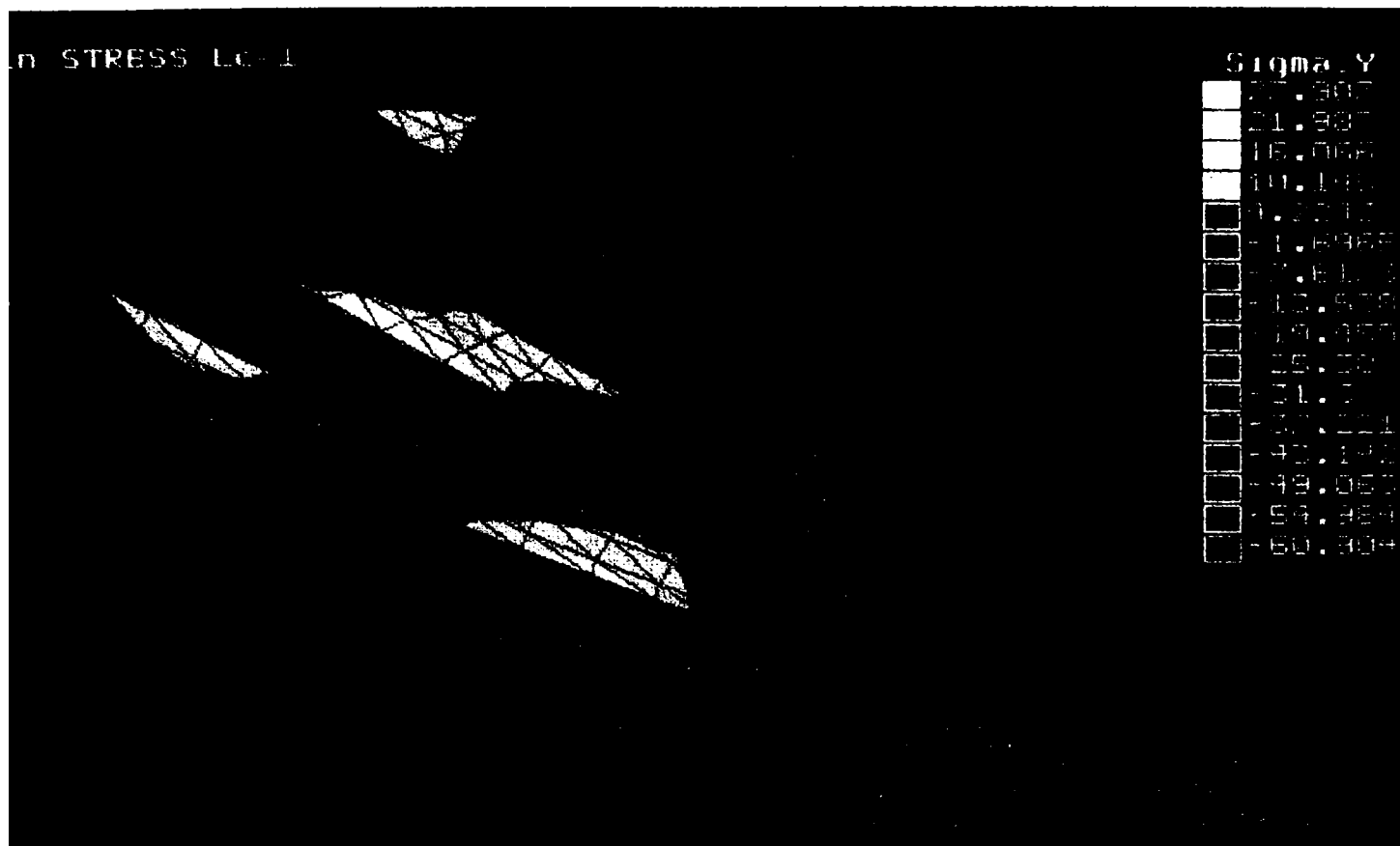


Figura 5.51. Distribuția tensiunii normale σ_y pentru $a = 30$ [cm].



Figura 5.52. Distribuția tensiunii normale σ_y pentru $a = 35$ [cm].

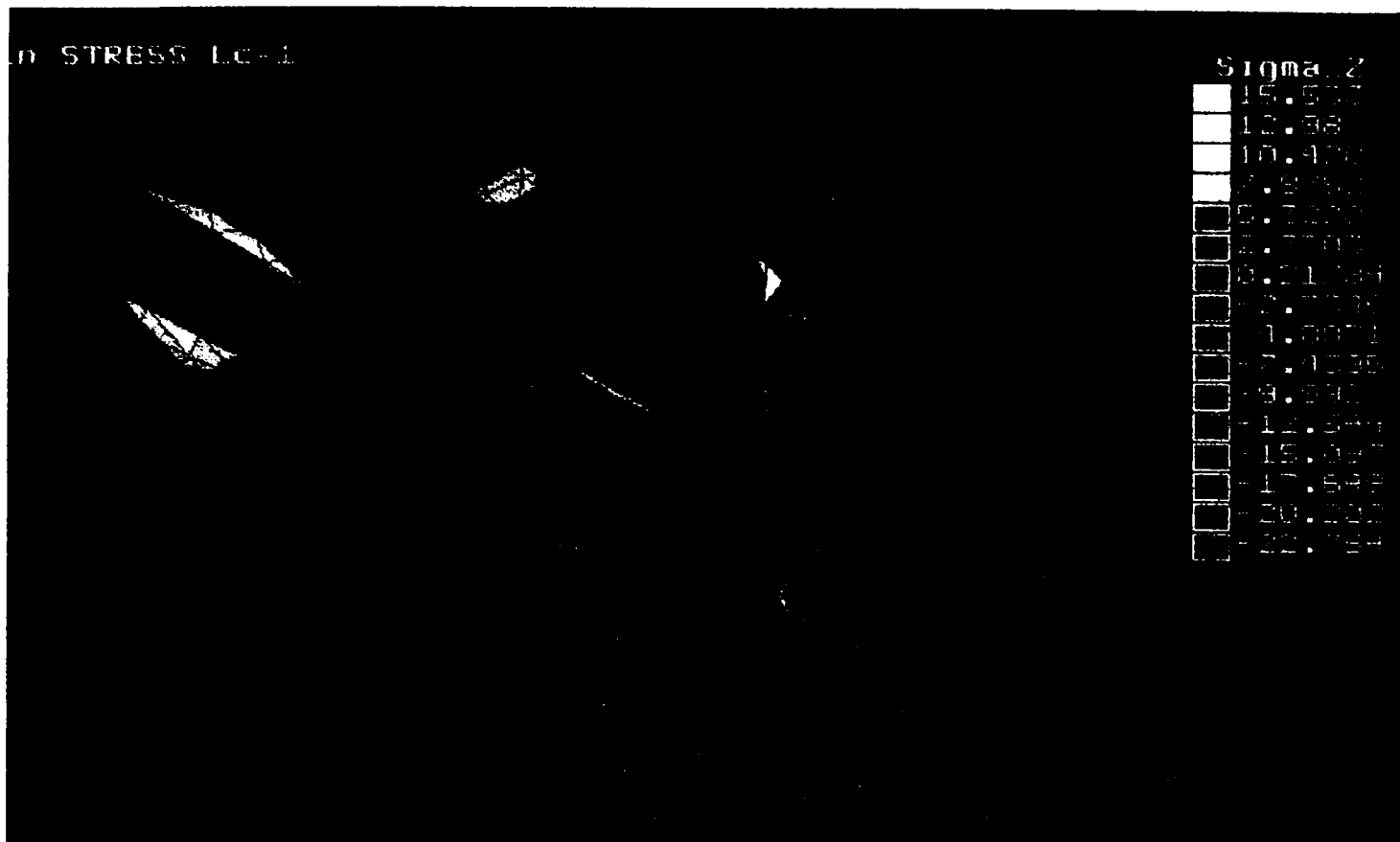


Figura 5.53. Distribuția tensiunii normale σ_z pentru $a = 30$ [cm].



Figura 5.54. Distribuția tensiunii normale σ_z pentru $a = 35$ [cm].

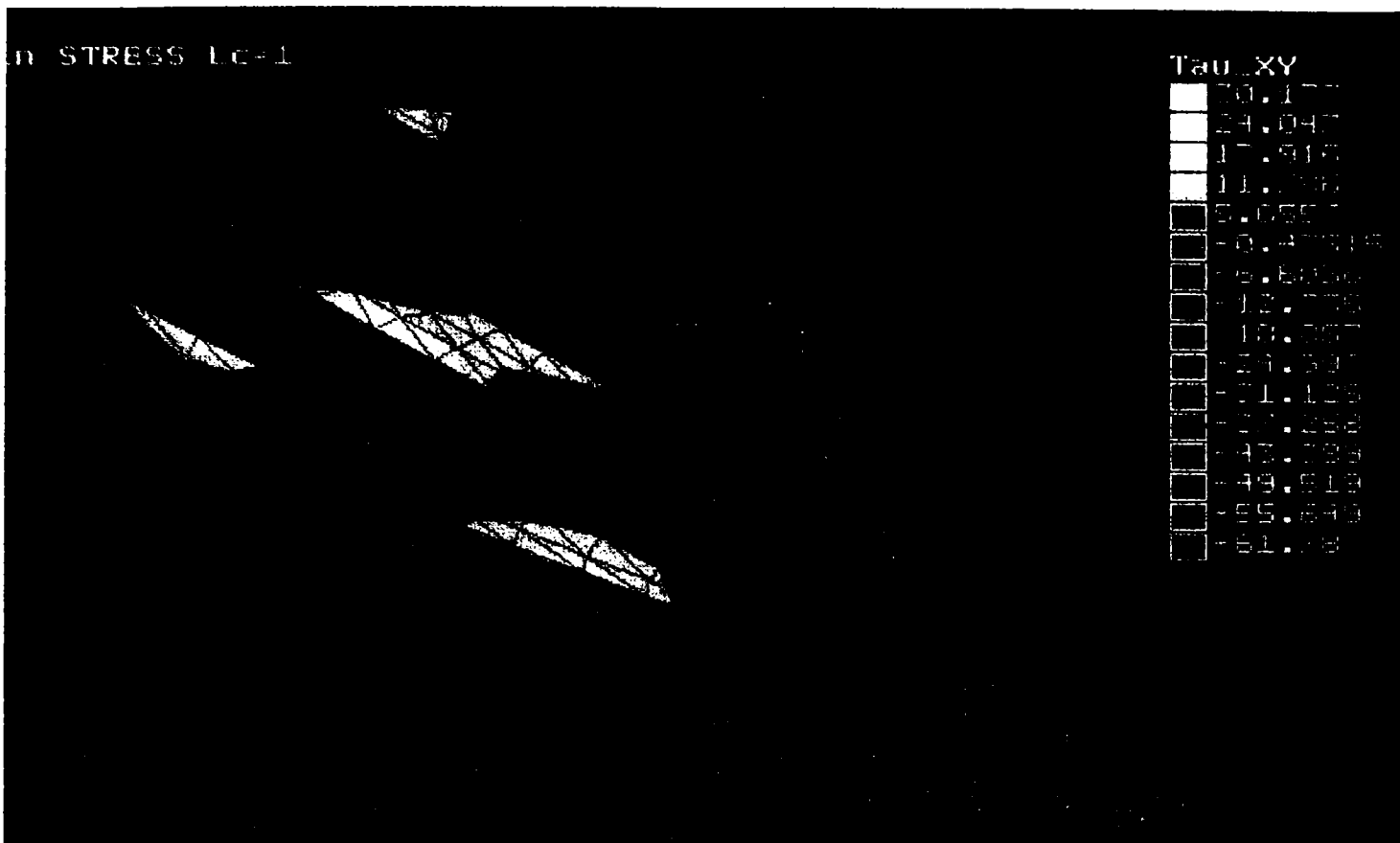


Figura 5.55. Distribuția tensiunii tangențiale τ_{xy} pentru $a = 30$ [cm].



Figura 5.56. Distribuția tensiunii tangențiale τ_{xy} pentru $a = 35$ [cm].

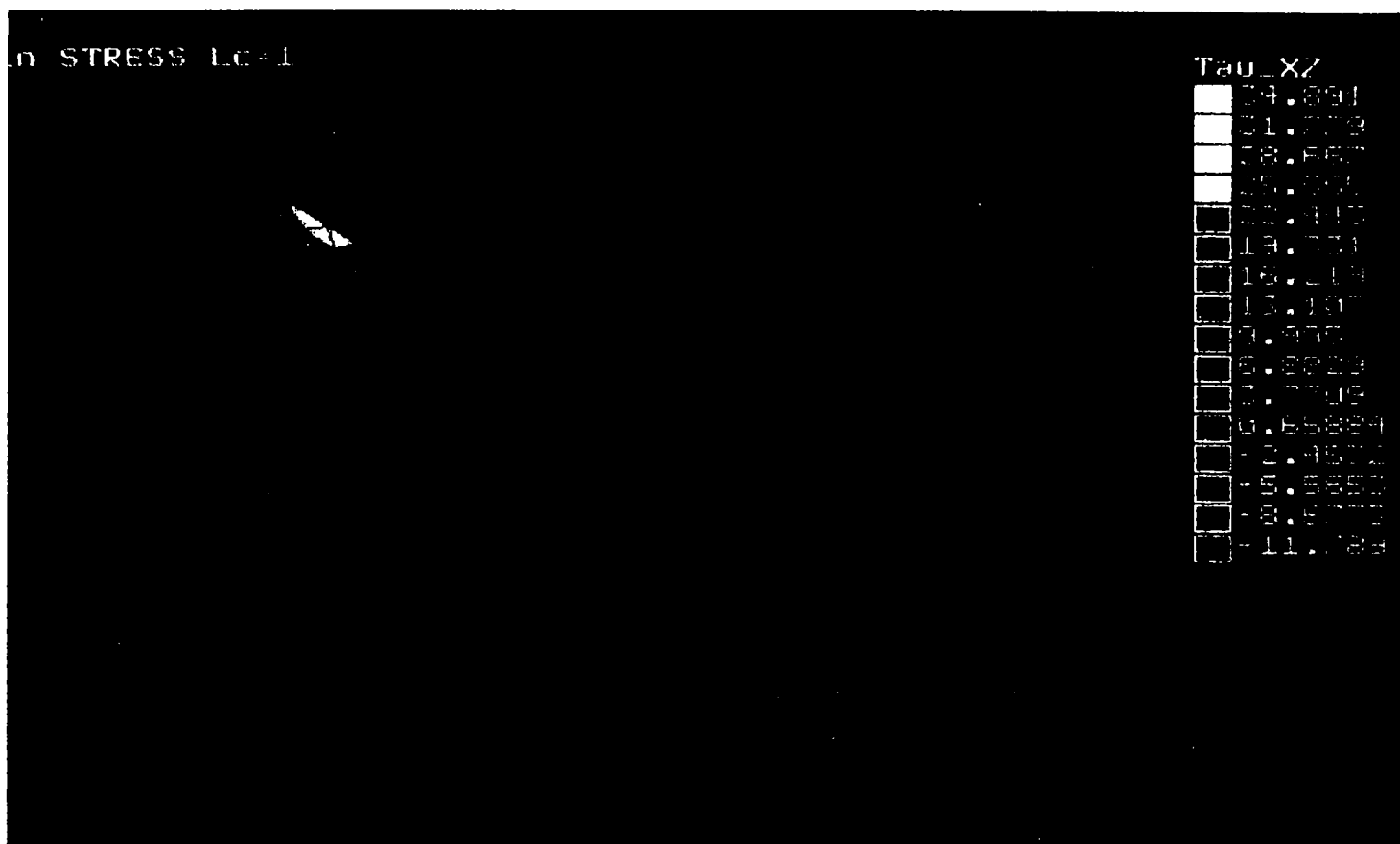


Figura 5.57. Distribuția tensiunii tangențiale τ_{xz} pentru $a = 30$ [cm].

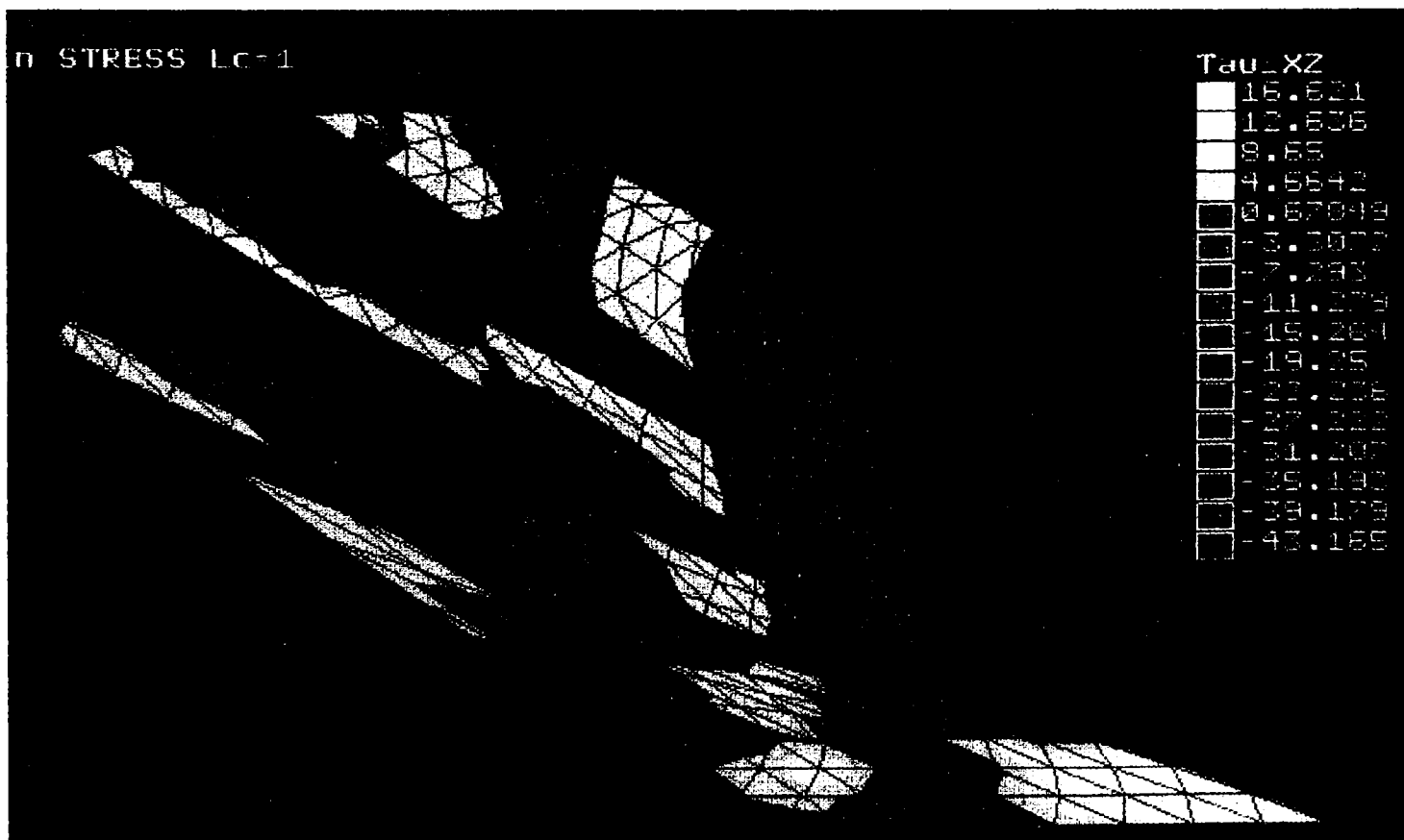


Figura 5.58. Distribuția tensiunii tangențiale τ_{xz} pentru $a = 35$ [cm].

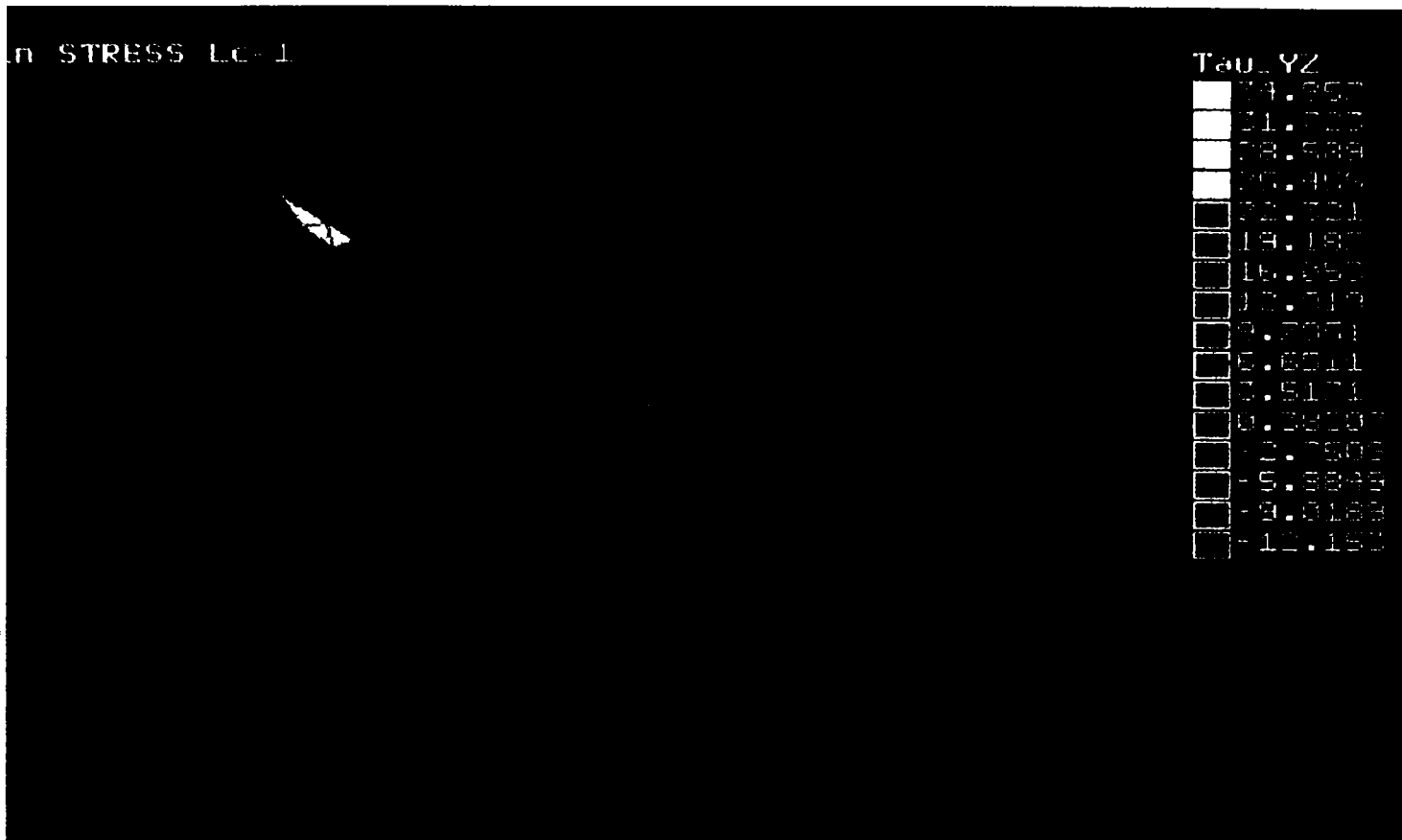


Figura 5.59. Distribuția tensiunii tangențiale τ_{yz} pentru $a = 30$ [cm].

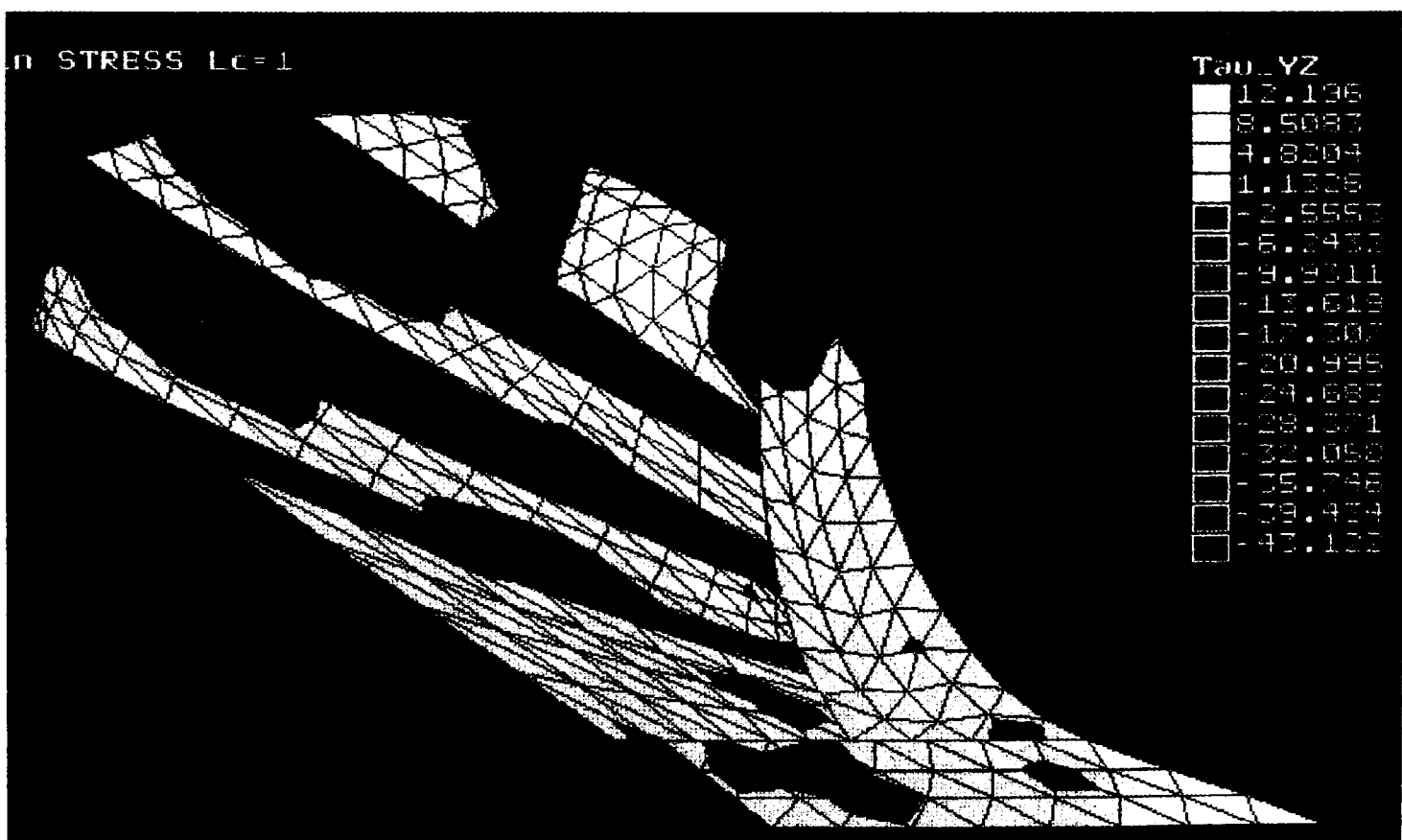


Figura 5.60. Distribuția tensiunii tangențiale τ_{yz} pentru $a = 35$ [cm].

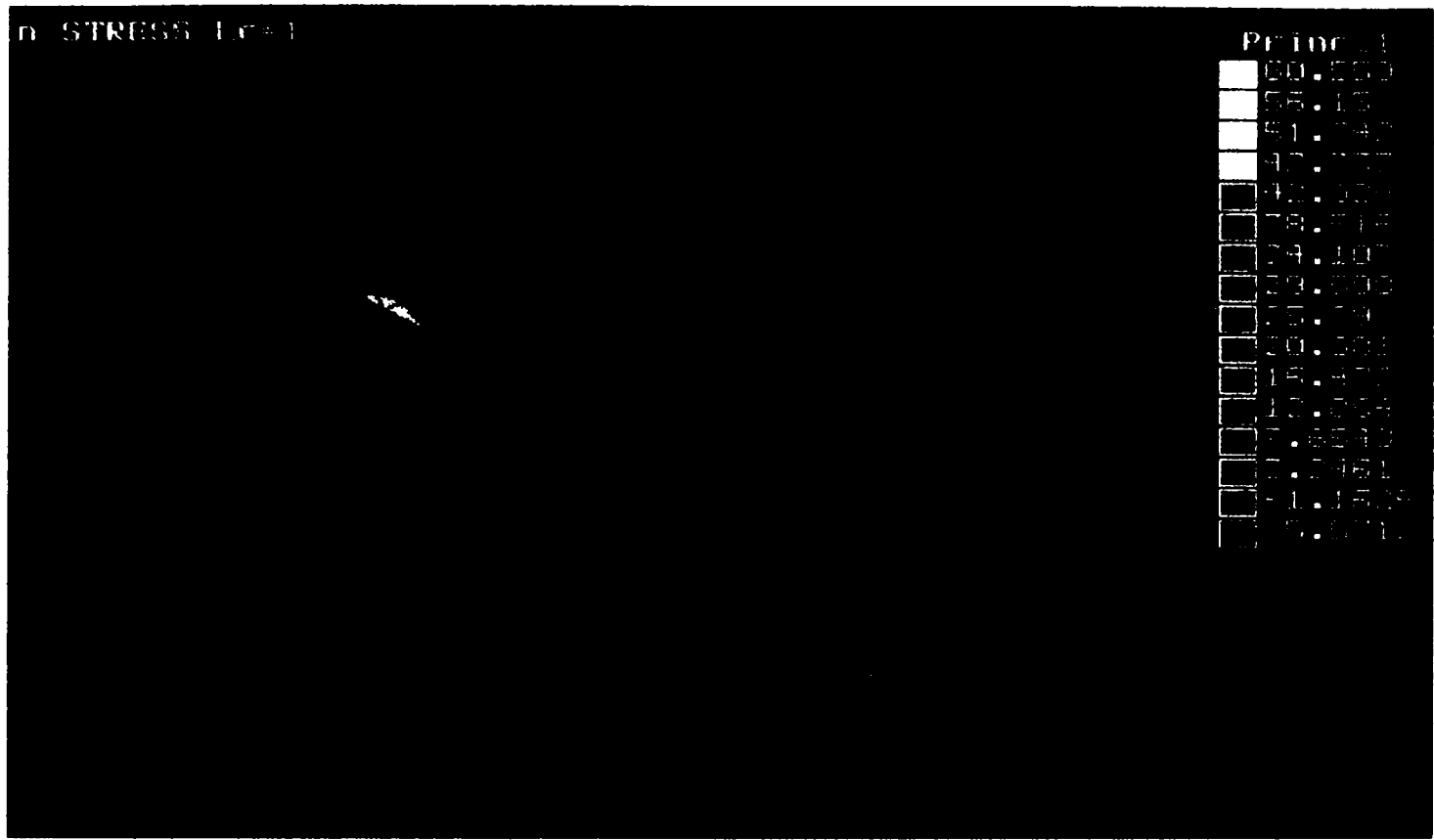


Figura 5.61. Distribuția tensiunii normale principale σ_1 pentru $a = 30$ [cm].



Figura 5.62. Distribuția tensiunii normale principale σ_1 pentru $a = 35$ [cm].



Figura 5.63. Distribuția tensiunii normale principale σ_2 pentru $a = 30$ [cm].

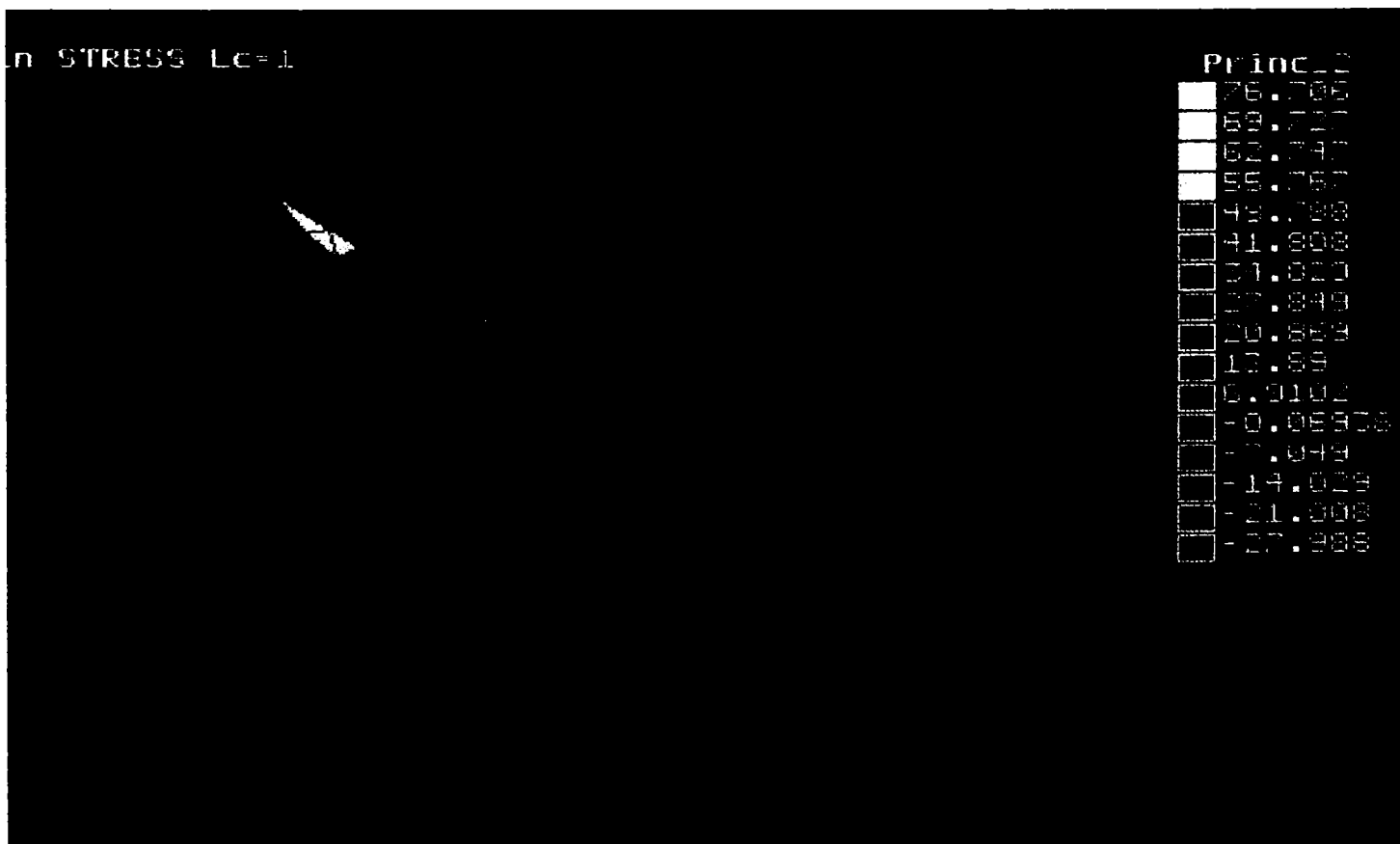


Figura 5.64. Distribuția tensiunii normale principale σ_2 pentru $a = 35$ [cm].

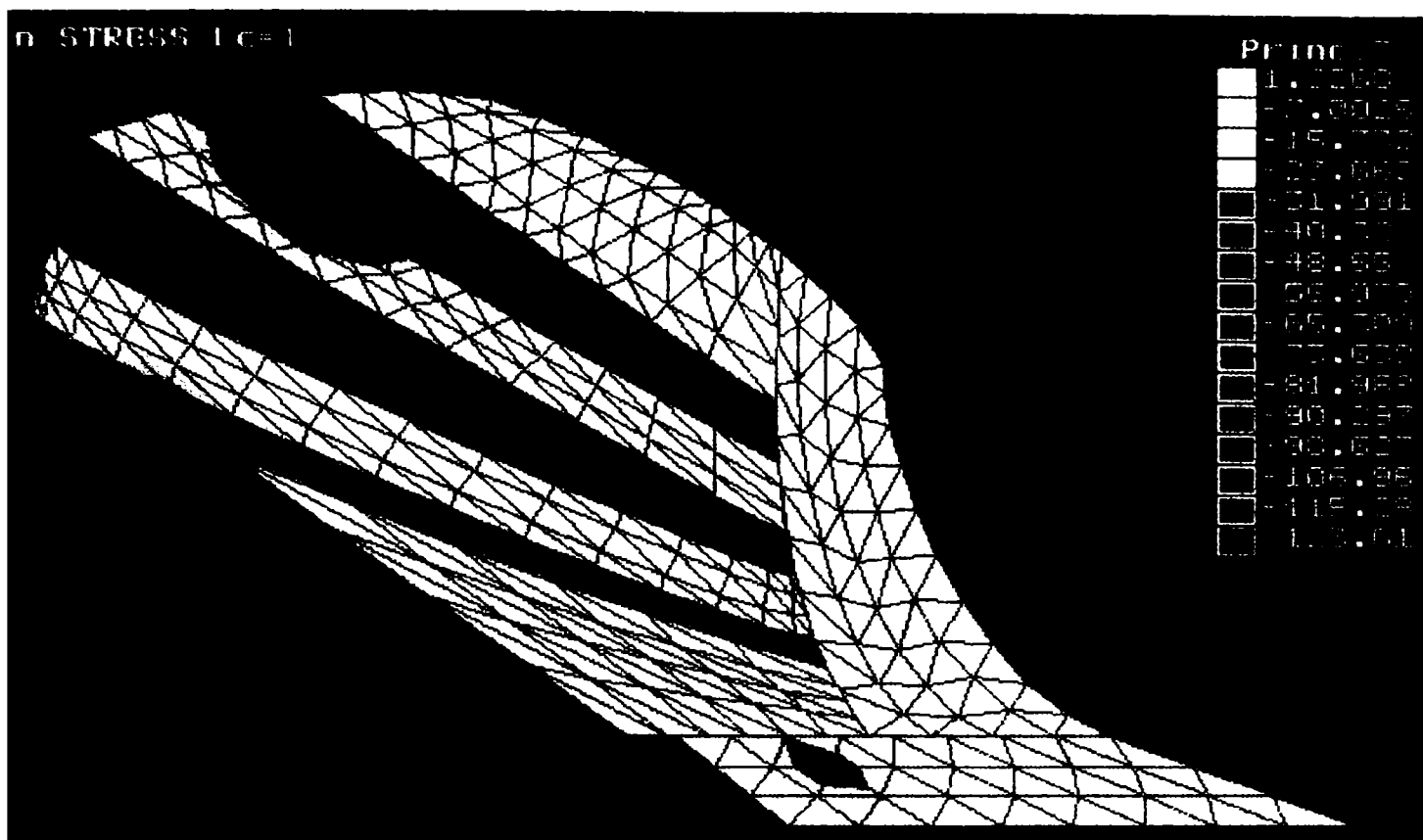


Figura 5.65. Distribuția tensiunii normale principale σ_3 pentru $a = 35$ [cm].

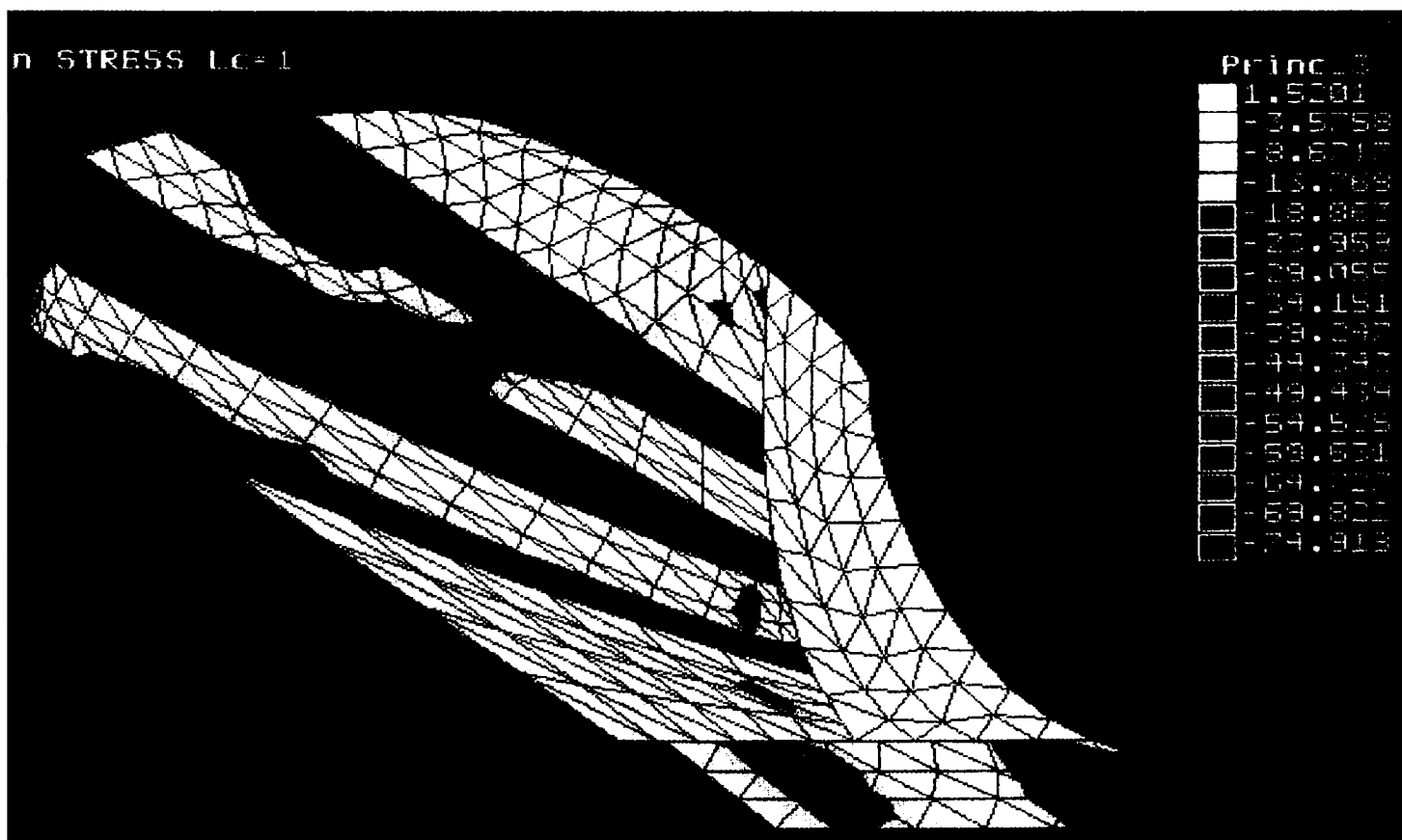


Figura 5.66. Distribuția tensiunii normale principale σ_2 pentru $a = 35$ [cm].

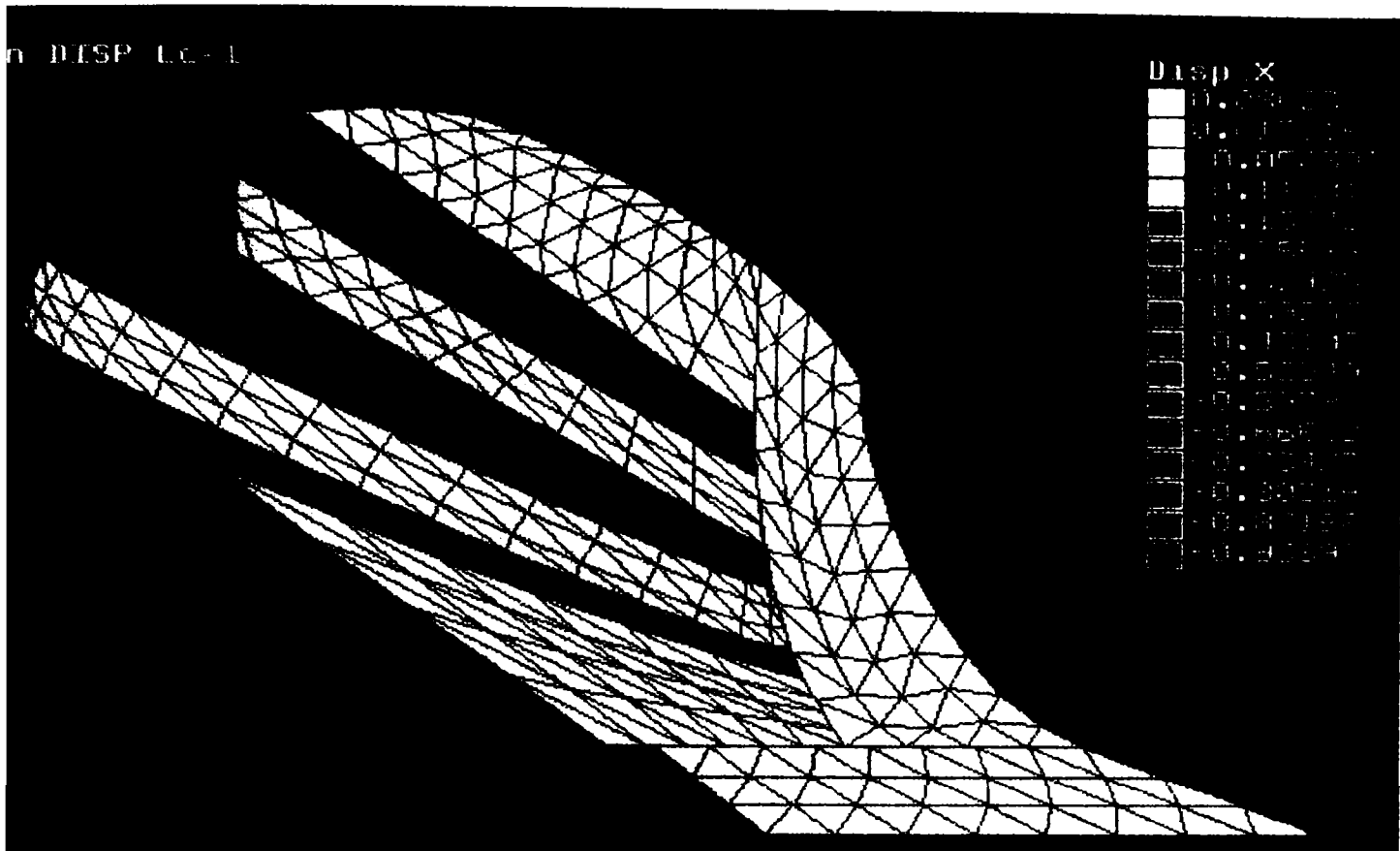


Figura 5.67. Distribuția componentei deplasării după axa x (deplasarea u) pentru $a = 30$ [cm].

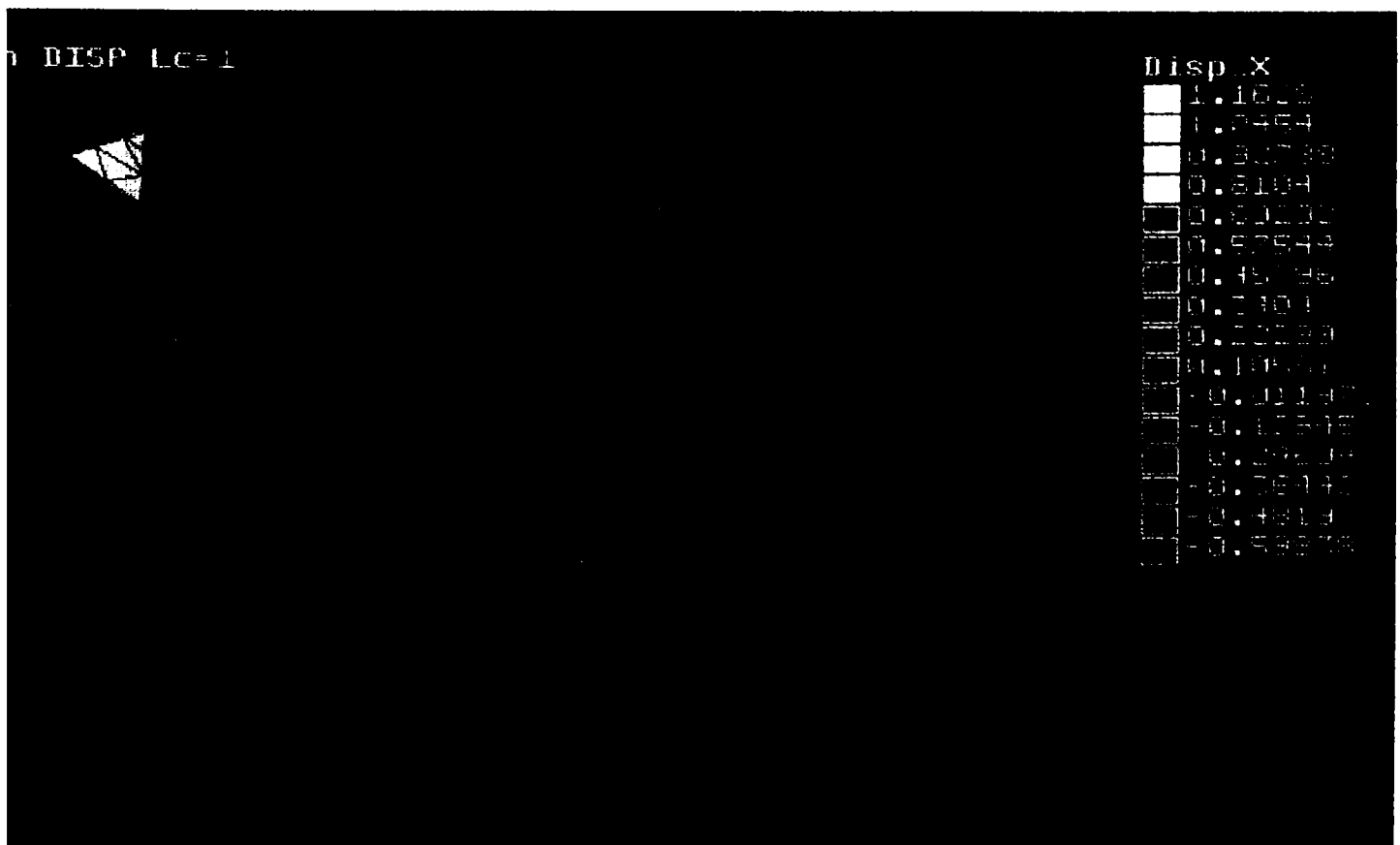


Figura 5.68. Distribuția componentei deplasării după axa x (deplasarea u) pentru $a = 35$ [cm].

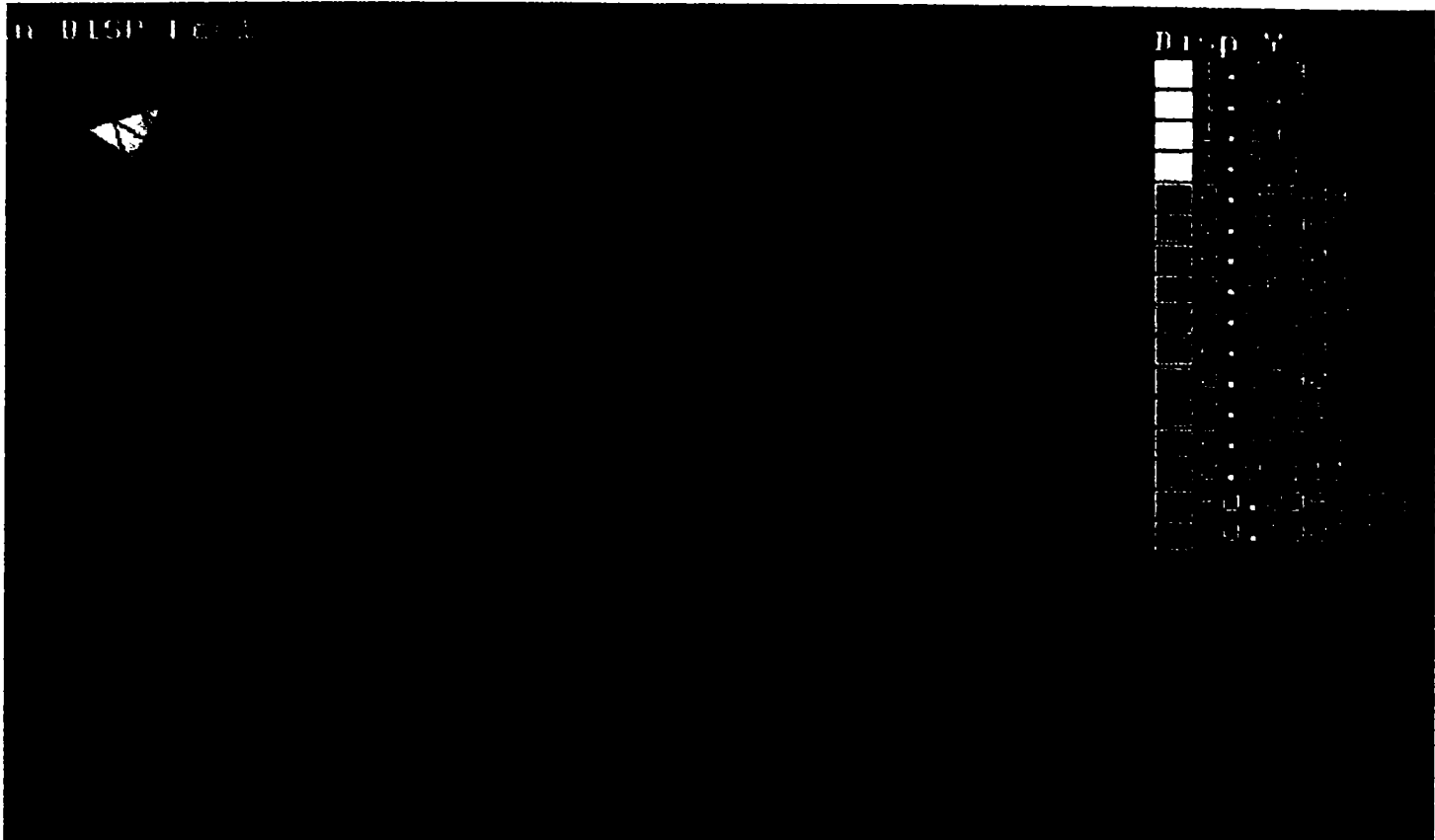


Figura 5.69. Distribuția componentei deplasării după axa y (deplasarea v) pentru $a = 30$ [cm].



Figura 5.70. Distribuția componentei deplasării după axa y (deplasarea v) pentru $a = 35$ [cm].



Figura 5.71. Distribuția componentei deplasării după axa z (deplasarea w) pentru $a = 35$ [cm].

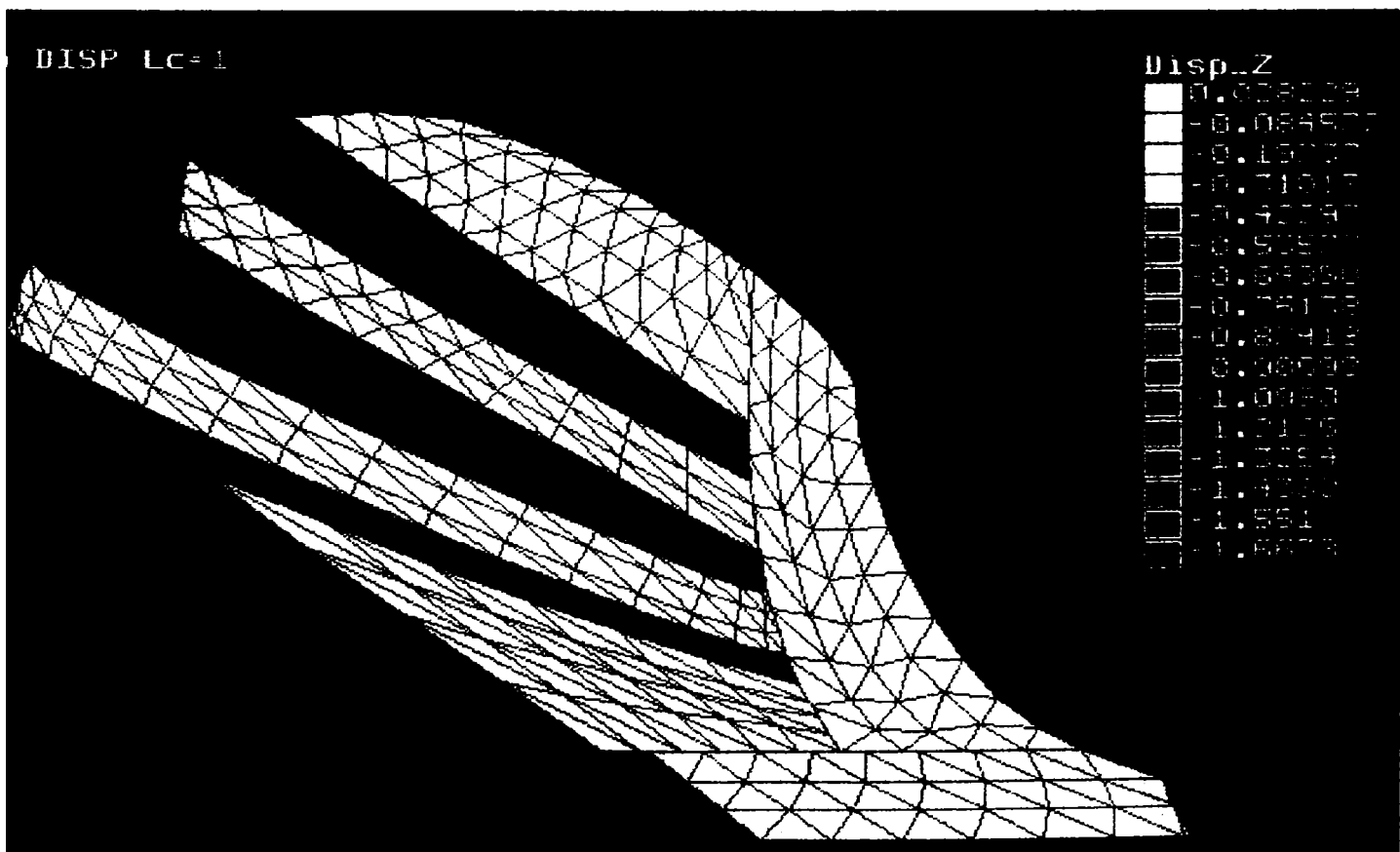


Figura 5.72. Distribuția componentei deplasării după axa z (deplasarea w) pentru $a = 35$ [cm].

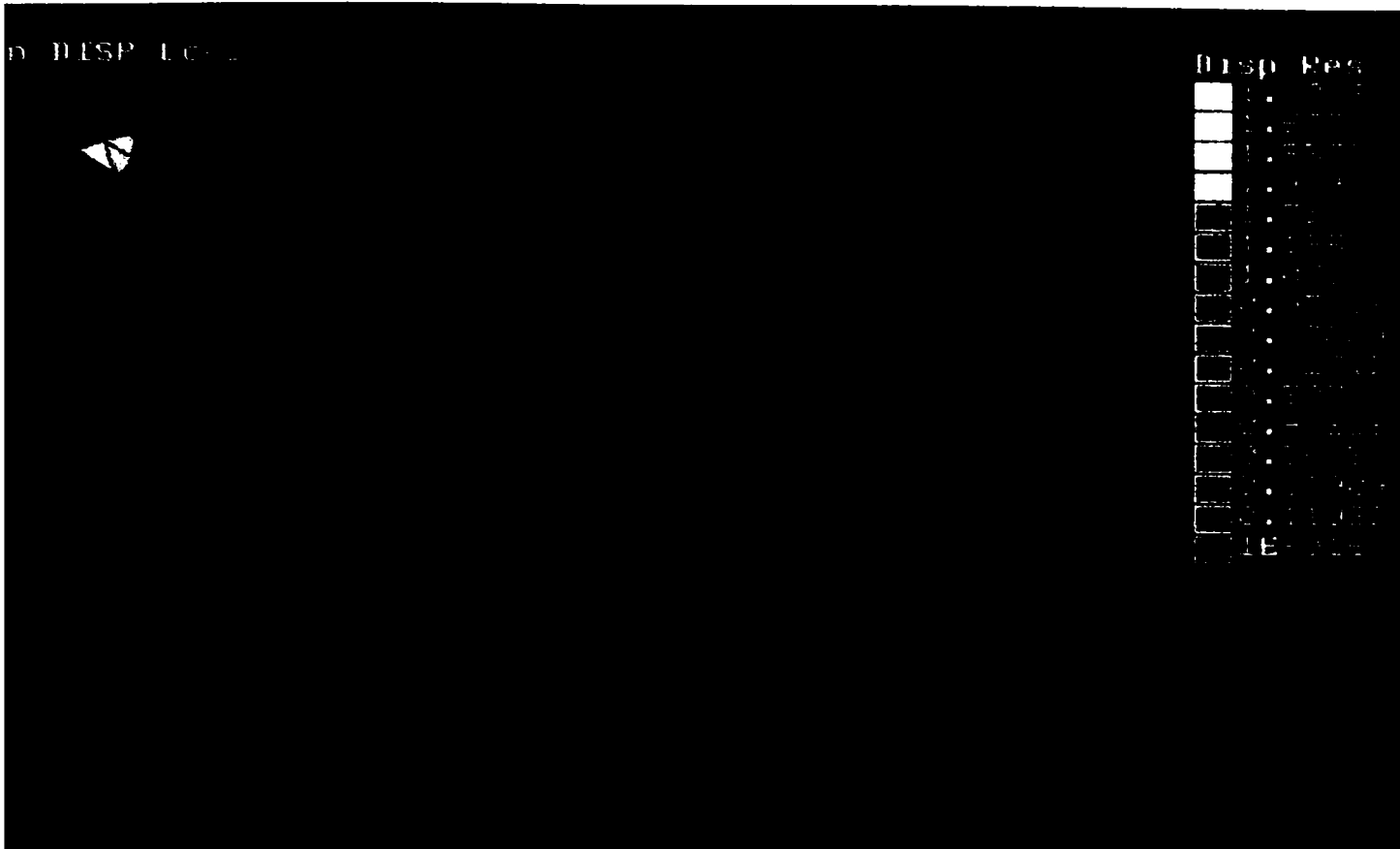


Figura 5.73. Distribuția deplasării rezultante $r = \sqrt{u^2 + v^2}$ pentru $a = 30$ [cm].

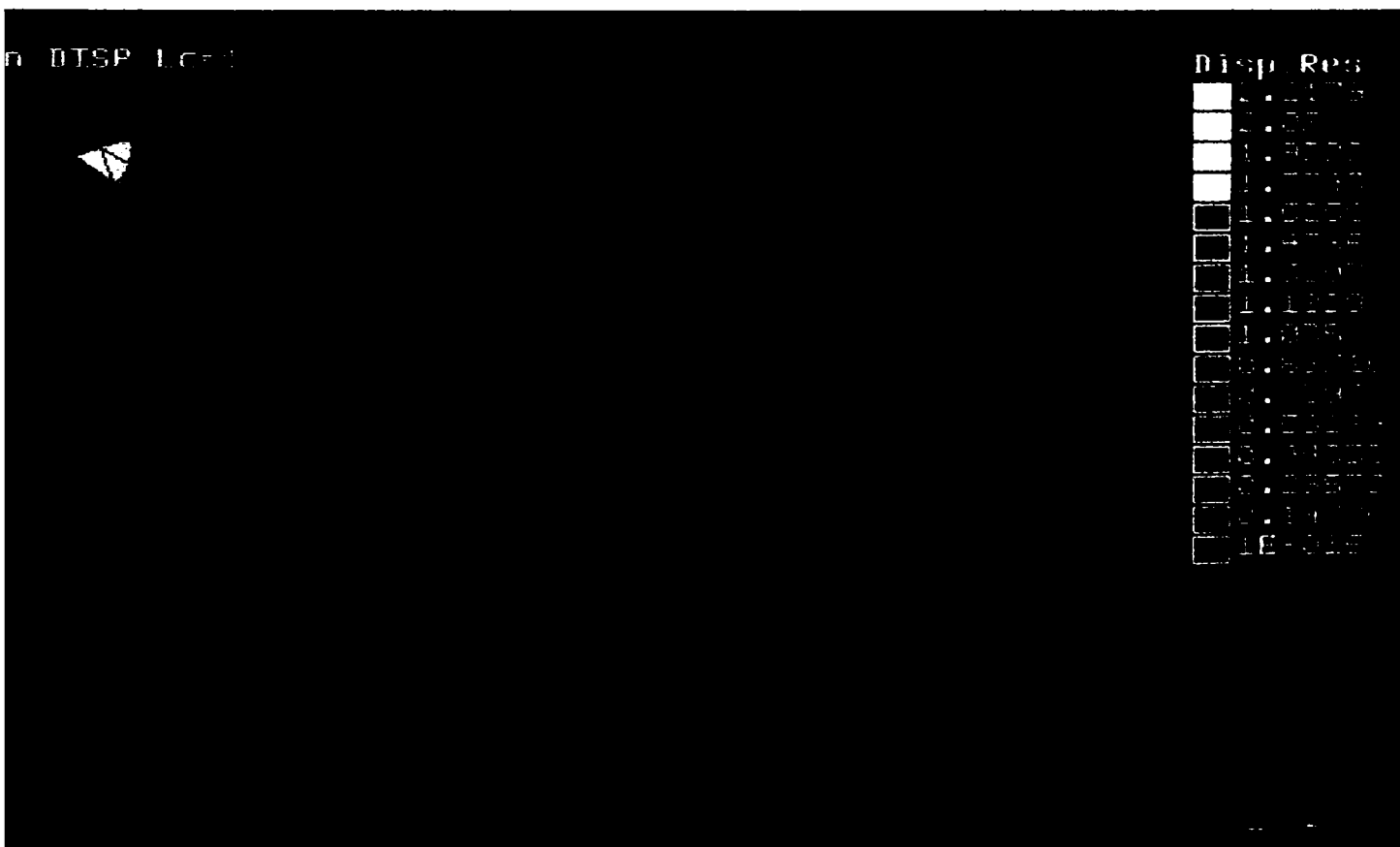


Figura 5.74. Distribuția deplasării rezultante $r = \sqrt{u^2 + v^2}$ pentru $a = 35$ [cm].

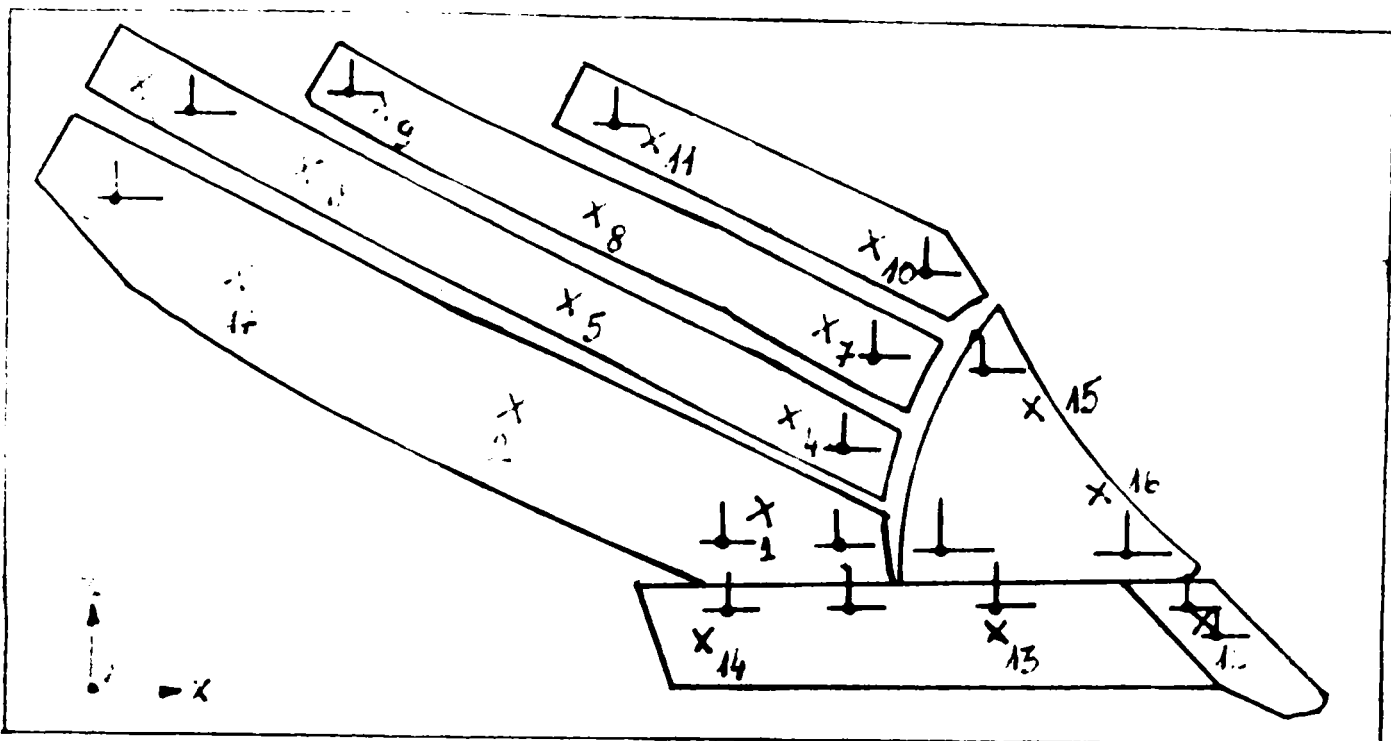


Figura 5.75. Zonele care s-au luat în considerare pentru studiul teoretic(trupită "LEMKEN").

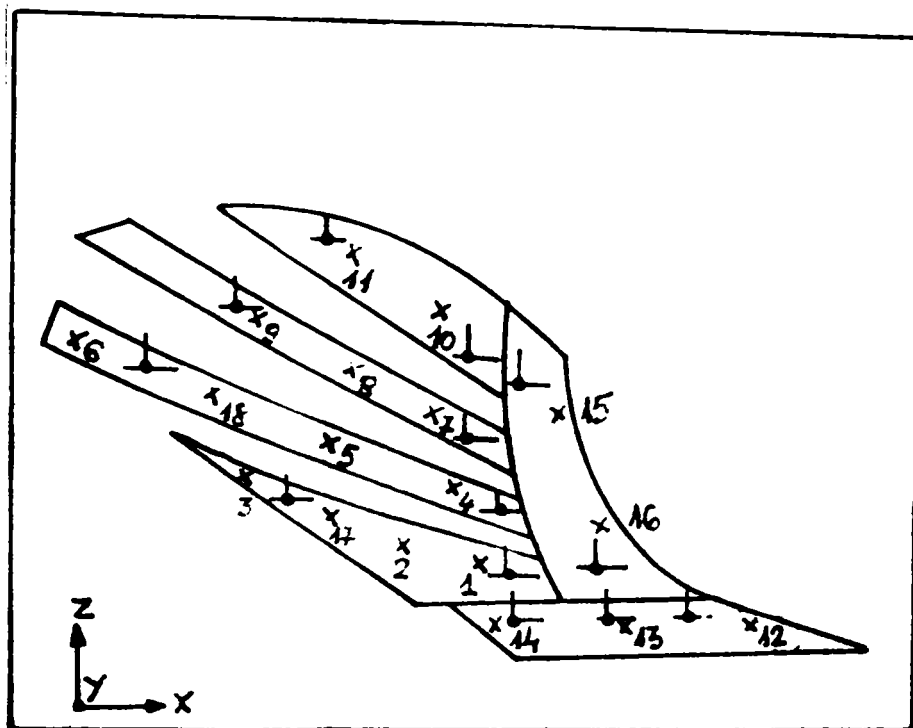


Figura 5.76. Zonele care s-au luat în considerare pentru studiul teoretic(trupită "MAT Craiova").

Tabelul 5.1. Valorile comparative ale tensiunilor determinate teoretic, cu ajutorul programului "COSMOS M", pe suprafața trupitei "LEMKEN" respectiv pe suprafața trupitei "MAT Craiova".

Nr. zonei (conform fig. 5.75.+ 5.76.)	Adâncimea de lucru [cm]	Unitatea de măsură	Tensiunea maximă calculată teoretic(cormană lamelară "LEMKEN")	Tensiunea maximă calculată teoretic(cormană lamelară "MAT Craiova")
1	30	MPa	24,681	9,9342
1	35	MPa	33,32	12,674
2	30	MPa	24,681	9,9342
2	35	MPa	25,163	0,99608
3	30	MPa	0,57356	0,47257
3	35	MPa	0,69024	0,99608
4	30	MPa	29,502	9,9342
4	35	MPa	25,163	24,351
5	30	MPa	53,609	9,9342
5	35	MPa	57,793	12,674
6	30	MPa	0,57356	9,9342
6	35	MPa	0,69024	0,99608
7	30	MPa	48,788	9,9342
7	35	MPa	41,478	12,674
8	30	MPa	68,073	57,242
8	35	MPa	82,266	59,384
9	30	MPa	39,145	104,55
9	35	MPa	8,8478	117,77
10	30	MPa	24,681	9,9342
10	35	MPa	57,793	24,351
11	30	MPa	48,788	19,396
11	35	MPa	90,423	47,707
12	30	MPa	10,216	19,396
12	35	MPa	25,163	59,384
13	30	MPa	10,216	9,9342
13	35	MPa	8,8478	36,029
14	30	MPa	10,216	28,857
14	35	MPa	8,8478	24,351
15	30	MPa	5,395	0,47257
15	35	MPa	8,8478	12,674
16	30	MPa	0,57356	9,9342
16	35	MPa	5,395	0,99608
17	30	MPa	15,038	0,47257
17	35	MPa	33,32	0,99608
18	30	MPa	39,145	28,857
18	35	MPa	49,636	36,029

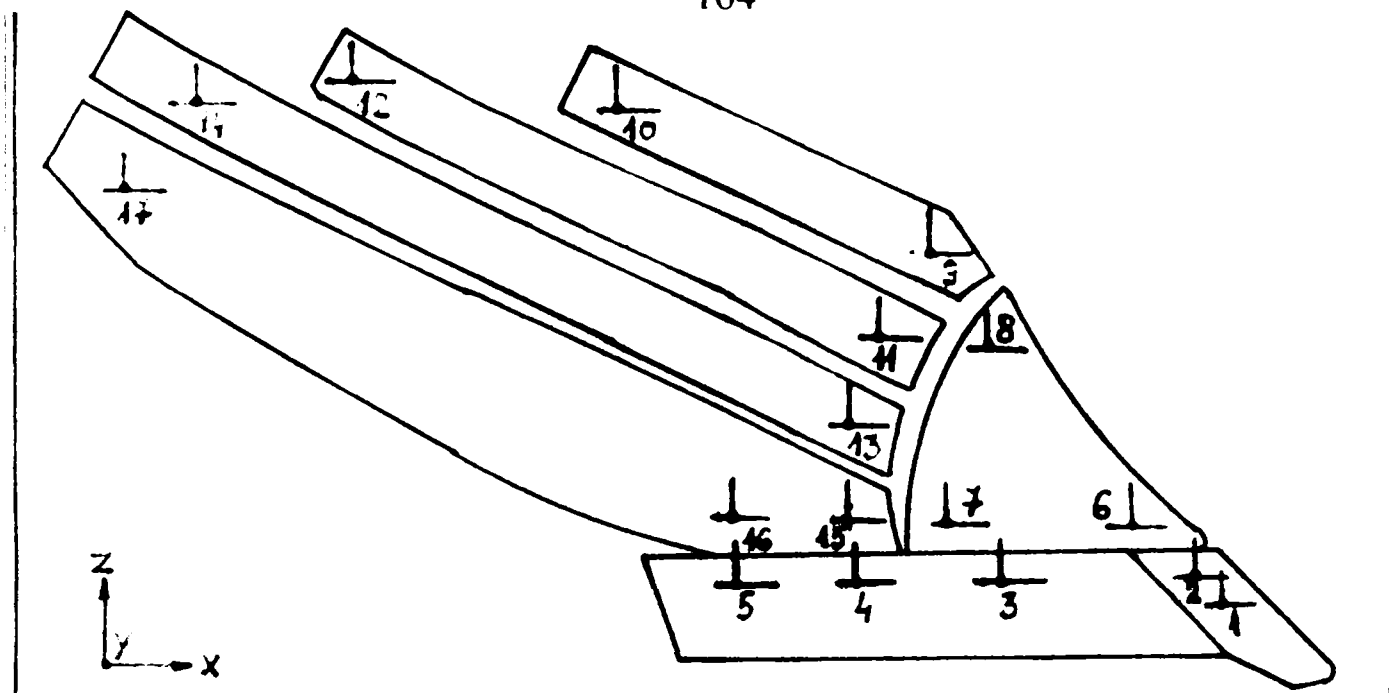


Figura 5.77. Zonele de încăstrare ale cormanei "LEMKEN"

Tabelul 5.2. Valorile comparative ale tensiunilor determinate teoretic, cu ajutorul programului "COSMOS M", în zonele de încăstrare a cormanei lamelare "LEMKEN" în două regimuri de lucru.

Nr. zonei de fixare - zonei de încăstrare (conform fig. 5.77.)	Unitatea de măsură	Tensiunea maximă calculată teoretic în zonele de fixare, pentru $a = 30$ [cm] (cormană lamelară "LEMKEN")	Tensiunea maximă calculată teoretic în zonele de fixare, pentru $a = 35$ [cm] (cormană lamelară "LEMKEN")
1	MPa	15,038	25,163
2	MPa	10,216	17,005
3	MPa	15,038	25,163
4	MPa	10,216	17,005
5	MPa	29,502	33,32
6	MPa	10,216	17,005
7	MPa	15,038	25,163
8	MPa	15,038	25,163
9	MPa	39,145	98,581
10	MPa	53,609	123,05
11	MPa	63,252	90,423
12	MPa	29,502	41,478
13	MPa	53,609	57,793
14	MPa	43,966	49,636
15	MPa	39,145	57,793
16	MPa	39,145	57,793
17	MPa	29,502	57,793

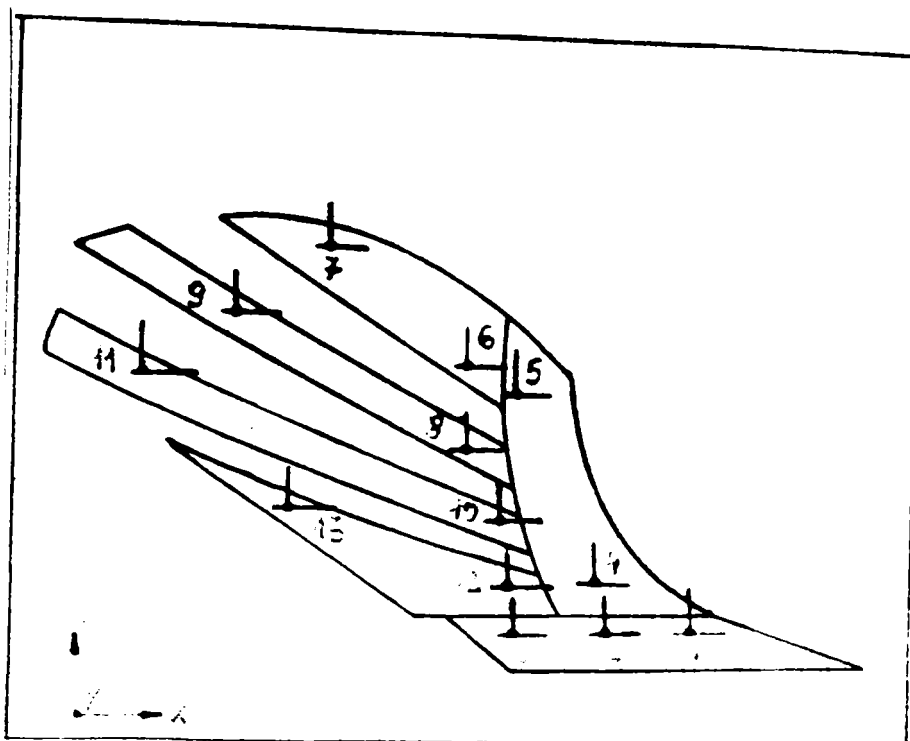


Figura 5.78. Zonele de încastrare ale cormanei "MAT Craiova"

Tabelul 5.3. Valorile comparative ale tensiunilor determinate teoretic, cu ajutorul programului "COSMOS M", în zonele de încastrare ale cormanei lamelare "MAT Craiova", în două regimuri de lucru.

Nr. zonei de fixare - zonei de încastrare (conform fig. 5.78.)	Unitatea de măsură	Tensiunea maximă calculată teoretic în zonele de fixare, pentru $a = 30$ [cm] (cormană lamelară "MAT Craiova").	Tensiunea maximă calculată teoretic în zonele de fixare, pentru $a = 35$ [cm] (cormană lamelară "MAT Craiova")
1	MPa	28,857	82,739
2	MPa	9,9342	12,674
3	MPa	47,781	36,029
4	MPa	9,9342	12,674
5	MPa	9,9342	12,674
6	MPa	9,9342	36,029
7	MPa	19,396	47,707
8	MPa	9,9342	12,674
9	MPa	142,4	176,16
10	MPa	28,857	36,029
11	MPa	47,781	59,384
12	MPa	9,9342	12,674
13	MPa	9,9342	12,674

Tabelul 5.4. Valorile comparative ale tensiunilor determinate teoretic, cu ajutorul programului "COSMOS M", în zonele de încastrare ale cormanei lamelare "LEMKEN" respectiv în zonele de încastrare ale cormanei lamelare "MAT Craiova", pentru $a = 30$ [cm].

Nr. zonei de fixare - zonei de încastrare(conform figurii 5.76.+5.77.)		Unitatea de măsură	Tensiunea maximă cal- culată teoretic în zonele de fixare, pentru $a = 30$ [cm](cormană lamelară "LEMKEN")	Tensiunea maximă cal- culată teoretic în zonele de fixare, pentru $a = 30$ [cm](cormană lamelară "MAT Craiova")
Lemken	MAT			
2	1	MPa	15,038	28,857
4	2	MPa	10,216	9,9342
5	3	MPa	29,502	47,781
7	4	MPa	15,038	9,9342
8	5	MPa	15,038	9,9342
9	6	MPa	39,145	9,9342
10	7	MPa	53,609	19,396
11	8	MPa	63,252	9,9342
12	9	MPa	29,502	142,4
13	10	MPa	53,609	28,857
14	11	MPa	43,966	47,781
15	12	MPa	39,145	9,9342
17	13	MPa	29,502	9,9342

Tabelul 5.5. Valorile comparative ale tensiunilor determinate teoretic, cu ajutorul programului "COSMOS/M", în zonele de încastrare ale cormanei lamelare "LEMKEN" respectiv în zonele de încastrare ale cormanei lamelare "MAT Craiova", pentru $a = 35$ [cm].

Nr. zonei de fixare - zonei de încastrare (conform figurii 5.76.+5.77.)		Unitatea de măsură	Tensiunea maximă cal- culată teoretic în zonele de fixare, pentru $a = 35$ [cm](cormană lamelară "LEMKEN")	Tensiunea maximă cal- culată teoretic în zonele de fixare, pentru $a = 35$ [cm](cormană lamelară "MAT Craiova")
Lemken	MAT			
2	1	MPa	25,163	82,739
4	2	MPa	17,005	12,674
5	3	MPa	33,32	36,029
7	4	MPa	25,163	12,674
8	5	MPa	25,163	12,674
9	6	MPa	98,581	36,029
10	7	MPa	123,05	47,707
11	8	MPa	90,423	12,674
12	9	MPa	41,478	176,16
13	10	MPa	57,793	36,029
14	11	MPa	49,636	59,384
15	12	MPa	57,793	12,674
17	13	MPa	57,793	12,674

CONCLUZII LA PARTEA a II-a

Ținând cont de cele prezentate în această parte se pot trage următoarele concluzii:

1. Stratul de sol afânat cu ajutorul unei cormane lamelare este mai bine răsturnat decât în cazul utilizării cormanelor clasice, valoarea unghiului δ de răsturnare față de fundul brazdei devenind considerabil mai mic, ca urmare a depunerii progresive a particulelor de sol pe fundul brazdei, concomitent cu deplasarea stratului de sol dislocat de-a lungul suprafeței active a trupiței.
2. Asimilarea brazdei real răsturnate cu forma geometrică prezentată în această parte permite exprimarea într-o formă cât mai apropiată de realitate a parametrilor h_1 , h_2 , l_1 , l_2 , care au importanță hotărâtoare în procesul de proiectare a cormanelor lamelare.
3. Datele experimentale ale firmelor constructoare de pluguri echipate cu cormane lamelare evidențiază că utilizarea unor astfel de cormane, atrag nu numai avantaje tehnologice ci și energetice. Forța de rezistență la tracțiune a acestor pluguri este mai mică decât a plugurilor echipate cu cormane clasice în contextul deplasării agregatului de arat cu viteze considerabil mai mari.
4. În cazul plugurilor echipate cu cormane lamelare, capacitatea de lucru a agregatului de arat crește pe seama amplificării vitezei de lucru, în comparație cu plugurile echipate cu cormane nedecupate.
5. Pentru determinarea forțelor pe suprafața de lucru a cormanei plugului, este necesar, să se țină cont de faptul că, factorii legați de sol și parametrii funcționali sunt variabili, putându-se schimba continuu, iar parametrii geometrici sunt constanți pentru un anumit tip de cormană.
6. Trajectoriile particulelor de sol pe suprafața de lucru a cormanei lamelare cât și forțele ce acționează pe aceasta, sunt influențați de factorii legați de geometria și construcția cormanelor lamelare(parametrii geometrici, material utilizat, starea suprafeței acesteia).
7. Pentru a determina, pe cale analitică, forțele ce acționează pe suprafața cormanei lamelare a plugului, trebuie să se cunoască vitezele și accelerațiile masei de sol ce se deplasează pe suprafața cormanei, respectiv ecuația traiectoriei descrisă de masa de sol pe suprafața de lucru a cormanei.
8. Cunoașterea deplasărilor particulelor de sol pe suprafața de lucru a cormanei lamelare permite determinarea energiei necesare a aruncării particulelor de sol în procesul de arat.
9. Reducerea consumului de energie datorate aruncării particulelor de sol în procesul de arat, poate fi asigurată atât în faza de proiectare cât și în faza de exploatare.
10. Deoarece, uzura abrazivă are contribuție determinantă în modificarea geometriei inițiale a suprafeței de lucru, constructorii de pluguri mecanice sunt preocupați de găsirea unor materiale care să satisfacă la maximum

posibilitatea contracarării efectului distructiv și destabilizator a acestu factor. Cercetările teoretice efectuate de autor în direcția materialelor utilizate în construcția cormanelor plugurilor i-au permis o sistematizare a caracteristicilor de bază și a particularităților tehnologice de fabricație, care poate fi pusă la îndemâna specialiștilor din țara noastră pentru a realiza niște materiale care să satisfacă în condițiile de exploatare.

11. În premieră pentru literatura noastră de specialitate autorul a realizat un studiu amănunțit asupra materialelor compozite stratificate utilizate la cormanele plugurilor mecanice. Totodată s-a elaborat și un calcul de rezistență pentru aceste materiale.
12. Cu ajutorul "Metodei Elementului Finit" respectiv a programului "COSMOS/M" se poate elabora în mod eficient modelarea stării de tensiune și deformație din cormana lamelară. În urma analizei cu elemente finite s-au calculat toate componentele tensorului tensiune și deformație din nodurile rețelei, precum și din centrul fiecărui element finit.
13. În contextul în care analiza cu elemente finite evidențiază că în procesul de dizlocare și alunecare a brazdei pe suprafața organelor de lucru a trupiței câmpul de tensiuni variază după o lege continuu descrescătoare, optimizarea construcției organelor ce constituie această suprafață ar fi satisfăcută dacă s-ar lua în considerare ca lamela respectivă să funcționeze ca o bară de egală rezistență.

Cum din punct de vedere constructiv, dar mai ales tehnologic, acest lucru nu se impune rezultă că lamelele cormanei trebuie să fie cel puțin de grosimea pieptului cormanei pe care se evidențiază în zona de îmbinare cu brăzdarul un câmp de tensiuni mult mai mare decât cel din zona de încastrare al lamelelor.

14. Zonele cele mai solicitate ale lamelelor cormanei sunt cele de încastrare a acestora pe bârsă și respectiv pe suportii posteriori de sprijin ca urmare a faptului că în afara tensiunilor rezultate din procesul de lucru în aceste zone orificiile de prindere devin concentratori de eforturi.

În acest context, deși zona de alunecare a brazdei care se găsește între aceste două câmpuri de tensiuni solicită mai puțin lamelele, se impune ca din motive de asigurare a rigidității acestora, dimensionarea să se facă luând în considerare tensiunile din zonele de încastrare.

15. Modelul de calcul prezentat poate fi generalizat pentru orice tip de cormană lamelară.

Comparând valorile tensiunilor obținute teoretic pentru cele două tipuri de trupițe cu cormane lamelare au rezultat următoarele concluzii:

1. Pe suprafața brăzdarului și a pieptului cormanei trupiței "MAT Craiova" apar tensiuni mult mai mari decât în cazul trupiței "LEMKEN", fapt ce ne duce la concluzia că aceste organe ale trupiței sunt mult mai rezistente în cazul firmei germane.
2. Pe suprafața lamelelor trupiței "MAT Craiova" tensiunile care apar sunt mult mai mici decât în cazul cormanei "LEMKEN", lucru care poate fi

explicat prin faptul că, dimensiunile lamelelor sunt mult diferite de la o variantă la alta(de exemplu în cazul cormanei "LEMKEN" lamela 4 este de două ori mai mare ca lungime decât în cazul cormanei "MAT Craiova").

3. Tensiunile cele mai mari, în cazul cormanei "LEMKEN" cât și în cazul cormane "MAT Craiova" apar pe suprafața lamelelor 1 și 2, fapt ce ne conduce la concluzia că lamelele superioare ale cormanelor de acest tip sunt cele mai solicitate. Tensiunile teoretice care s-au luat în considerare au fost cele care au apărut în zonele, în care acestea s-au determinat experimental pe trupa "LEMKEN"(figura 5.75. și figura 5.75.).Rezultatele măsurărilor motivează realizarea de către constructorii germani a lamelei superioare într-o variantă care, prin inversare după o anumită perioadă de lucru, se refac parametrii inițiali ai suprafeței de alunecare a brazdei.
4. Ținând cont de rezultatele comparative obținute în punctele de încastrare pentru cele două variante studiate(vezi tabelul 5.3. și tabelul 5.4.), la cele două regimuri de lucru, am ajuns la concluzia că cu cât adâncimea de lucru crește, cresc și tensiunile care apar pe suprafața cormanei.
5. În zonele de fixare tensiunile cele mai mari apar pe lamela 1 în cazul cormanei "LEMKEN", respectiv pe lamela 2 în cazul cormanei "MAT Craiova"(tabelul 5.5. și tabelul 5.6.).
6. În cazul brăzdarului "LEMKEN", în zonele de încastrarea, tensiunile sunt mult mai mici decât în cazul brăzdarului MAT Craiova".
7. În cazul pieptului cormanei "LEMKEN", în zonele de încastrare, tensiunile sunt mai mari decât în cazul pieptului cormanei "MAT Craiova".

PARTEA III

CERCETĂRI EXPERIMENTALE PRIVIND DISTRIBUȚIA TENSIUNILOR PE SUPRAFAȚA CORMANEI DE TIP LAMELAR

CAPITOLUL 6

CERCETĂRI DE LABORATOR ASUPRA STRUCTURII MATERIALELOR ȘI GEOMETRIEI CORMANELOR LAMELARE STUDIATE

6.1. Contributii privind evaluarea caracteristicilor mecanice și evidențierea unor aspecte metalografice asupra materialelor utilizate la cormanele lamelare.

În cadrul Laboratorului "POLYVAC" al U.M.Timișoara și al Catedrei de "Știința Materialelor și Tratamente Termice" din U.P.Timișoara au fost studiate 2 materiale compozite stratificate utilizate la cormanele lamelare ale plugurilor mecanice(figura 6.1.) [46][50][52].

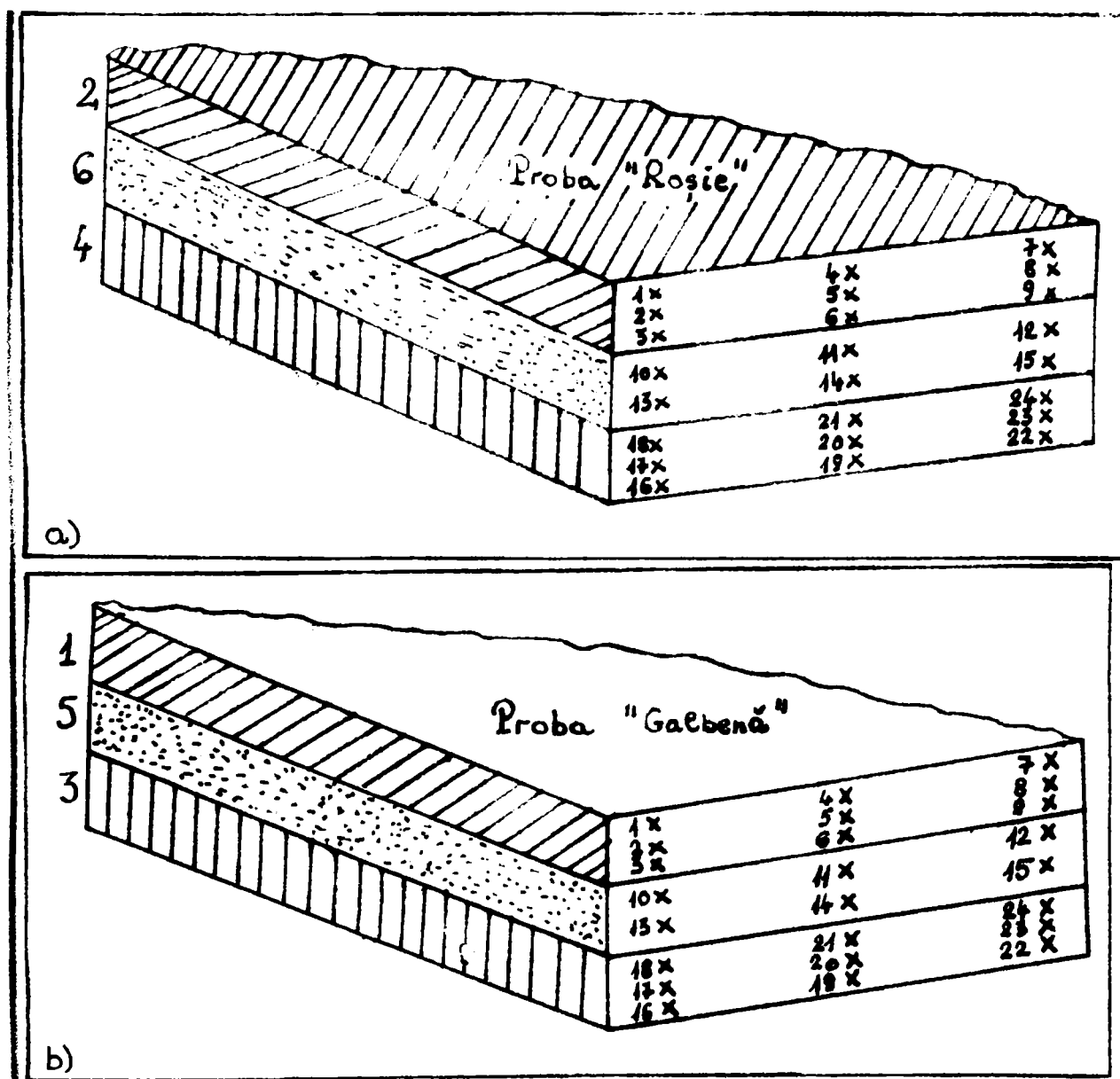
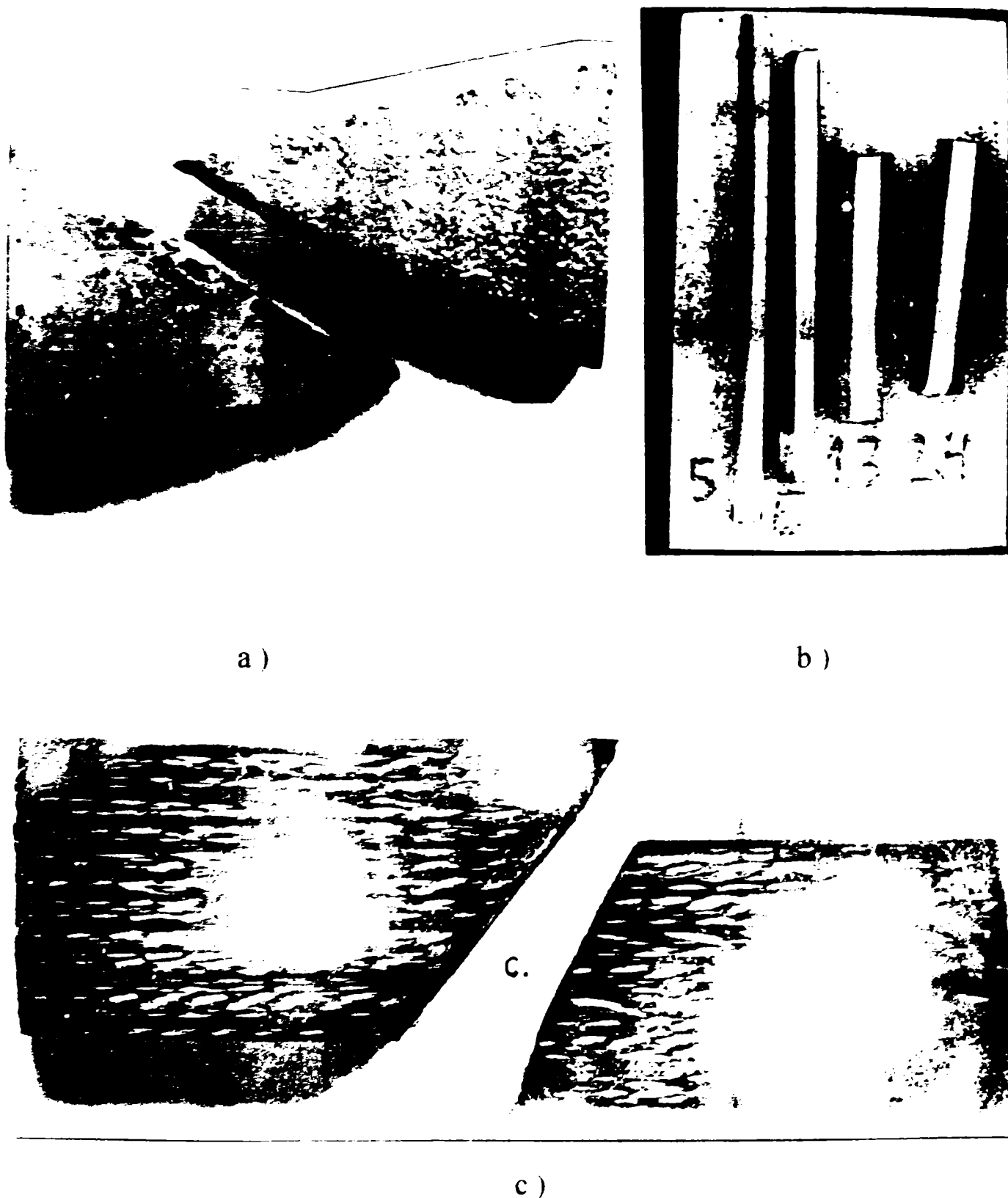


Figura 6.1. Probele studiate la U.M.Timișoara. Denumirea probelor. Punctele de determinare a durității. Numărul fiecărui strat în parte pentru fiecare material studiat. a) - Proba roșie; b) Proba galbenă..

Din aceste materiale au fost debitate 2 probe metalografice. Aceste probe au fost șlefuite, lustruite și atacate metalografic cu reactivul NITAL(amestec de acid azotic și alcool etilic - 1-5 ml HNO_3 la 10 ml alcool), astfel încât ele au fost pregătite pentru analiza macro și microscopică, pentru determinarea compoziției chimice a fiecărui strat în parte, respectiv pentru determinarea durității fiecărui strat în parte(figura 6.2.)[46].



*Figura 6.2. Prezentarea probelor metalografice. Proba "Galbenă" + Proba "Roșie".
 a) vedere generală; b) macrostructură; c) probele după ce a fost îndepărtat stratul
 din exterior[46].*

În tabelele 6.1. și 6.2. se prezintă compoziția chimică pentru fiecare strat în parte, a celor două materiale, determinată la Laboratorul "POLYVAC" din cadrul U.M.Timișoara, în data de 12 august 1998[46][50][52][138][139][141].

Tabelul 6.1. Compoziția chimică a Probei "Roșii"

Stratul	Compoziția chimică [%]															
	Fe	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Al	H	Co	Cu	Pb	Ti	N
A	98.0	0.676	0.208	0.649	0.0089	0.0233	0.067	0.004	0.075	0.034	0.0001	0.002	0.131	0.0002	0.000	0.000
B	99.1	0.077	0.023	0.261	0.0106	0.0300	0.070	0.008	0.0093	0.011	0.000	0.003	0.160	0.0002	0.000	0.000
C	98.0	0.619	0.210	0.656	0.0090	0.0257	0.067	0.005	0.075	0.035	0.0001	0.002	0.134	0.0002	0.000	0.000

Tabelul 6.2. Compoziția chimică a Probei "Galbene"

Stratul	Compoziția chimică [%]															
	Fe	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Al	H	Co	Cu	Pb	Ti	N
A	98.1	0.636	0.230	0.608	0.0175	0.0263	0.048	0.004	0.053	0.035	0.0001	0.000	0.063	0.0002	0.000	0.000
B	99.0	0.094	0.030	0.327	0.0144	0.0400	0.057	0.009	0.091	0.040	0.000	0.003	0.160	0.0002	0.000	0.000
C	98.1	0.624	0.242	0.615	0.0192	0.0332	0.050	0.005	0.054	0.034	0.0001	0.001	0.065	0.0002	0.000	0.000

Microstructura straturilor din exterior a celor două materiale este prezentată în figura 6.3., a, b, c, d, a stratului din mijloc în figura 6.3., e, f, iar a zonelor de tranziție între straturi în figura 6.4.

Variația durtății pe secțiune la materialele compozite studiate, este prezentată în tabelele 6.3., 6.4., 6.5., 6.6. și figura 6.5., a, b.

În cadrul S.C. MAT S.A. Craiova au fost executate și studiate probe din tablă TRIPLEX[46][50], la care s-a aplicat următoarea tehnologie de tratament termic: încălzire la 840°C, îndoire în matriță și răcire în apă, urmată de o revenire la 170°C pentru detensionare, obținându-se rezultatele din tabelul 6.7.

Variația durtății în secțiune la materialul compozit stratificat realizat de către francezi, conform cu normele de calitate "CITROEN", este prezentată în figura 6.6.

Din analiza macroscopică au rezultat următoarele structuri:

- ❖ în miez: structura perlito-feritică;
- ❖ în strat: structura martensită de revenire.

Deoarece specialiștii români consideră că materialele compozite stratificate sunt deficitare(preț de cost ridicat), în țara noastră s-a trecut la înlocuirea lui cu OLC45 și OLC60.

Având în vedere călibilitatea ridicată, care conduce la călirea întregii secțiuni ($\delta = 7 \text{ mm}$), s-a recurs la scăderea câmpului de durtăți la $46 \pm 5 \text{ HRC}$.

În cadrul S.C. MAT S.A. Craiova s-au executat și studiat probe din tablă de 7 mm din OLC60, la care s-a aplicat următoarea tehnologie de tratament termic: călire urmată de revenire la 450°C, obținându-se rezultatele din tabelul 6.8.

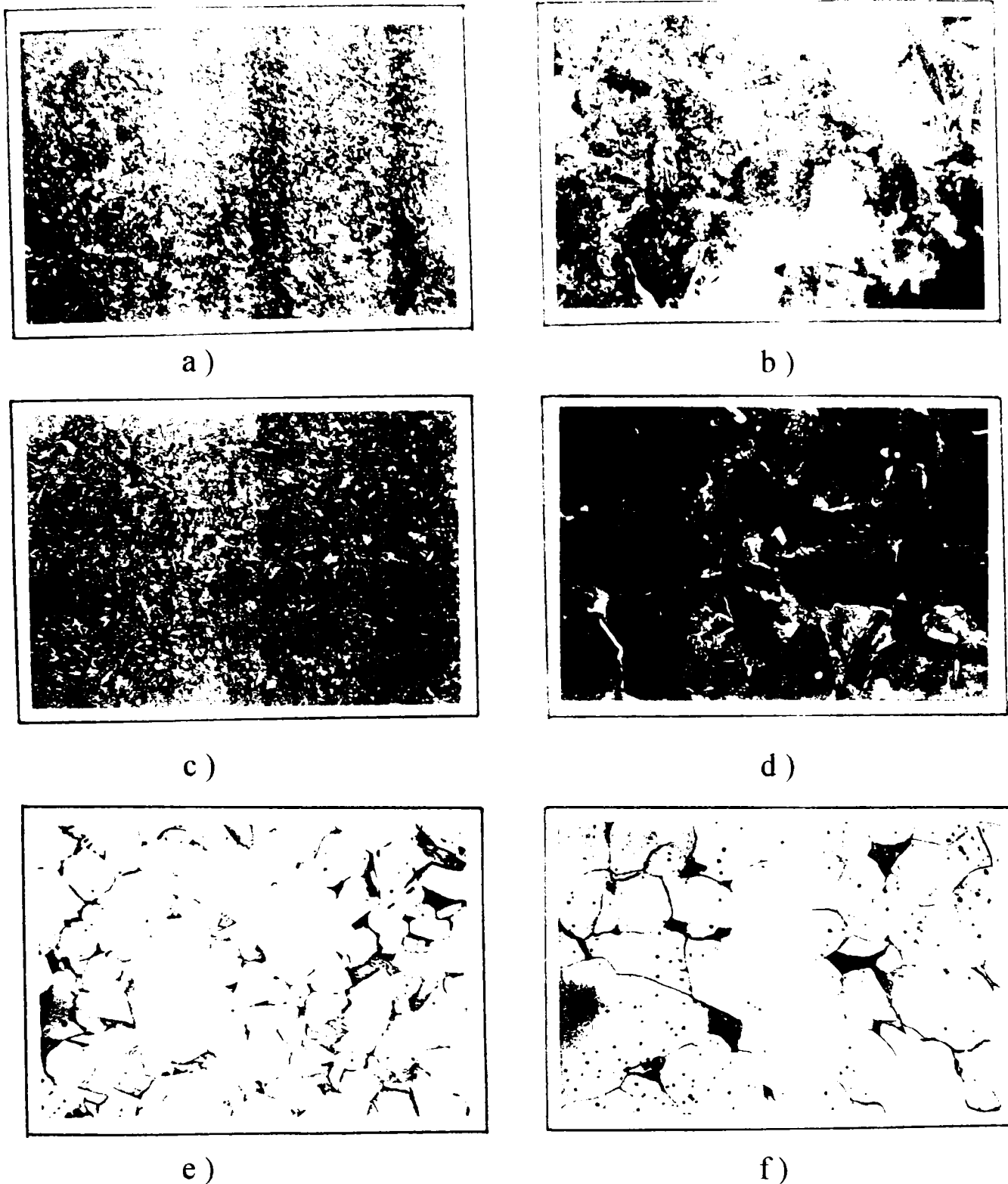
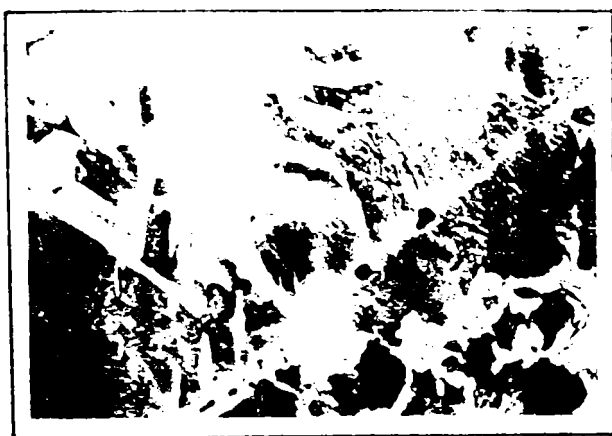
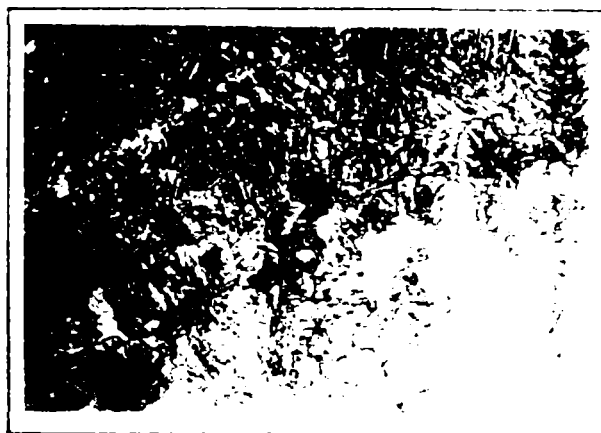


Figura 6.3. Structura de echilibru a oțelurilor din care sunt realizate straturile celor două materiale compozite stratificate studiate: a) - oțel hipoeutectoid cu 0,636%C. structura este de perlită fină. Stratul este cel care vine în contact cu solul pentru Proba "Roșie"; b) - oțel hipoeutectoid cu 0,676%C. Structura este de ferito - perlitică cu perlită lamelară și ferită în rețea la limita grăunților de perlită. stratul este cel care vine în contact cu solul pentru Proba "Galbenă"; c) - oțel hipoeutectoid cu 0,624%C. Structura este de perlită fină. Stratul este cel din spatele cormanei pentru Proba "Roșie"; d) - oțel hipoeutectoid cu 0,619%C. Structura este ferito - perlitică în grăunți cu perlită lamelară. Stratul este cel din spatele cormanei pentru Proba "Galbenă"; e) - oțel hipoeutectoid cu 0,077%C. Structura este ferito - perlitică în grăunți. Stratul din mijloc pentru Proba "Roșie"; f) - oțel hipoeutectoid cu 0,094%C. stratul din mijloc pentru Proba "Galbenă"[46][50][52].



a)



b)



c)



d)

Figura 6.4. Structura de echilibru a oțelurilor din care sunt realizate straturile celor două probe, determinate la U.M.Timișoara: a) - zona de tranziție de la stratul care vine în contact cu solul la stratul din mijloc al Probei "Galbene". Structura este ferito-perlitică cu ferită aciculară în stratul 1 și cu rețea de ferită înspre stratul 5 (stratul din mijloc); b) - zona de tranziție de la stratul care vine în contact cu solul la stratul din mijloc al Probei "Roșii". Structura este perlitică.; c) - zona de tranziție de la stratul din mijloc la stratul din spate al cormanei al Probei "Galbene". Structura este ferito-perlitică cu ferită aciculară în stratul 3 și cu rețea de ferită dinspre stratul 5; d) - zona de tranziție de la stratul din mijloc la stratul din spate al cormanei, a Probei "Roșii". Structura este perlitică[46][50][52].

Tabelul 6.3. Duritatea măsurată în diferite puncte de pe Proba "Roșie".

Denumirea probei	Nr. punctului în care s-a măsurat duritatea	Numărul stratului	Duritatea Vickers HV [N/mm ²]	Duritatea Brinell [N/mm ²]	Rezistența la rupere [N/mm ²]
Proba roșie	1	2	257	245	826
Proba roșie	2	2	257	245	826
Proba roșie	3	2	260	247	835
Proba roșie	4	2	310	294	995
Proba roșie	5	2	310	294	995
Proba roșie	6	2	310	294	995
Proba roșie	7	2	345	327	1115
Proba roșie	8	2	345	327	1115
Proba roșie	9	2	345	327	1115
Proba roșie	10	6	105	100	335
Proba roșie	11	6	114	109	366
Proba roșie	12	6	120	114	385
Proba roșie	13	6	105	100	335
Proba roșie	14	6	118	113	379
Proba roșie	15	6	120	114	385
Proba roșie	16	4	251	239	804
Proba roșie	17	4	249	237	797
Proba roșie	18	4	132	221	746
Proba roșie	19	4	306	290	983
Proba roșie	20	4	313	297	1006
Proba roșie	21	4	321	304	1033
Proba roșie	22	4	349	331	1122
Proba roșie	23	4	345	327	1115
Proba roșie	24	4	345	327	1115

Tabelul 6.4. Valorile durității pe secțiune și rezistența la rupere la Proba "Roșie".

Proba ROȘIE								
Distanța de la suprafața probei [mm]	0.2	0.8	1.2	2 (Miez)	3.5 (Miez)	4.2	5	5.8
Duritatea HV [N/mm ²]	304	304	305	113	114	297	302	302
Duritatea HB [N/mm ²]	289	289	290	108	109	284	287	286
Rezistența la rupere [N/mm ²]	979	979	982	362	366	965	973	970

Tabelul 6.5. Duritatea măsurată în diferite puncte de pe Proba "Galbenă".

Denumirea probei	Nr. punctului în care s-a măsurat duritatea	Numărul stratului	Duritatea Vickers HV [N/mm ²]	Duritatea Brinell HB [N/mm ²]	Rezistența la rupere [N/mm ²]
Proba galbenă	1	1	260	247	835
Proba galbenă	2	1	257	245	826
Proba galbenă	3	1	257	245	826
Proba galbenă	4	1	251	239	804
Proba galbenă	5	1	251	239	804
Proba galbenă	6	1	257	245	826
Proba galbenă	7	1	249	237	797
Proba galbenă	8	1	254	242	816
Proba galbenă	9	1	262	249	841
Proba galbenă	10	5	101	96	323
Proba galbenă	11	5	101	96	323
Proba galbenă	12	5	118	113	379
Proba galbenă	13	5	103	98	329
Proba galbenă	14	5	103	98	329
Proba galbenă	15	5	111	106	354
Proba galbenă	16	3	265	252	850
Proba galbenă	17	3	260	247	835
Proba galbenă	18	3	244	233	782
Proba galbenă	19	3	257	247	826
Proba galbenă	20	3	251	239	804
Proba galbenă	21	3	244	233	782
Proba galbenă	22	3	265	252	850
Proba galbenă	23	3	265	252	850
Proba galbenă	24	3	260	247	835

Tabelul 6.6. Valorile durității pe secțiune și rezistența la rupere la Proba "Galbenă".

Proba GALBENĂ								
Distanța de la suprafața probei [mm]	0.2	0.7	1.1	2 (Miez)	3.2 (Miez)	4	4.9	5.8
Duritatea HV [N/mm ²]	253	254	259	107	106	249	259	262
Duritatea HB [N/mm ²]	241	242	246	102	101	238	246	250
Rezistența la rupere [N/mm ²]	812	816	831	342	337	800	830	842

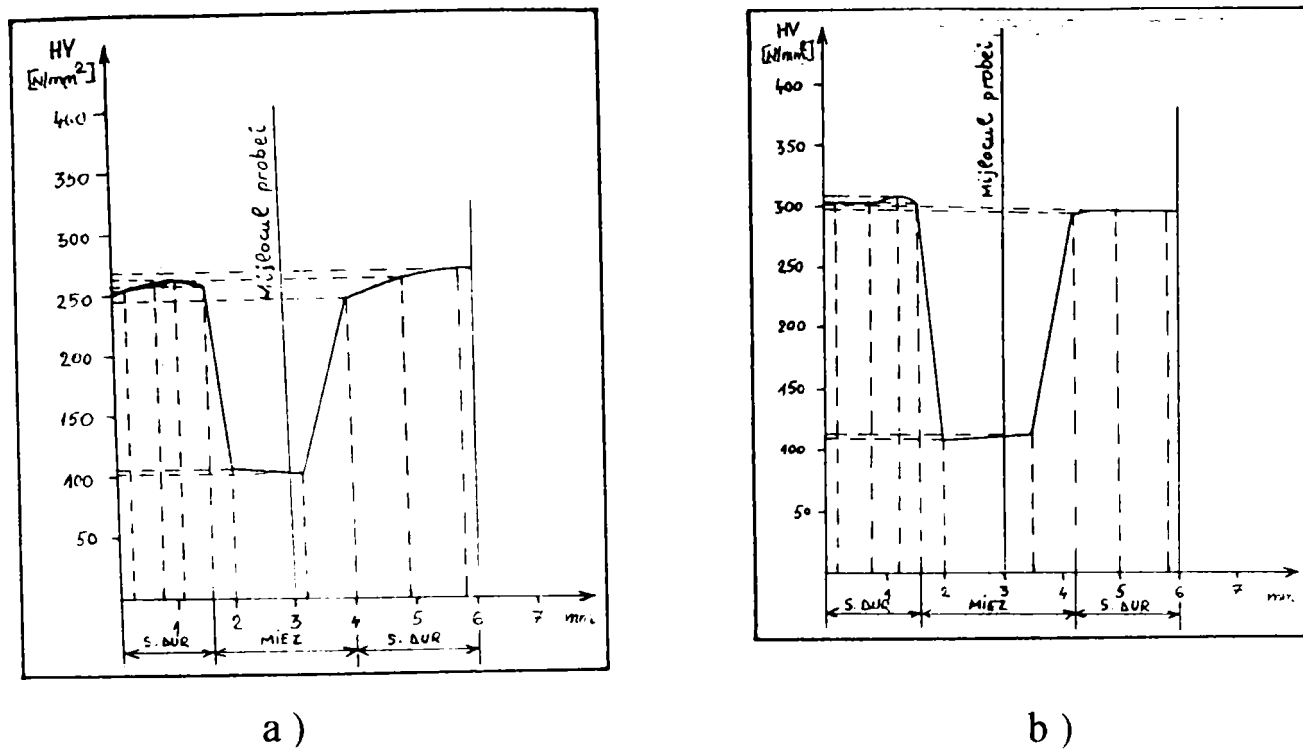


Figura 6.5. Variația durtății pe secțiune la materialele compozite studiate:
a) - Proba "Galbenă"; b) - Proba "Roșie".

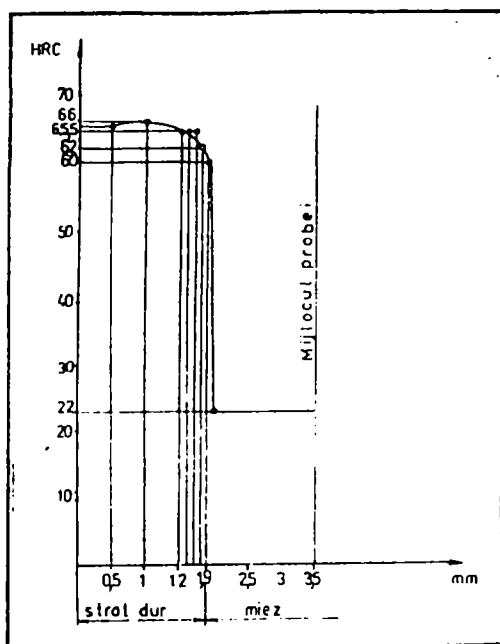


Figura 6.6. Variația durtății pe secțiune la tabla **TRIPLEX** (călire + revenire joasă).

Tabelul 6.7. Valorile durtății pe secțiune la materialul **TRIPLEX** studiat, realizat de către firmele franceze.

Distanța de la suprafața probei [mm]	0	0.5	1	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2	Miez
Durtatea HV	851	851	872	831	831	841	748	629	223	223
Durtatea HRC	65.5	65.5	66	65	65	65.3	62	60	22	22

Tabelul 6.8. Valorile durității pe secțiune la materialul OLC60.

Distanța de la suprafața probei [mm]	0	0.5	1	1.5	2	Miez
Duritatea HRC	46	46	46	45	45	44

Variația durității în secțiune pentru OLC60 este prezentată în figura 6.7.

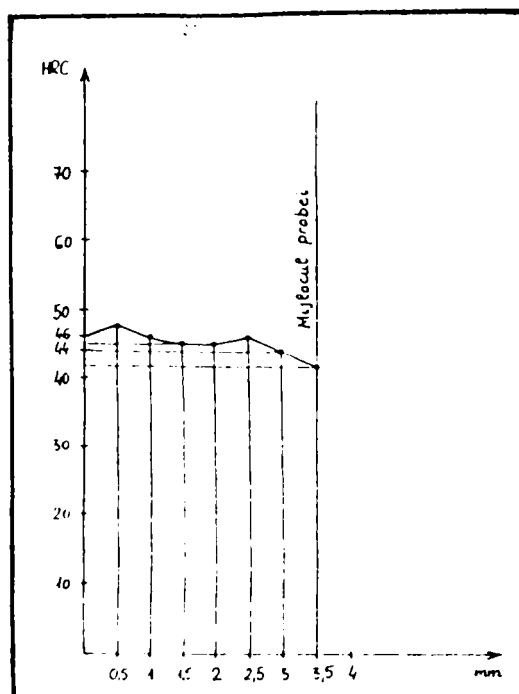


Figura 6.7. Variația durității pe secțiune la tabla OLC60(călire + revenire).

Din încercările efectuate la S.C. MAT S.A. Craiova a rezultat că, cormanele executate din OLC60 și OLC45 creează în exploatare o serie de probleme:

- creșterea consumului de combustibil la hectar între 2-9% față de cormanele executate din materiale compozite stratificate;
- uzura în general de 2-3 ori mai mare față de cormanele executate din materiale compozite stratificate;
- ruperea și fisurarea cormanei.

Comparând rezultatele putem trage următoarele concluzii:

- ❖ În condițiile utilizării oțelului OLC60 se obține o duritate aproape constantă pe toată secțiunea piesei. Acest lucru este cauzat de călibilitatea mare a oțelului respectiv și de grosimea mică a piesei ($\delta = 7 \text{ mm}$), care conduce la o călire în profunzime;
- ❖ Urmare a acestui fapt se întâmpină o serie de greutăți în procesul de fabricație(fisuri în timpul ștanțării găurii, tratament termic și spargeri în montaj) asigurându-se la un procent de 10% pierderi.
- ❖ Deasemenea duritatea cormanelor executate din OLC60 este mult mai mică, datorită valorilor scăzute de densități, care micșorează rezistența la uzură în timpul lucrului.

Având în vedere aceste neajunsuri, s-a trecut la găsirea unor soluții care să înlăture pierderile tehnologice mari în procesul de fabricație și să mărească durabilitatea în exploatare a cormanelor.

Punctul de plecare la constituit studiarea unui eșantion al firmei germane **CONIT**, care realizează cormane prin procedeul de cementare în atmosferă controlată, având ca gaz activ metanul obținut din alcool izopropilic.

În urma studierii eșantionului s-a obținut compoziția chimică atât în miez cât și la suprafață(tabelul 6.9.). S-a determinat variația durității în secțiune, iar rezultatele se prezintă în tabelul 6.10. și figura 6.8.

Tabelul 6.9. Compoziția chimică a materialului CONIT.

Stratul	Compoziția chimică [%]											
	C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Cu	Mo	V	Al	Ti
A	0.92	0.80	0.25	0.10	0.015	0.38	0.03	0.03	0.01	0.04	0.03	0.03
B	0.25	0.74	0.25	0.010	0.015	0.38	0.06	0.03	0.01	0.04	0.03	0.03
C	0.92	0.80	0.25	0.10	0.015	0.38	0.03	0.03	0.01	0.04	0.03	0.03

Tabelul 6.10. Valorile durității pe secțiune la materialul CONIT.

Distanța de la suprafața probei [mm]	0	0.5	1	1.5	2	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	3	Miez
Duritatea HV	821	821	883	831	766	740	715	692	580	541	450	450	371
Duritatea HRC	64	64	66	64.7	62.5	61.8	61	59.7	54.1	51.7	44.5	44.5	38.1

La analiza macroscopică a rezultat că proba prezintă în strat o structură martensitică foarte fină, iar în miez o structură bainitică.

Conform STAS 880 - 80[291] rezultă că materialul de bază poate fi asimilat cu OLC25 care a fost supus operației de cementare.

Comparând rezultatele obținute la proba **CONIT** cu cele obținute la materialul **TRIPLEX** rezultă următoarele concluzii(figura 6.6. + figura 6.8.):

Variația durității la proba **CONIT** până la 2 mm adâncime de la suprafața piesei este identică cu cea obținută la materialul **TRIPLEX**. Peste această adâncime la materialul **TRIPLEX** miezul devine tenace(duritate foarte mică), în timp ce la proba **CONIT** duritatea scade treptat, astfel că între 2 și 4 mm se realizează o scădere de la 60 HRC la 37,7 HRC. Acest fapt conduce implicit la o durabilitate mai mare în exploatare, rezistența la uzură fiind mai mare decât a materialului **TRIPLEX**, în schimb rezistența la șoc este mai mare la materialul **TRIPLEX** datorită existenței unui strat mai mare cu duritate scăzută.

Comparând rezultatele obținute la proba **CONIT** cu cele de la proba din material **OLC60** se evidențiază aceleași deosebiri enumerate, la comparația materialului **TRIPLEX** cu **OLC60**.

În concluzie rezultă că aplicând operația de cementare se obțin cormane cu proprietăți comparabile cu cele realizate de materialul **TRIPLEX**.

Problema care se pune este posibilitatea realizării eficiente a cormanelor din tablă cementată.

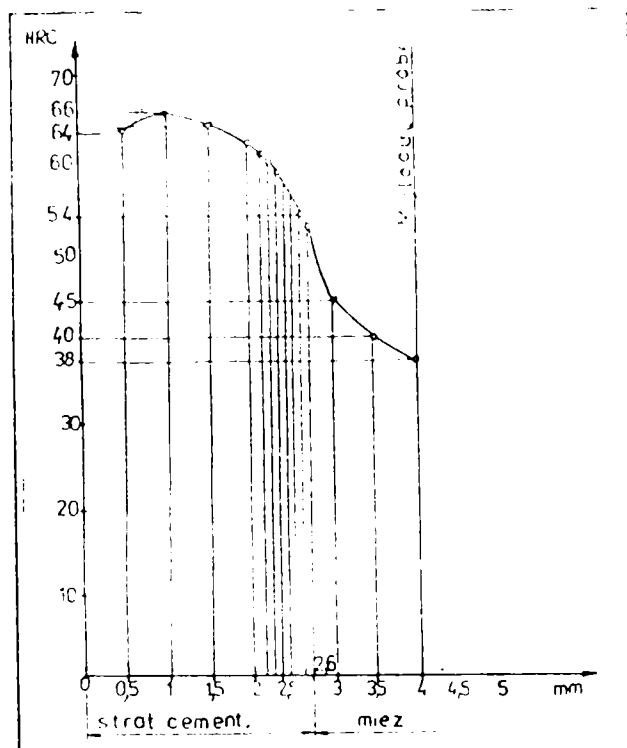


Figura 6.8. Variația durtății pe secțiune la proba "CONIT".

Pentru definitivarea tehnologiei și a stabilirii consumurilor tehnologice au fost efectuate probe din material **OLC15**, **OLC20** și **OLC25** la care s-au aplicat tratamente termochimice de cementare, avându-se în vedere utilajele cu care este dotată **S.C. MAT S.A. Craiova**.

S-au aplicat următoarele regimuri de tratament termic:

1. - carburare(cementare cu gaz metan) la $T = 920^{\circ}\text{C}$ cu timpul de menținere $t = 22$ ore;
 - răcire în apă;
 - revenire la 170°C timp de 2 ore;
2. - încălzire la $880 - 900^{\circ}\text{C}$ și menținerea timp de 20 de ore la cementare folosind ca gaz activ gazul metan;
 - răcire în apă;
 - revenire la $170 - 200^{\circ}\text{C}$ timp de 30'.

Pentru cementare se propune următoarea tehnologie de tratament termic, cu următoarea succesiune a fazelor tehnologice:

- ❖ piesele vin decupate și găurite fără zencuire;
- ❖ șablare;
- ❖ degresare;
- ❖ carburare la $T = 920^{\circ}\text{C}$, $t = 20$ ore, după care merge la zencuire și revenire la tratament termic;
- ❖ încălzire, îndoire și călire în dispozitiv(matrită);
- ❖ revenire la $T = 170^{\circ}\text{C}$ în timpul $t = 120$ minute;
- ❖ șablare.

Rezultatele obținute sunt evidențiate în tabelele 6.11., 6.12. și 6.13. și figurile 6.9., 6.10. și 6.11.

Tabelul 6.11. Valorile durtății pe secțiune la materialul OLC15 propus pentru cormanele lamelare.

OLC 15					
Distanța de la suprafața probei [mm]	0	0.5	1	1.2	Miez
Duritatea HV	748	748	585	526	330
Duritatea HRC	62	62	55	51	33.5

Tabelul 6.12. Valorile durtății pe secțiune la materialul OLC20 propus pentru cormanele lamelare.

OLC 20							
Distanța de la suprafața probei [mm]	0	0.5	1	1.2	1.4	2	Miez
Duritatea HV	851	851	740	629	521	301	276
Duritatea HRC	66	66	62	57	51	30	27

Tabelul 6.13. Valorile durtății pe secțiune la materialul OLC25 propus pentru cormanele lamelare.

Distanța de la suprafața probei [mm]	0.40	1.00	1.42	1.92	Miez
Duritatea HV5	825	795	644	386	227
Duritatea HRC	64,9	63,8	57,5	36,5	21,6

Proba metalografică studiată, realizată din oțel **OLC25**, este prezentată în figura 6.12. Microstructura straturilor din exterior a probei realizate din **OLC25** este prezentată în figura 6.14., a și c, a stratului din mijloc în figura 6.14., b, iar a zonelor de tranziție între straturi în figura 6.13., a, b.

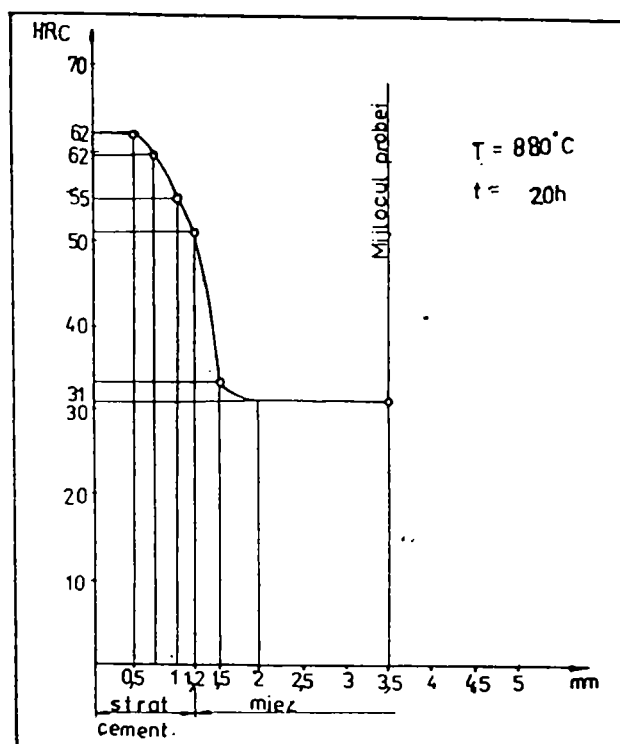


Figura 6.9. Variația durtății pe secțiune la proba din oțel **OLC15** supusă operației de cementare gazoasă cu CH_4 .

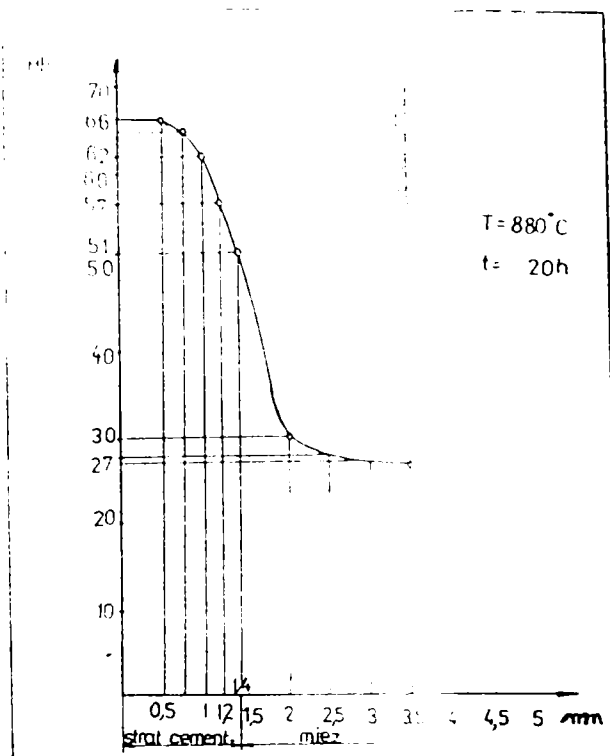


Figura 6.10. Variația durtății pe secțiune la proba din oțel **OLC20** supusă operației de cementare gazoasă cu CH_4 .

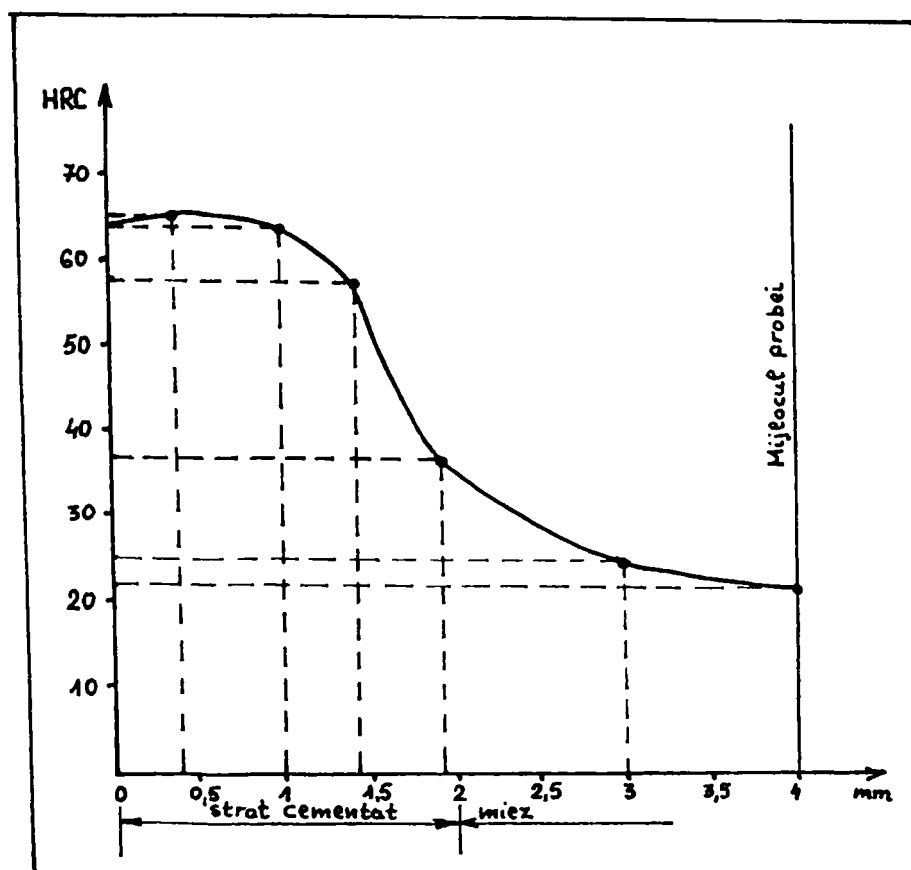
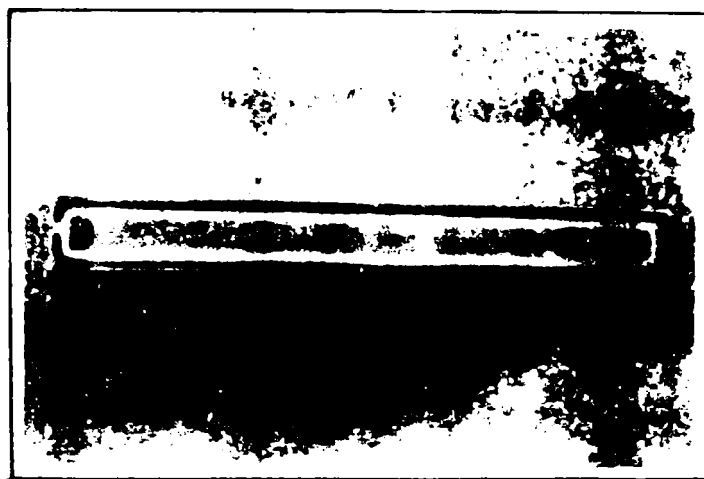


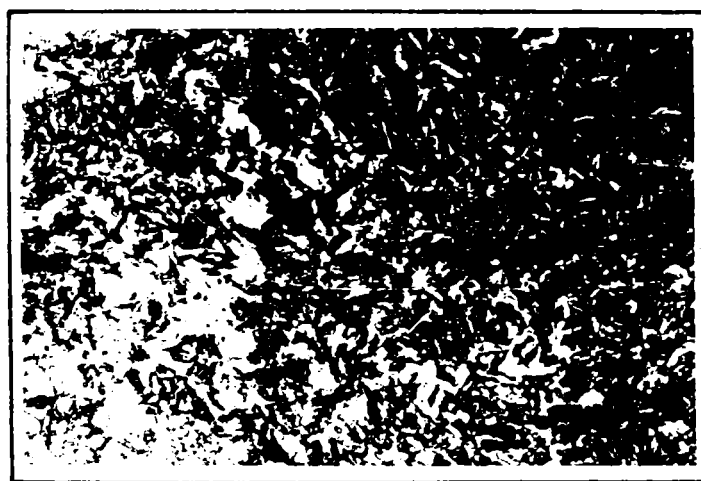
Figura 6.11. Variația durtății pe secțiune la proba din oțel **OLC25** supusă operației de cementare gazoasă cu CH_4 .



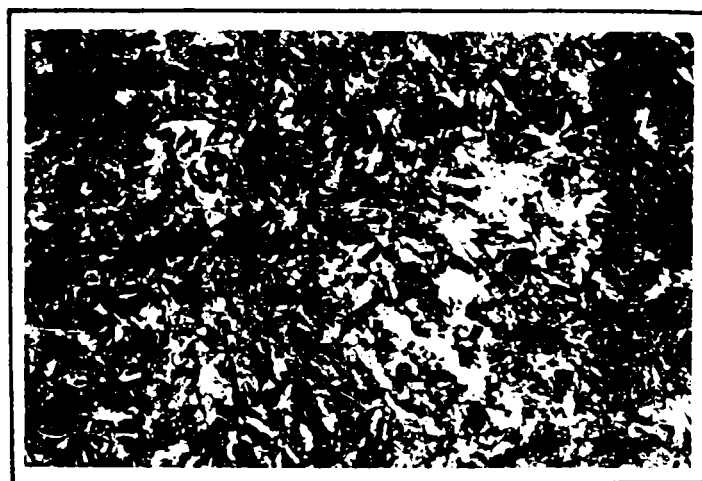
*Figura 6.12. Prezentarea probei metalografice. Material **OLC25** supus operației de cementare propus pentru cormanele lamelare. Macrostructură.*

Din analiza curbelor din figurile 6.9., 6.10., 6.11. rezultă că s-a comportat mai bine la cementare oțelurile **OLC20** și **OLC25** obținându-se un strat mai mare și cu valori ale durtății mai ridicate față de oțelul **OLC15**.

Concluzia este că pentru a obține un strat mai mare este necesară ridicarea temperaturii de cementare, fapt ce conduce la creșterea vitezei de difuzie a carbonului în strat și la micșorarea duratei de cementare.

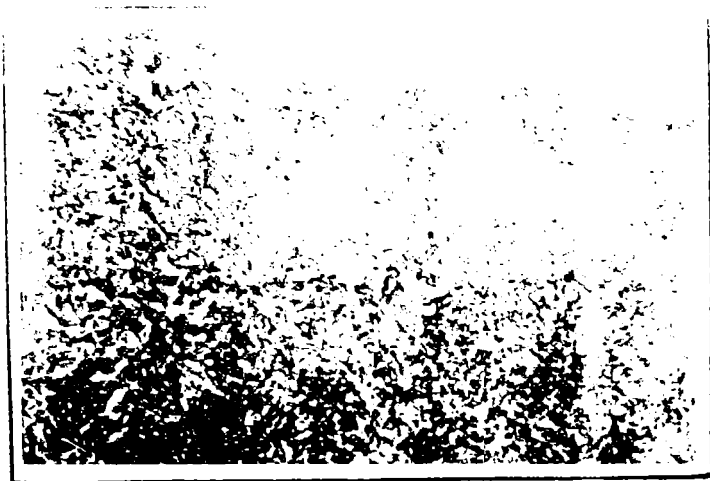


a)

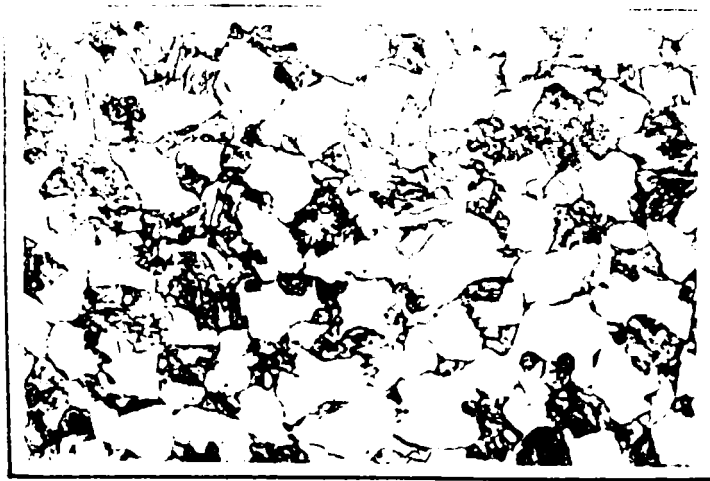


b)

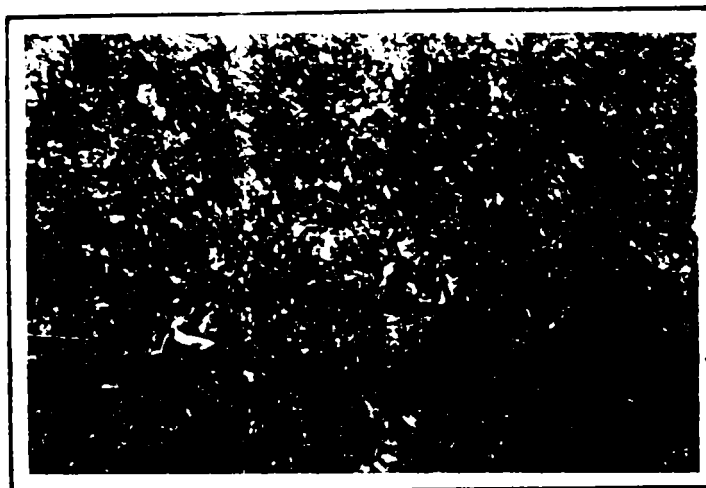
Figura 6.13. Structura de echilibru a materialului propus pentru cormanele lamelare, determinată la U.M.Timișoara: a) - zona de tranziție de la stratul care vine în contact cu solul la stratul din mijloc; b) - zona de tranziție de la stratul din mijloc la stratul din spate al cormanei.



a)



b)



c)

Figura 6.14. Structura de echilibru a materialului propus pentru cormanele lamelare: a) - oțel hipereutectoid cu 0,90%C. Structura este de sorbită. Stratul este cel care vine în contact cu solul; b) - oțel hipoeutectoid cu 0,25%C. Structura este de ferită granulată și sorbită. Stratul este cel din mijloc; c) - oțel hipereutectoid cu 0,90%C. Structura este de sorbită. Stratul este cel din spatele cormanei.

Ținând cont de cele prezentate în literatura de specialitate(vezi figura 6.15.) rezultă că pentru a realiza un strat de 2,5 mm se impune cementarea timp de 20 ore la temperatura de 920°C.

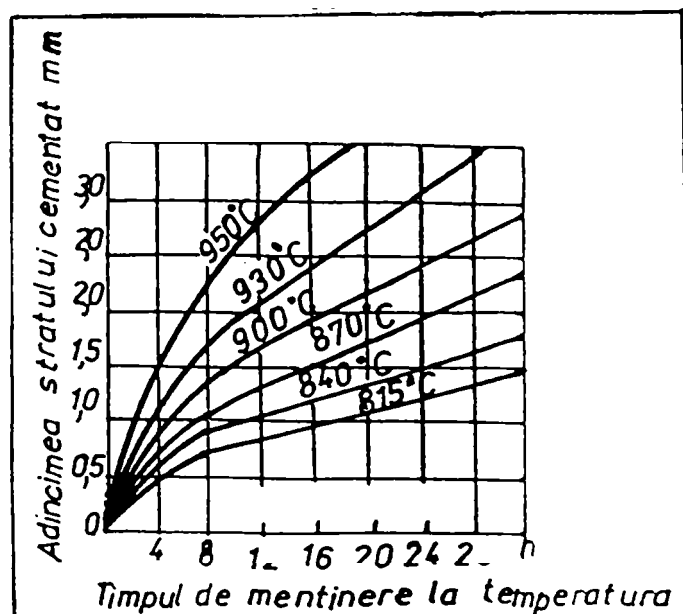


Figura 6.15. Dependența grosimii stratului cimentat de temperatură funcție de durata încălzirii.

Ținând cont de părerile specialiștilor din cadrul laboratorului "POLYVAC" al U.M.Timișoara, vom mai propune un material pentru cormanele lamelare. Acesta a fost realizat special pentru cupele de la excavatoarele miniere și este simbolizat: C₆₉₀ (STR 532/85). Are o mare rezistență la uzură. În tabelul 6.14. este prezentată compoziția chimică a acestui material în cele două variante propuse.

Tabelul 6.14. Compoziția chimică a materialului C₆₉₀.

Varianta	Compoziția chimică [%]											
	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu	Mo	V	Ti	B
A	0,1-0,2	0,6-1	0,15-0,35	max. 0,035	max. 0,040	0,4-0,65	0,7-1	0,15-0,50	0,40-0,60	0,003	-	-
B	0,12-0,2	0,4-0,7	0,1-0,4	max. 0,035	max. 0,035	1,4-2	-	-	0,4-0,6	-	0,04-0,1	0,001-0,005

Caracteristicile mecanice ale materialului, în cele două variante, sunt prezentate în continuare:

Varianta "A"

- ❖ rezistența la curgere 620 ÷ 690 [N/mm²];
- ❖ rezistența la rupere la tracțiune 760 ÷ 895 [N/mm²];
- ❖ reziliența: 0° - 39 [N]; 20° - 34 [N];
- ❖ energia de rupere prin șoc: 40° - 31 [N]; 60° - 27 [N];

Varianta "B"

- ❖ rezistența la curgere 795 ÷ 930 [N/mm²];
- ❖ rezistența la rupere la tracțiune 795 ÷ 940 [N/mm²];
- ❖ reziliența: 0° - 39 [N]; 20° - 34 [N];
- ❖ energia de rupere prin șoc: 40° - 31 [N]; 60° - 27 [N].

6.2. Studiul parametrilor geometrici ai suprafeței de lucru a cormanelor lamelare studiate.

Determinarea profilurilor celor trei tipuri de trupite cu cormane lamelare studiate, respectiv trasarea curbelor și a unghiurilor caracteristice α și β și a generatoarei γ cu ajutorul coordonatelor și stabilirea variației mărimii lor pe suprafața de lucru a cormanelor, au fost realizate în Laboratorul de Mașini Agricole de Lucrat Solul din cadrul U.P.Timișoara, cu ajutorul coordonatorului (masei de coordonate) prezentat în figura 5.4. din capitolul 5.

Pe masa 1, a coordonatorului, s-a așezat cormana lamelară, astfel încât direcția de înaintare să corespundă cu axa ox (vârful brăzdarului și capătul posterior al plazului - călcâiul - să formeze o linie paralelă cu axa ox). Tăișul brăzdarului formează cu planul mesei unghiul $\Delta\alpha = 2^\circ$. Cu ajutorul echerului s-a controlat poziția conturului anterior al cormanei față de peretele vertical al șanțului brazdei, între care trebuie să formeze unghiul $\varepsilon = 1^\circ \dots 3^\circ$. Vârful brăzdarului a fost plasat în originea axelor. S-a considerat un număr arbitrar de puncte pe conturul pieptului cormanei respectiv pe conturul brăzdarului. În mod obligatoriu au fost evidențiate punctele de inflexiune dintre contururi - precum și linia de îmbinare dintre brăzdar și lamela nr. 4 a cormanei respectiv pieptul cormanei.

S-au măsurat coordonatele fiecărui punct marcat, pentru cele trei trupite cu cormane lamelare și s-au înscris în tabelele prezentate în **Referatul nr. 3**[47].

Curbele α și β și generatoarele γ , au fost determinate prin secționarea suprafeței de lucru a cormanei cu planuri paralele corespunzătoare, așa cum se prezintă în figurile 6.16., 6.17. și 6.18. În figurile 6.19. și 6.20. sunt prezentate aspecte din timpul determinărilor unghiurilor α și β .

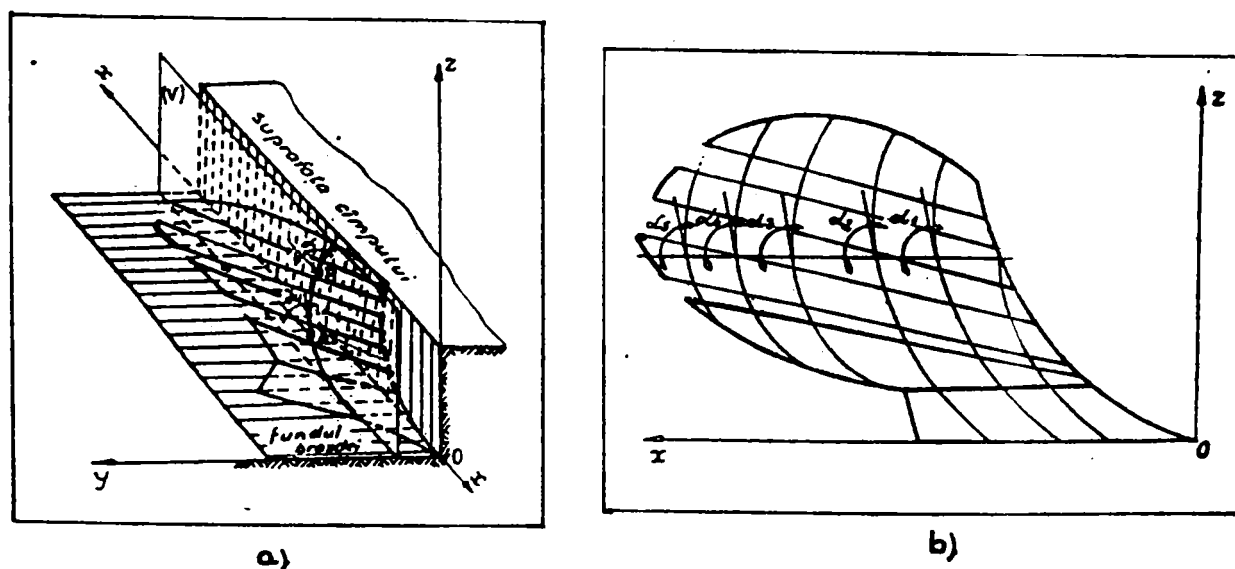


Figura 6.16. a) - Evidențierea curbelor α ; b) - Măsurarea unghiurilor α .

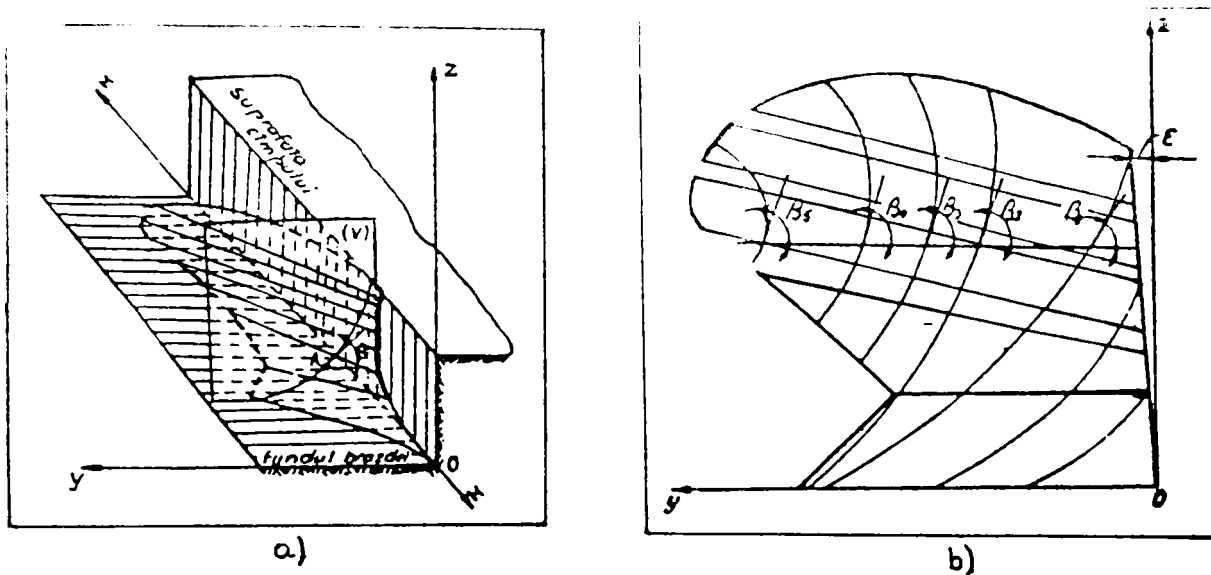


Figura 6.17. a) - Evidențierea curbelor β ; b) - Măsurarea curbelor β .

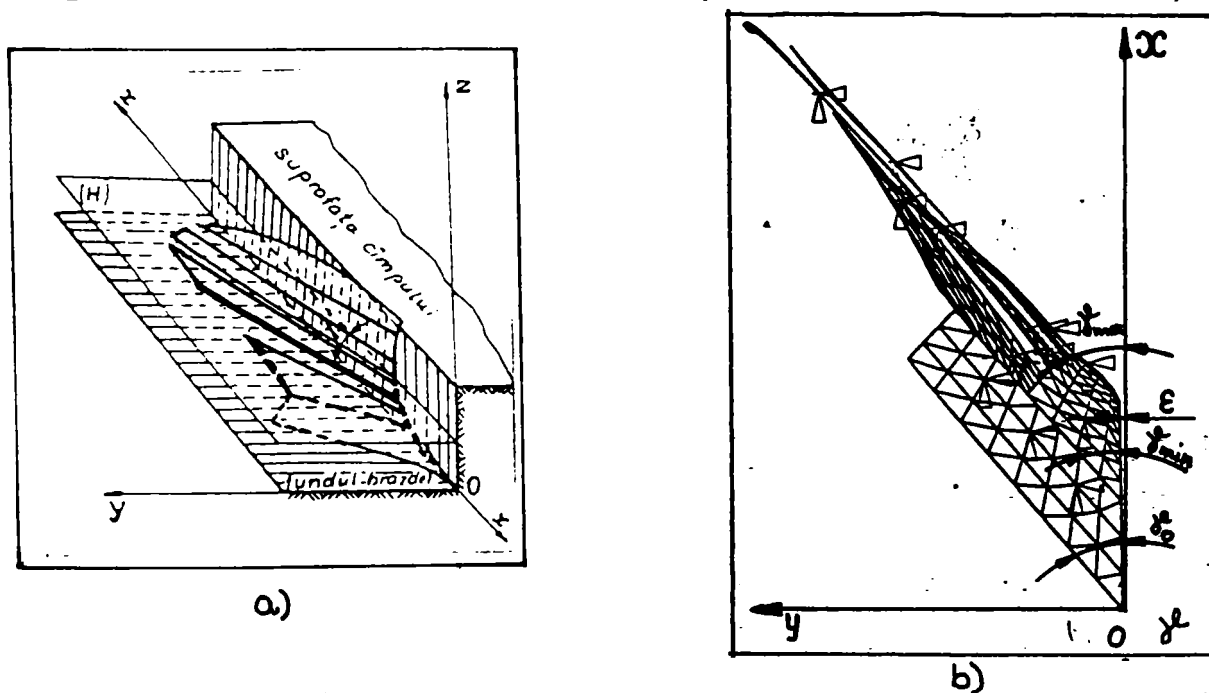


Figura 6.18. a) - Evidențierea generatoarelor γ ; b) - Măsurarea unghiurilor γ .

S-au considerat un număr arbitrar de puncte pe fiecare curbă și s-au măsurat coordonatele acestora.

În cazul curbei α , s-a menținut constantă ordonata y , pentru curba β , ordonata x , iar pentru generatoarea γ , ordonata z .

Valorile astfel măsurate s-au trecut în tabelele prezentate în **Referatul nr. 3**[47].

Reprezentarea grafică a curbelor α și β și a generatoarelor γ s-a realizat cu ajutorul programului "EXCEL 2000" și se prezintă în figurile: 6.21., 6.22. și 6.23. pentru cormana cu lamele drepte tip "LEMKEN", 6.24., 6.25. și 6.26. pentru cormana cu lamele drepte de proveniență indigenă și 6.27., 6.28. și 6.29. pentru cormana cu lamele curbe de proveniență indigenă.

După determinarea variației fiecărui unghi în parte atât pentru cormanele lamelare indigene (prototipuri) cât și pentru cormana cu lamele de proveniență germană, s-a trecut la reprezentarea grafică a unghiurilor $\alpha = f(z)$, $\beta = f(z)$ și $\gamma = f(z)$ - figurile 6.30., 6.31., 6.32., 6.31., 6.33., 6.34., 6.35., 6.36., 6.37.

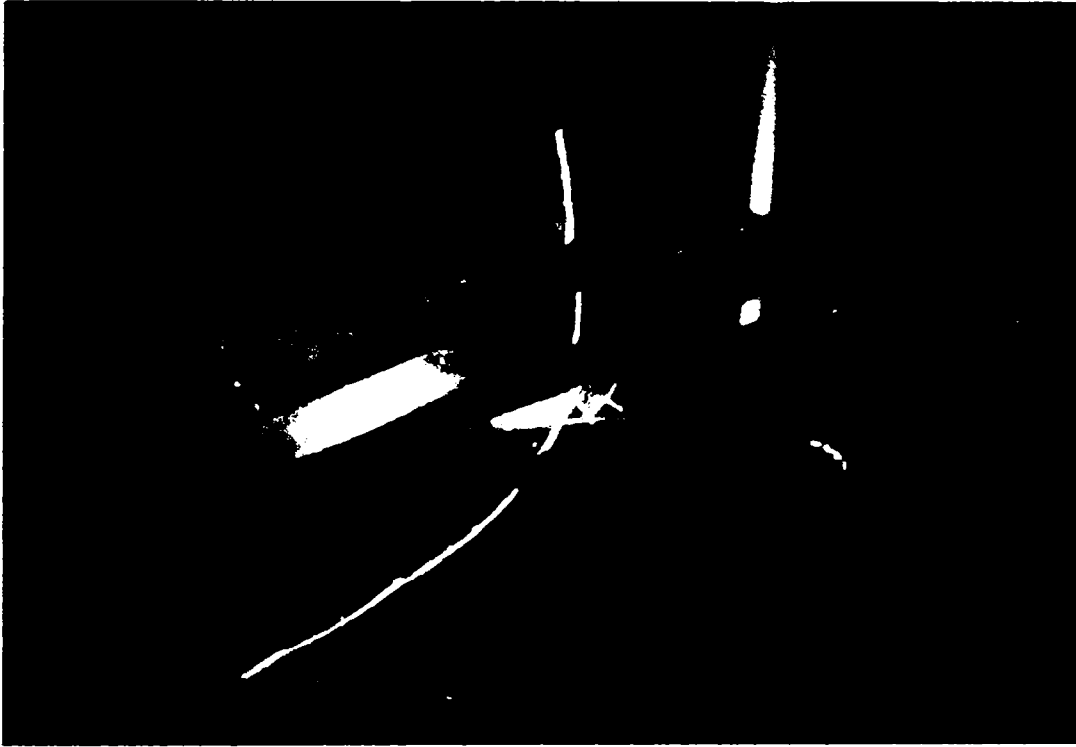


Figura 6.19. Aspecte din timpul determinării unghiului α .

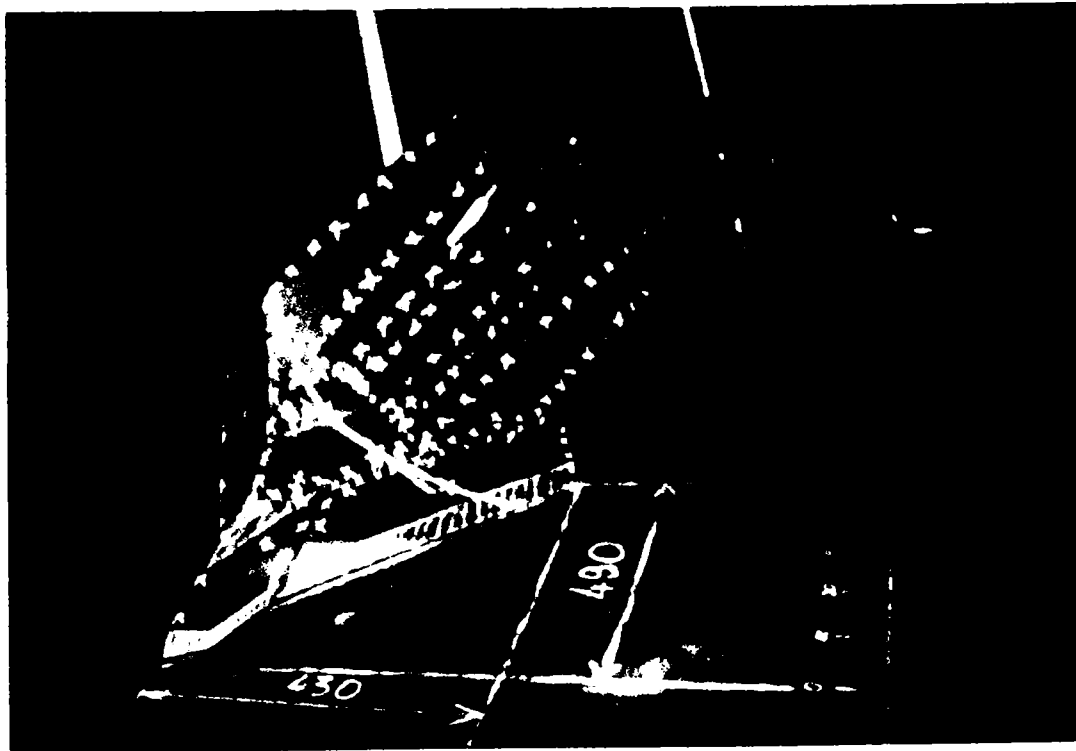


Figura 6.20. Aspecte din timpul determinării unghiului β .

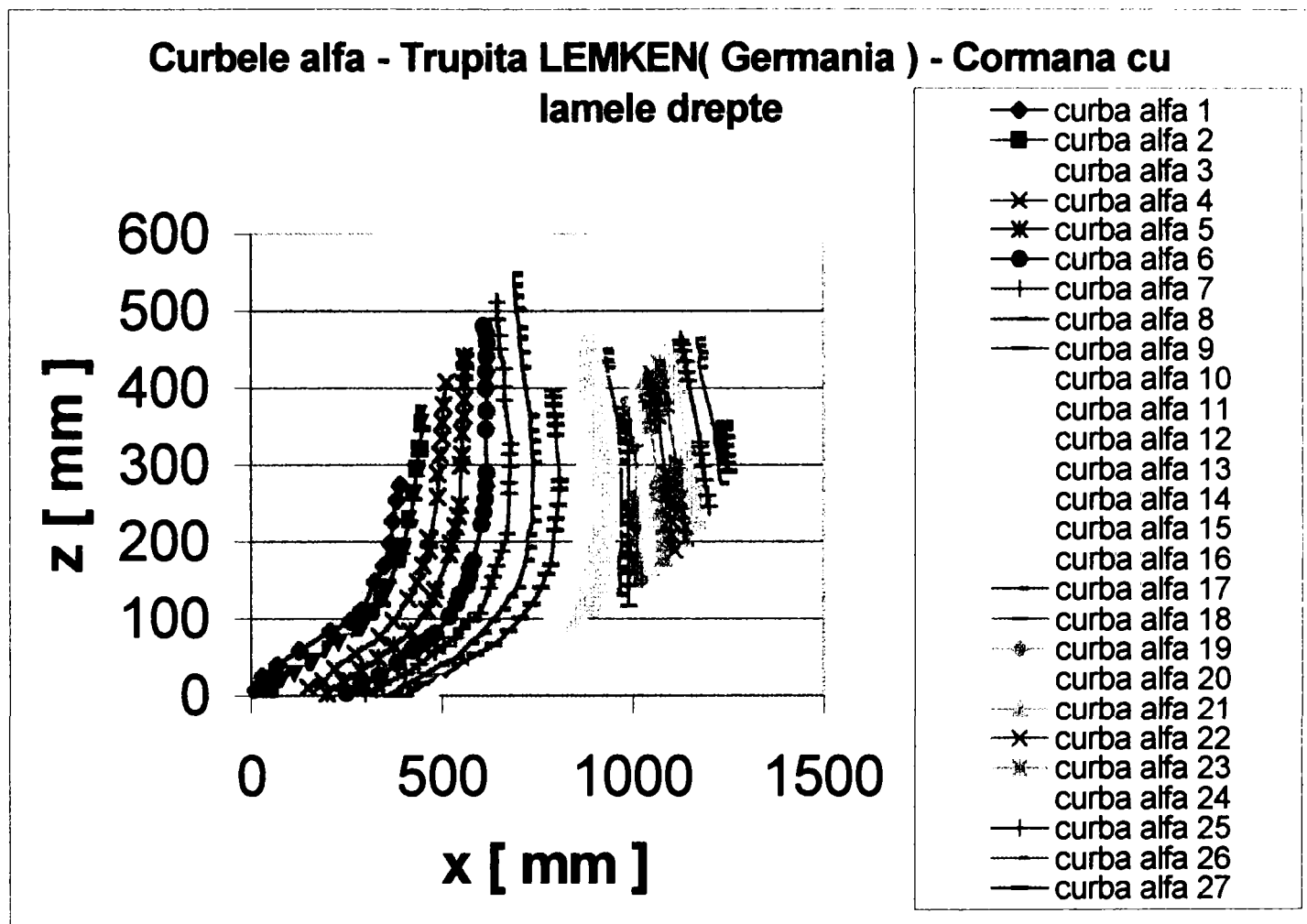


Figura 6.21.

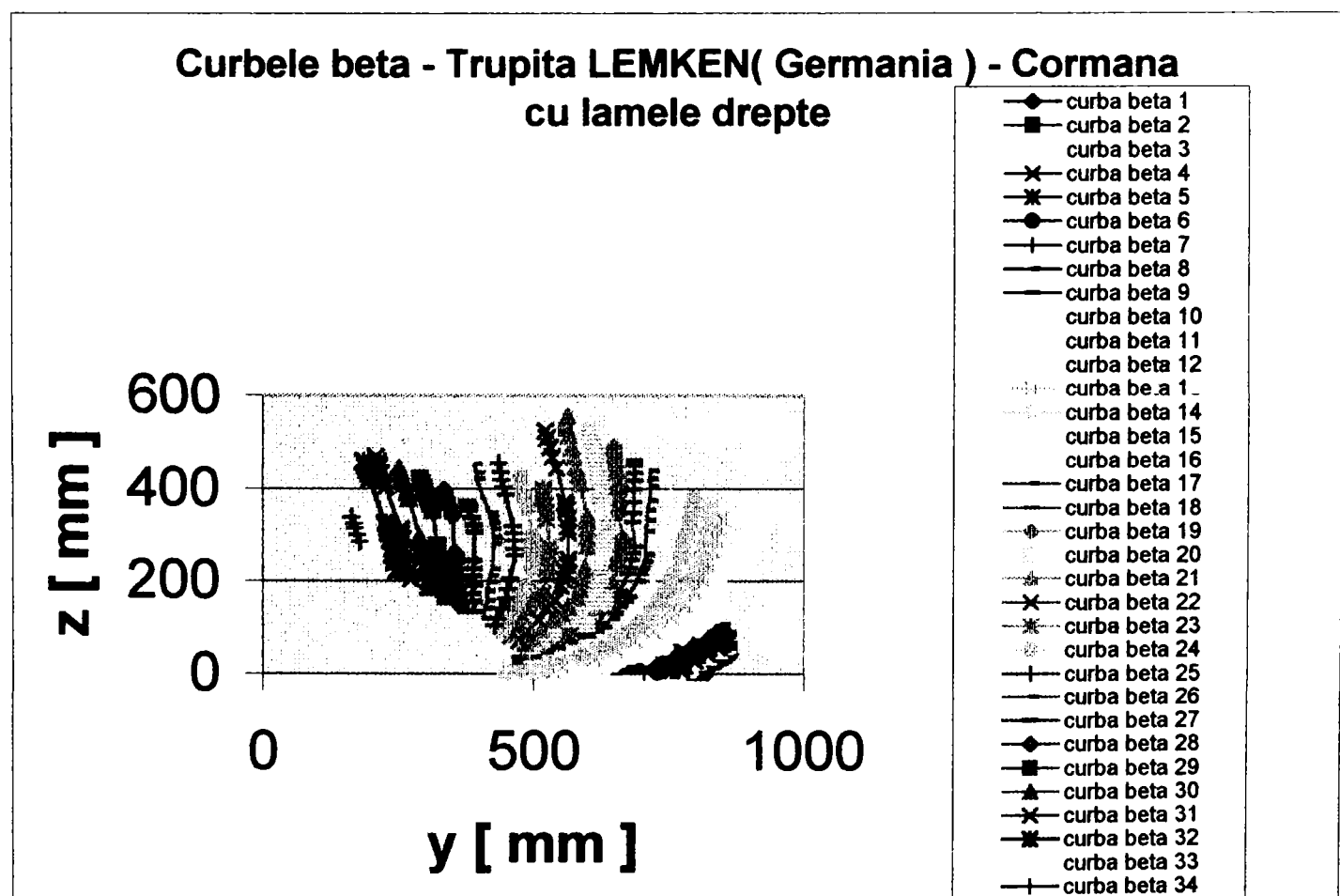


Figura 6.22.

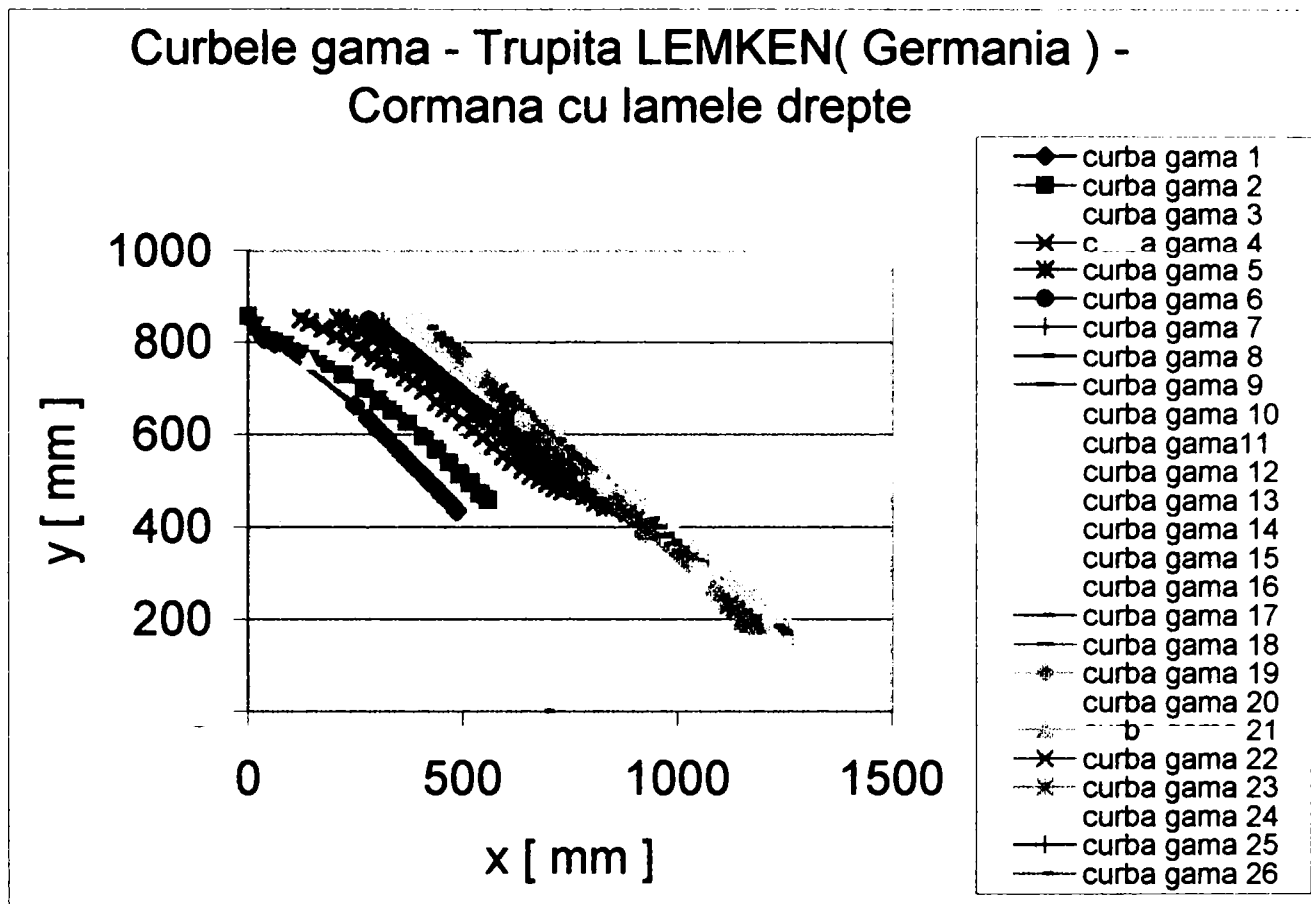


Figura 6.23.

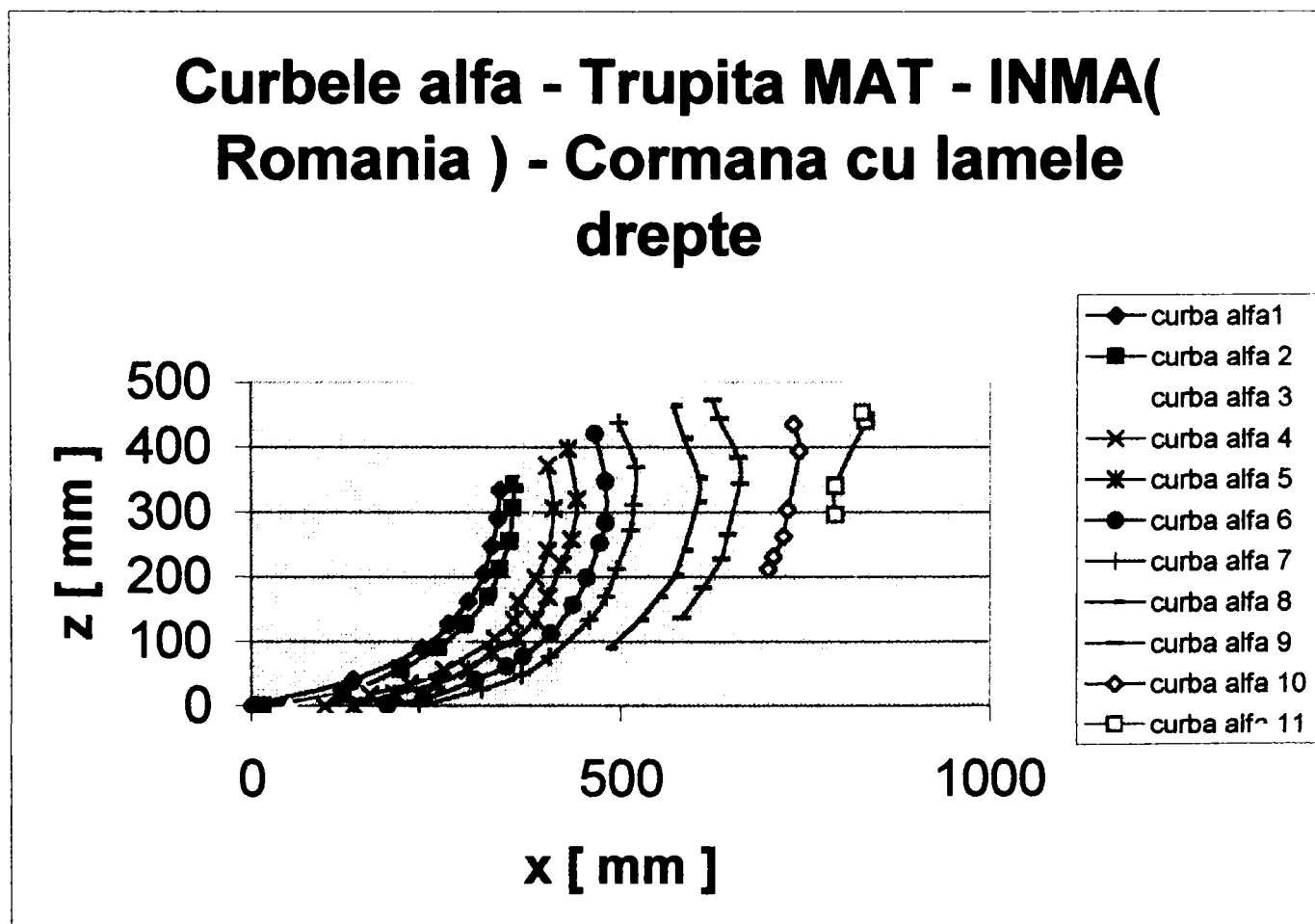


Figura 6.24.

Curbele beta - Trupita MAT - INMA(Romania) - Cormana cu lamele drepte

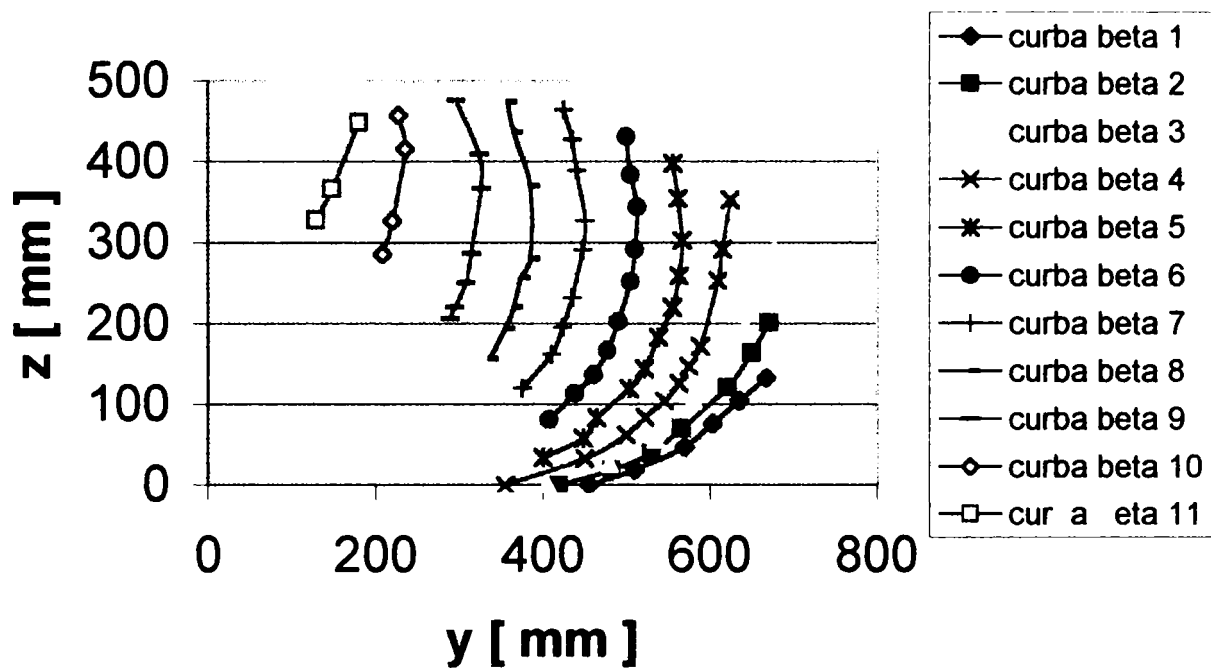


Figura 6.25.

Curbele gama - Trupita MAT - INMA(Romania) - Cormana cu lamele drepte

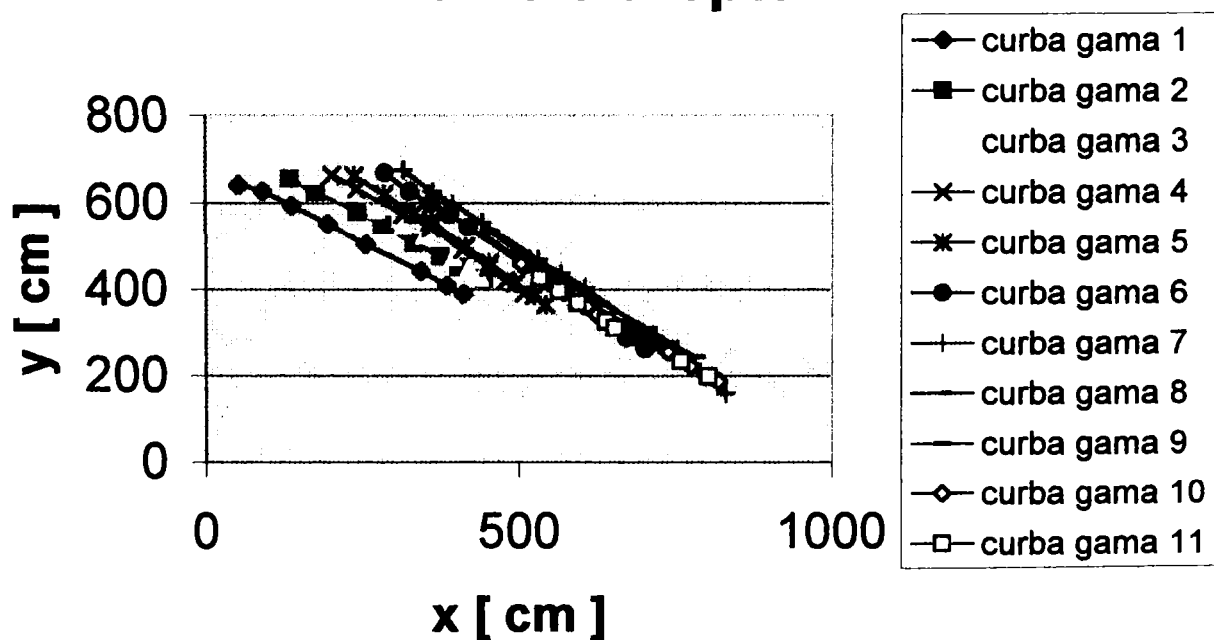


Figura 6.26.

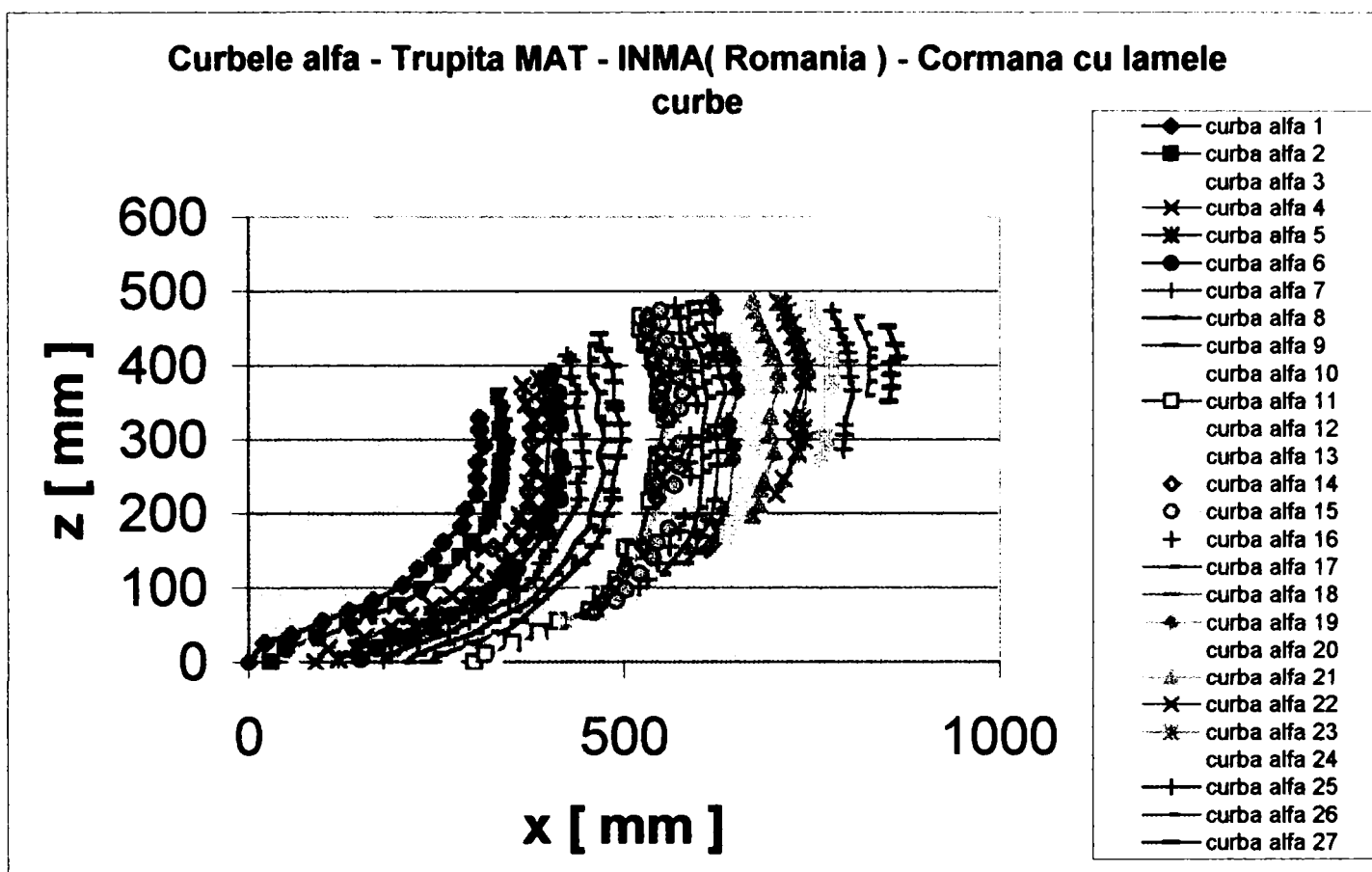


Figura 6.27.

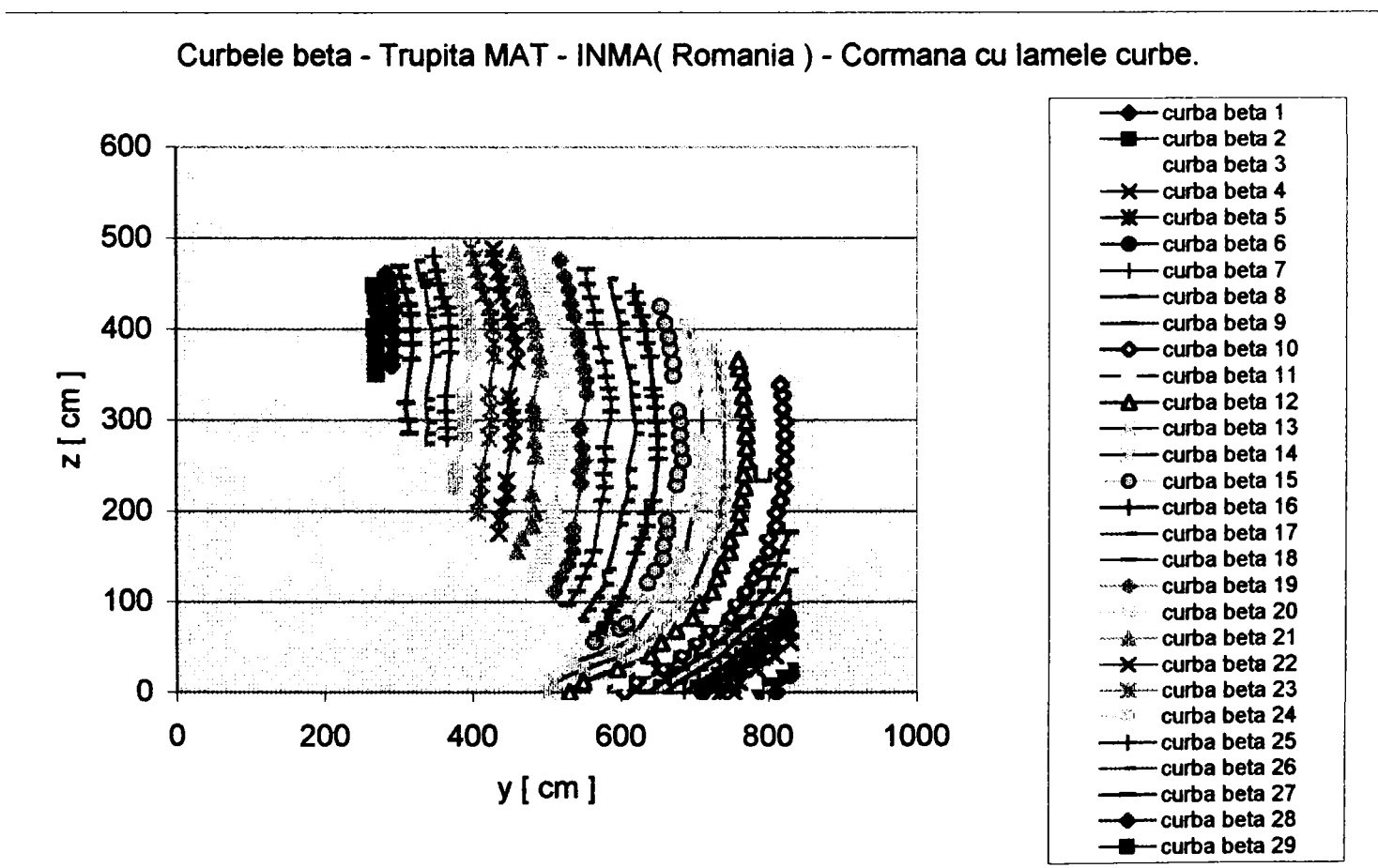


Figura 6.28.

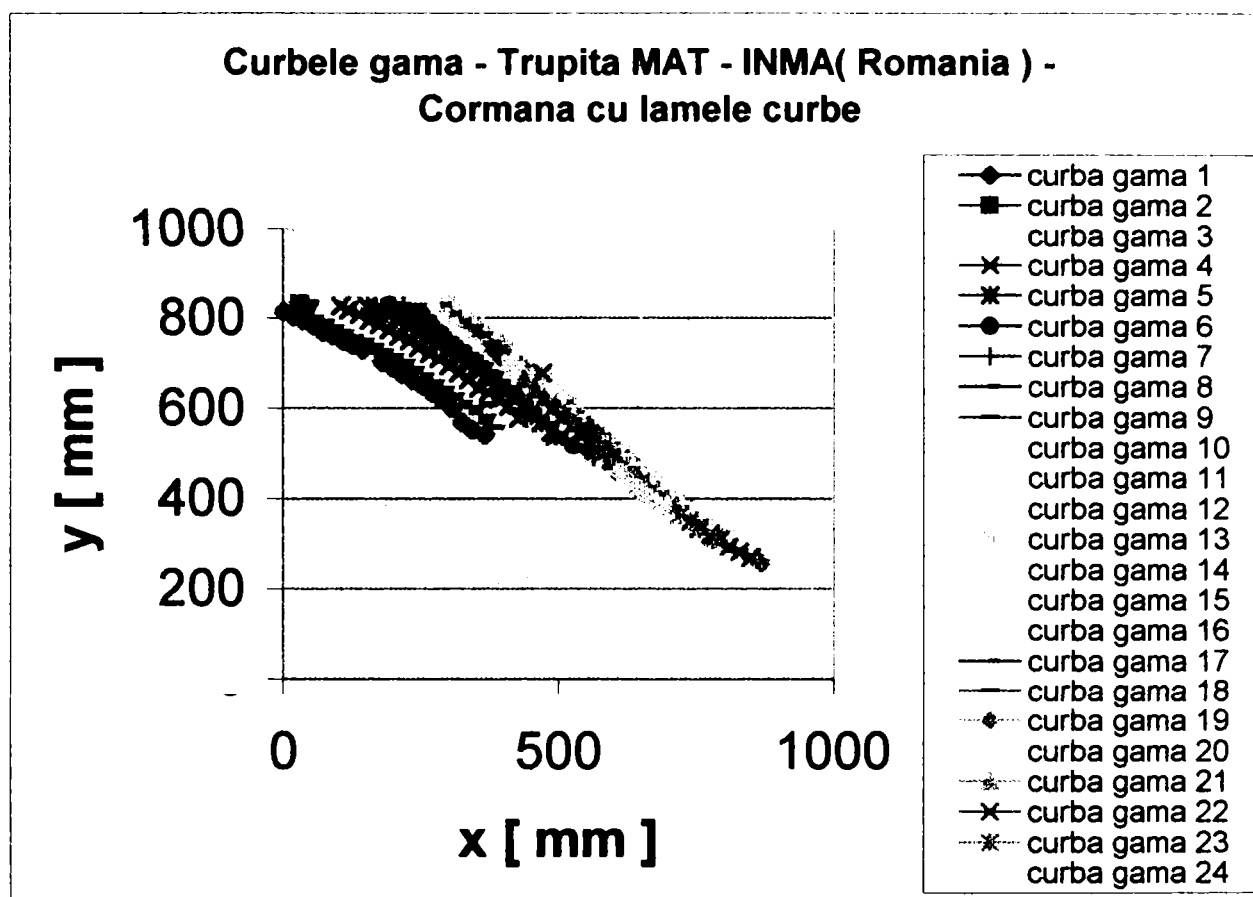


Figura 6.29.

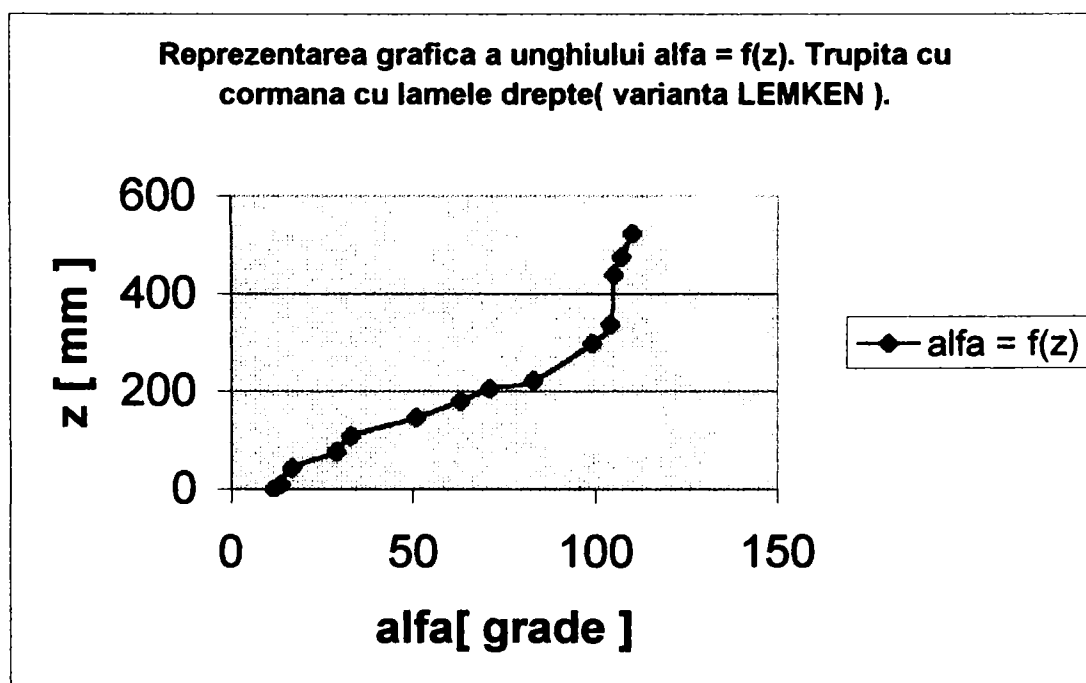


Figura 6.30.

Reprezentarea grafica a unghiului beta = f(z). Trupita cu cormana cu lamele drepte(varianta LEMKEN)

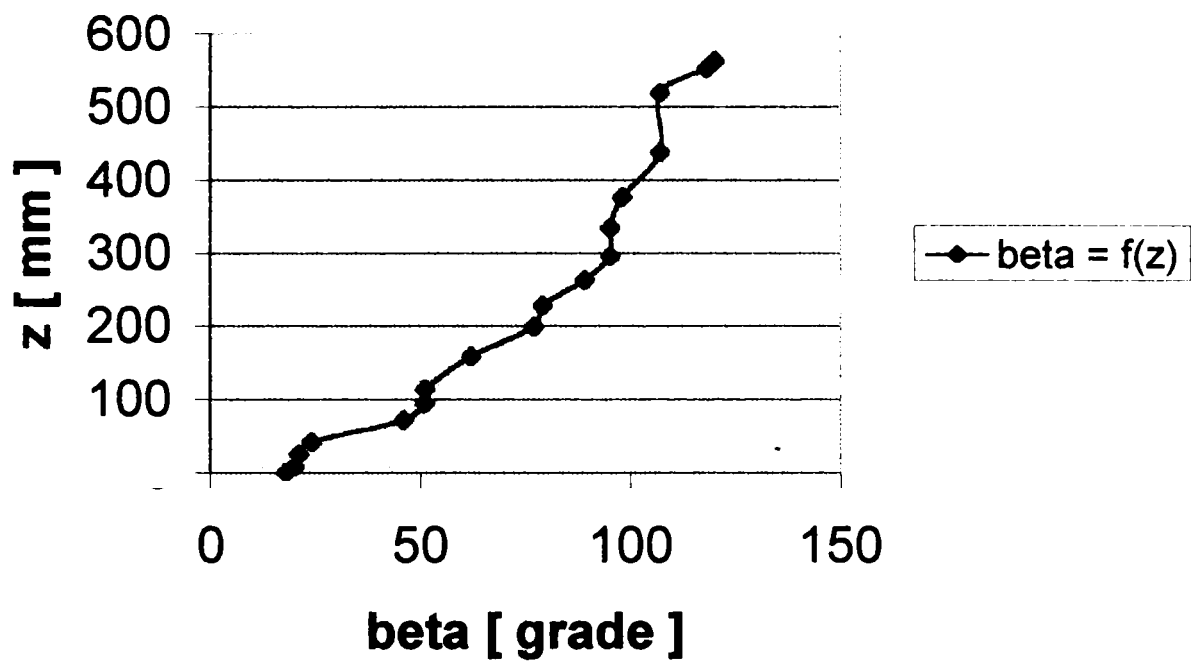


Figura 6.31.

Reprezentarea grafica a unghiului gama = f(z). Trupita cu cormana cu lamele drepte(varianta LEMKEN)

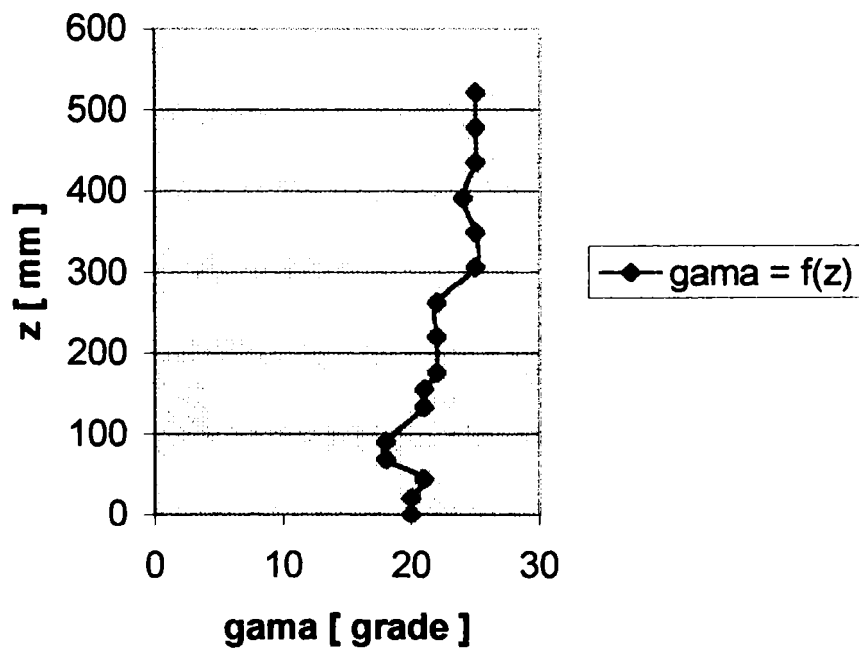


Figura 6.32.

**Reprezentarea grafica a unghiului
 $\alpha = f(z)$. Trupita cu cormana cu
 lamele drepte(varianta indigena)**

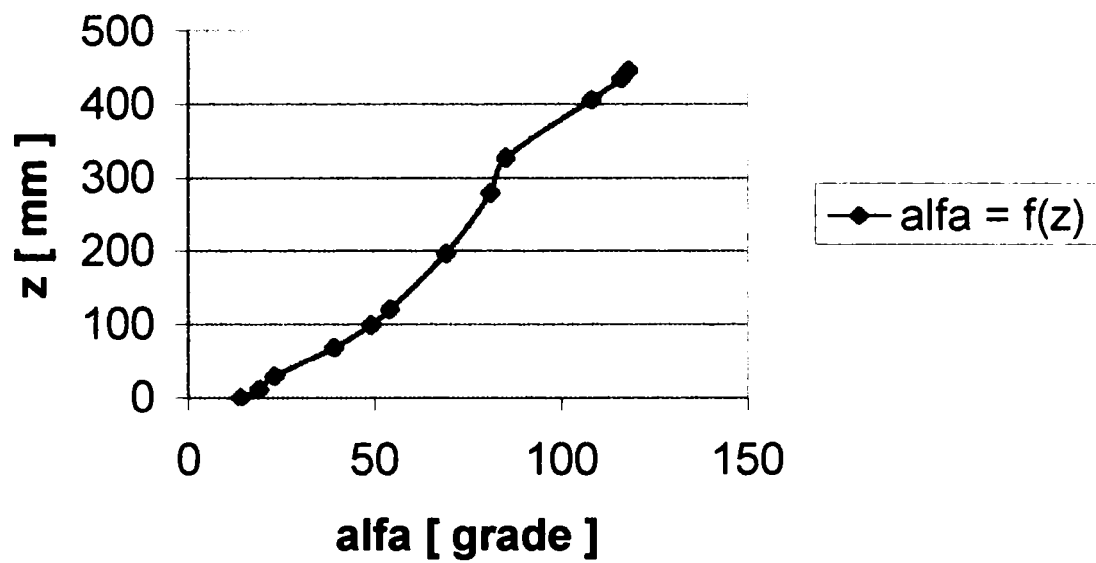


Figura 6.33.

**Reprezentarea grafica a unghiului
 $\beta = f(z)$. Trupita cu cormana cu
 lamele drepte(varianta indigena).**

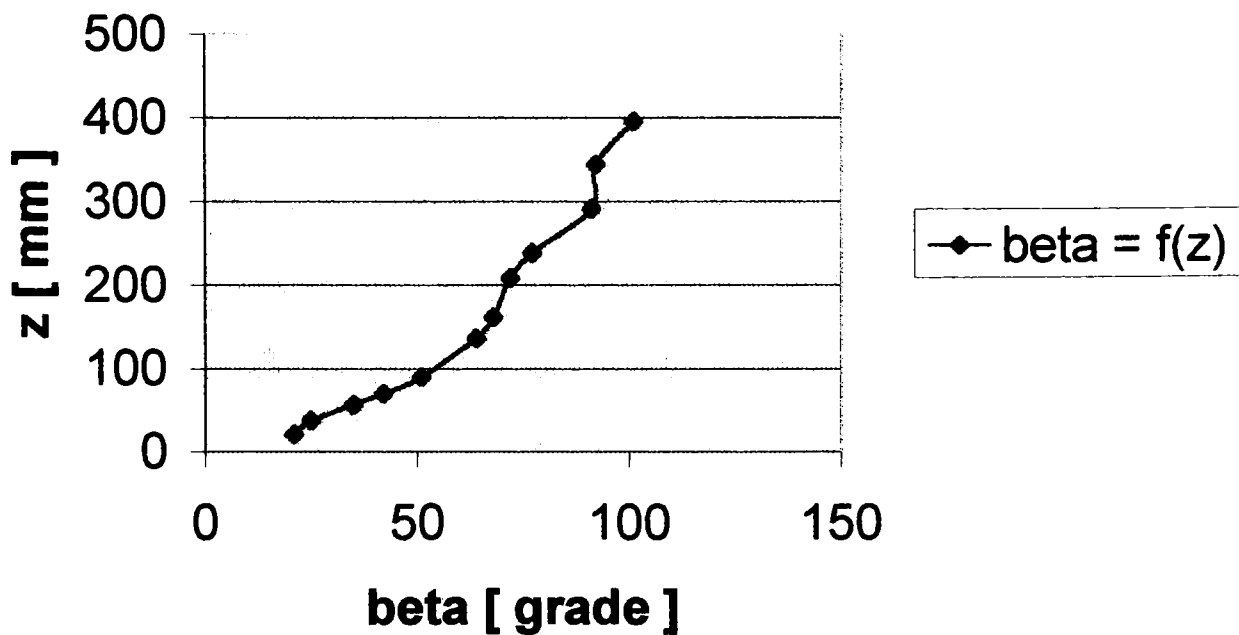


Figura 6.34.

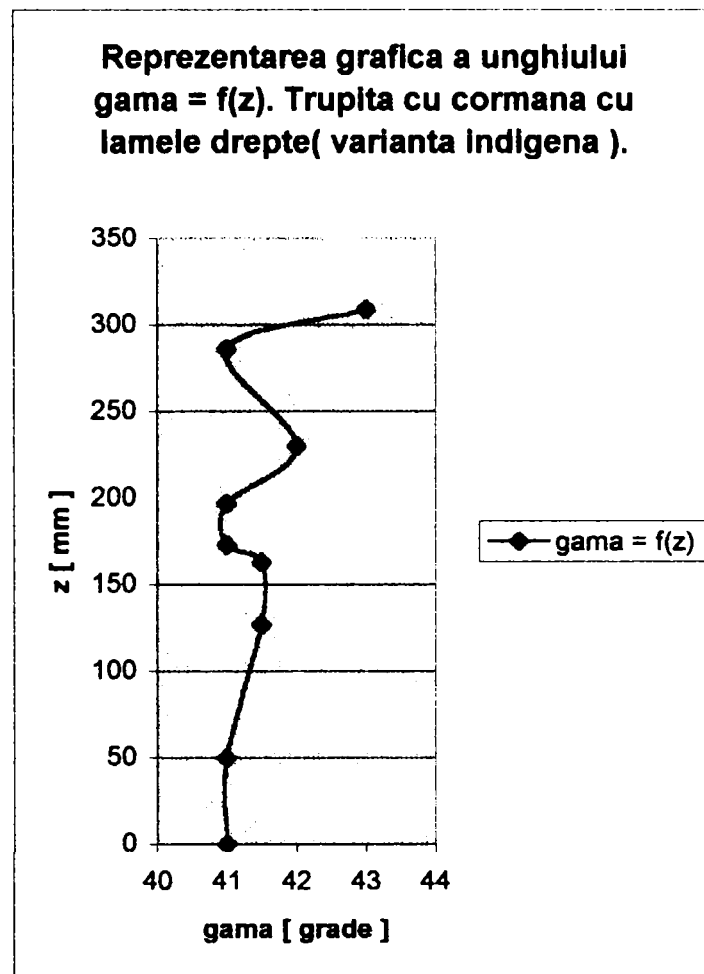


Figura 6.35.

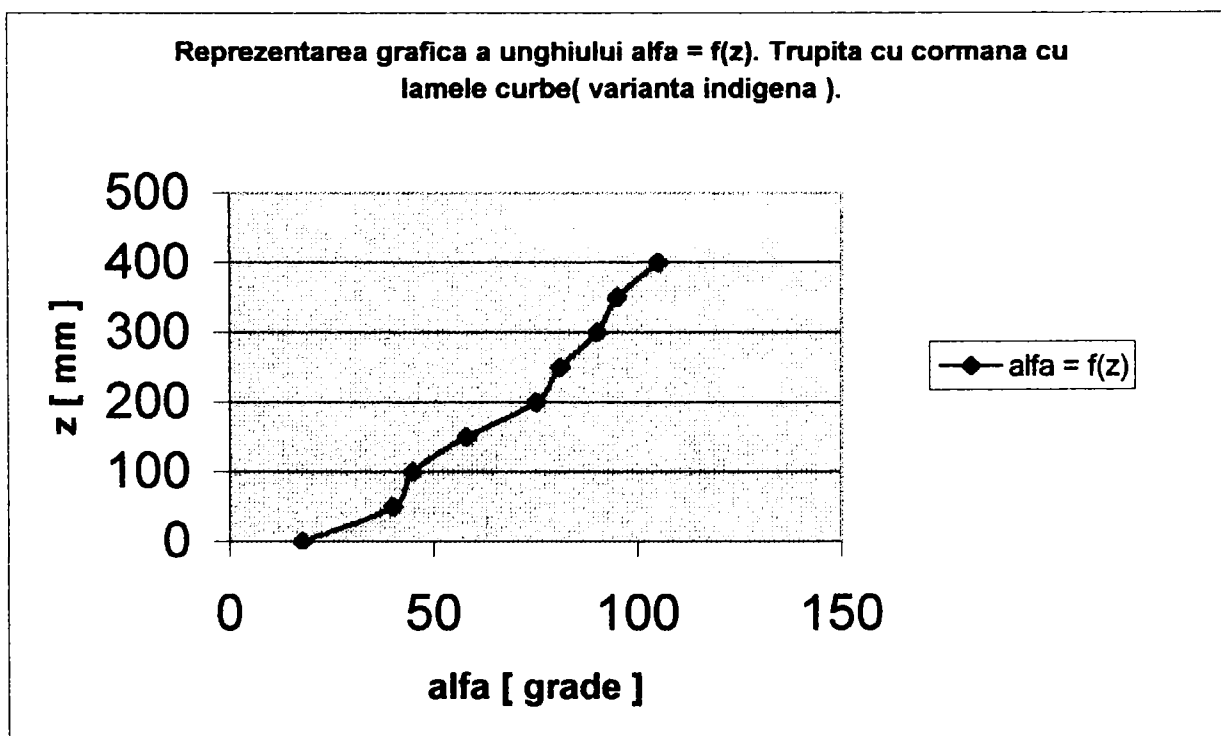


Figura 6.36.

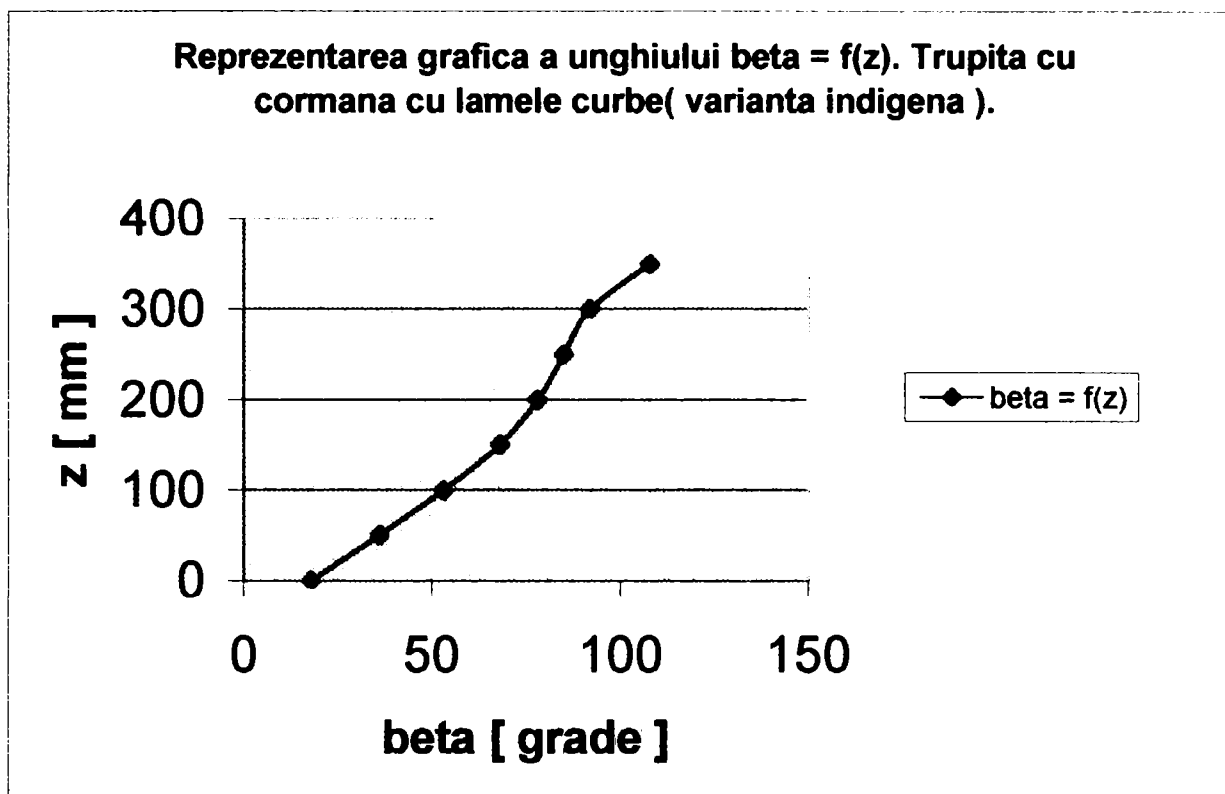


Figura 6.37.

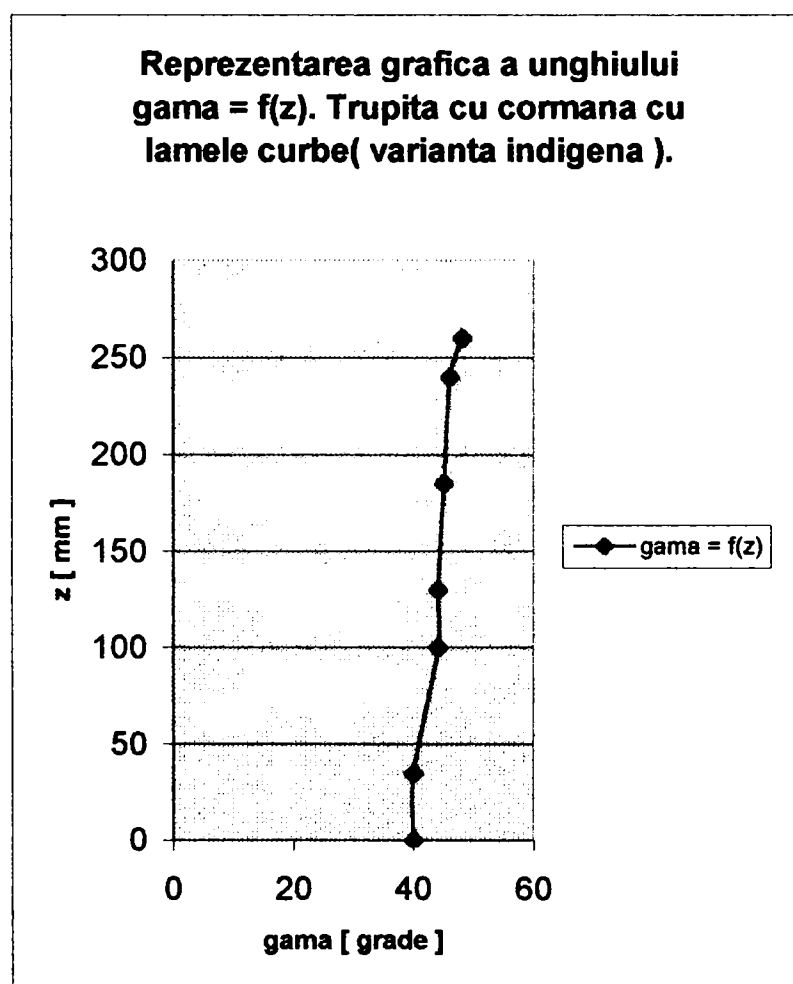


Figura 6.38.

Din studiul făcut asupra cormanei cu lamele drepte - varianta indigenă - au rezultat următoarele variații ale parametrilor geometrici α , β și γ pe înălțimea cormanei: $\alpha = 14^\circ \dots 118^\circ$; $\beta = 21^\circ \dots 101^\circ$; $\gamma = 41^\circ \dots 43^\circ$. Deci rezultă că cormana cu lamele drepte de proveniență indigenă este de tip universal(cultural).

Din studiul făcut asupra cormanei lamelare - varianta LEMKEN - au rezultat următoarele variații ale parametrilor geometrici α , β și γ pe înălțimea cormanei: $\alpha = 12^\circ \dots 110^\circ$; $\beta = 18^\circ \dots 120^\circ$; $\gamma = 18^\circ \dots 25^\circ$. Deci rezultă că cormana este de tip combinată, adică:

- ❖ unghiul α cuprins între $12^\circ \dots 110^\circ$ corespunde unei cormane de tip cilindrică, ceea ce îi conferă cormanei lamelare LEMKEN un grad pronunțat de mărunțire;
- ❖ unghiul β cuprins între $18^\circ \dots 120^\circ$ corespunde unei cormane de tip semielicoidal sau elicoidal, ceea ce îi conferă cormanei lamelare LEMKEN un grad pronunțat de răsturnare;
- ❖ unghiul γ cuprins între $18^\circ \dots 25^\circ$ corespunde unei cormane pentru viteze mărite de lucru, ceea ce ne conduce la concluzia că cormana LEMKEN poate să lucreze la viteze de peste 7 km/h.

Din studiul făcut asupra cormanei cu lamele curbe - varianta indigenă - au rezultat următoarele variații ale parametrilor geometrici α , β și γ pe înălțimea cormanei: $\alpha = 18^\circ \dots 105^\circ$; $\beta = 18^\circ \dots 108^\circ$; $\gamma = 40^\circ \dots 48^\circ$. Deci rezultă că cormana cu lamele curbe de proveniență indigenă este de tip universal(cultural).

Pentru încercările experimentale privind parametrii geometrici ai suprafeței de lucru ai cormanelor lamelare studiate a fost necesară următoarea aparatură:

- ❖ coordonator(masă de coordonate);
- ❖ ruletă de 2 [m];
- ❖ calculator "INTEL P II DESHUTES 350MHZ, 512K";
- ❖ programe: "EXCEL 2000" și "WORD 2000".

CAPITOLUL 7

CERCETĂRI EXPERIMENTALE ÎN TEREN PRIVIND DISTRIBUȚIA TENSIUNILOR PE SUPRAFAȚA CORMANEI DE TIP LAMELAR

7.1. Criterii de alegere pentru experiment a tipului de cormană lamelară.

Drept model experimental s-a folosit cormană lamelară, tip "BS42", ce echipează plugul VARI - DIAMANT al firmei germane "LEMKEN", datorită următoarelor criterii:

- ❖ este o cormană studiată, constructiv și funcțional;
- ❖ cormană este destinată unui plug cu geometrie variabilă;
- ❖ limitele de variație a adâncimii și lățimii de lucru au creat condiții favorabile pentru evidențierea câmpului de tensiuni;
- ❖ cu acest tip de cormană s-a realizat ultimul record mondial la lucrarea de arat(de 127,7 ha în 24 h) [302] (figura 7.1.).



rin Saskia Menz überreicht dtz-Redakteur Hans-Gerhard Pfänder den Siegerkranz, im Hintergrund Helmer Rawolle. Daneben Erwin Thiemann und Günther Weyhofen-Brahm, beide von Lemken, Case Mann Ralf Bloche, Josef Böcker von Lemken, Hubert Kallen von Case, sowie Case-Lemken-Handler Karl-Henry Blum (von links)

Figura 7.1. Recordul mondial realizat la lucrarea de arat.

7.2. Criterii de alegere a metodei de măsurare a tensiunilor.

Criterii de distribuție și alegere a traductoarelor rezistive în zonele de măsurare și a zonelor de amplasare pe suprafața de lucru a trupitei. Realizarea lanțului de măsură. Pe baza studiilor teoretice făcute cu ajutorul Metodei Elementului Finit, s-au depistat zonele cele mai solicitate, care au fost apoi supuse unei analize experimentale.

S-a avut în vedere și datele din literatura de specialitate indigenă și străină care încearcă să reprezinte evoluția câmpului de tensiuni pe suprafețele de lucru ale cormanelor nedecupate, respectiv s-a luat în considerare zonele de uzură excesivă a acestei suprafețe la cormanele nedecupate cu care sunt echipate plugurile din exploatare.

Deoarece din cauza dotării avute la dispoziție la un ciclu de măsurare nu se puteau cupla mai mult de 4 puncte de măsură (4 TER) s-a utilizat un traductor rezistiv martor (montat pe suportul bârsei). Acesta s-a cuplat la fiecare ciclu de măsură împreună cu alte trei traductoare rezistive active, de fiecare dată altele. Zonele în care au fost amplasate traductoarele se prezintă în figurile 7.2., 7.3., 7.4., 7.5. și 7.6.

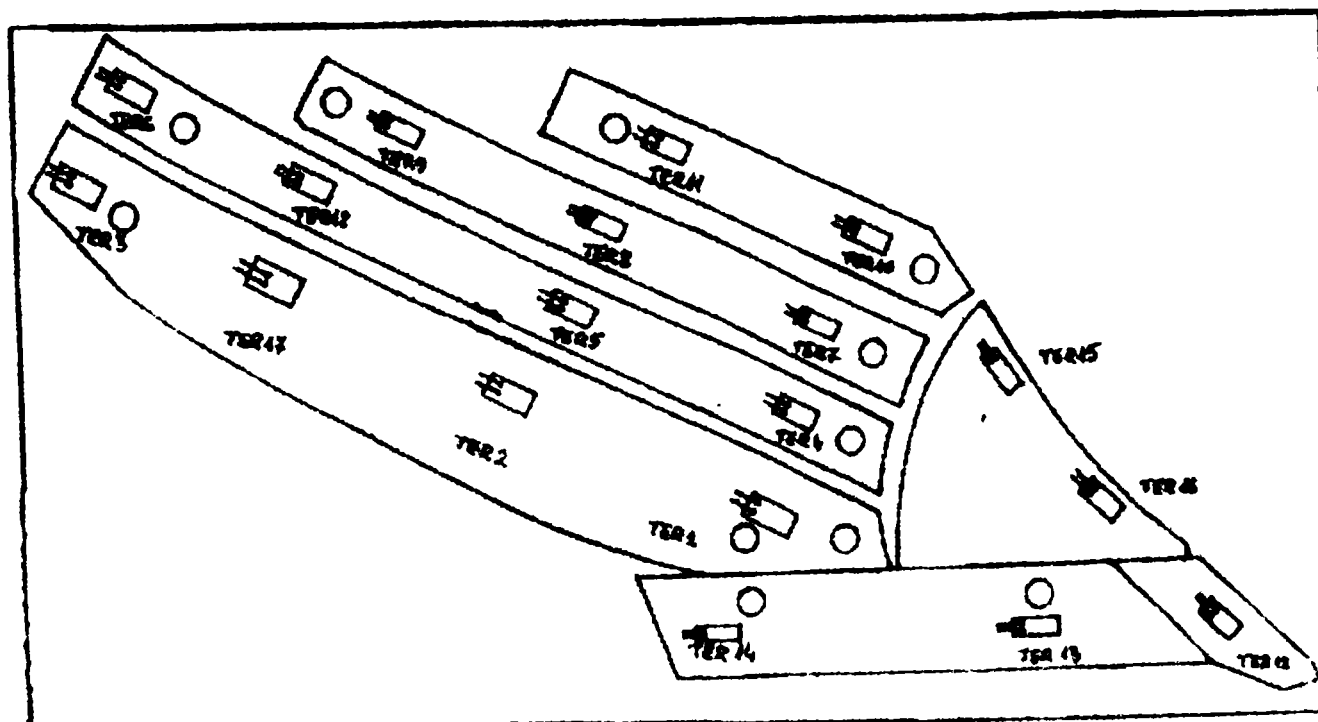


Figura 7.2. Zonele de amplasare a traductoarelor pe trupita experimentală

Autorul nu a apelat la traductoarele prezentate în capitolul 2, deoarece acestea sunt deosebit de pretențioase de realizat pentru serviciile pe care urmează să le ofere, ci a apelat la sistemul clasic de măsurări tensiometrice cu timbre, de mare sensibilitate, alegerea făcută fiind împărtășită și chiar sprijinită de specialiștii de la **PROMPT S.A. Timișoara** a căror competență în domeniu este cunoscută.

În scopul propus s-au utilizat:

- ❖ timbre electrotensiometrice rezistive (figura 7.7.) - **Microtehnă** - tip C120(Cehia) [278] caracterizate prin următoarele:

- rezistența specifică $R = 120 \text{ [}\Omega\text{]}$;
- coeficientul de tensosensibilitate $k = 2,09$;
- ❖ adeziv bicomponent - **Hottinger** - tip **X60**(Germania) având limitele de temperatură cuprinse între $-200 \dots +80^\circ\text{C}$ (măsurări dinamice)[279];
- ❖ chit protecție(figura 7.8.) - Hottinger - tip **AK22**(Germania) având limitele de temperatură cuprinse între $-50 \dots +170^\circ\text{C}$ (măsurări dinamice)[275][276].

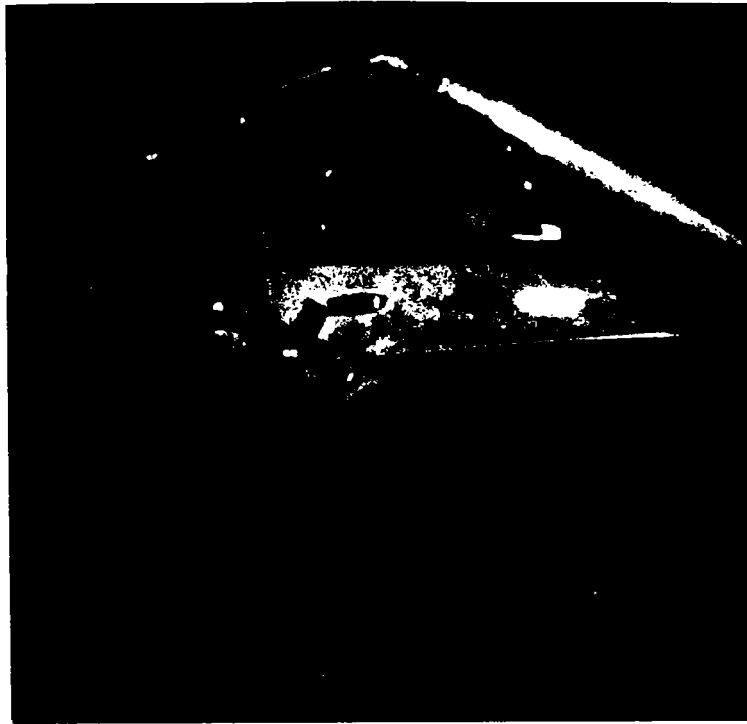


Figura 7.3. Zonele de amplasare a traductoarelor pe lamele inferioare respectiv pe corpul brăzdarului.



Figura 7.4. Zonele de amplasare a traductoarelor pe lamelele superioare.

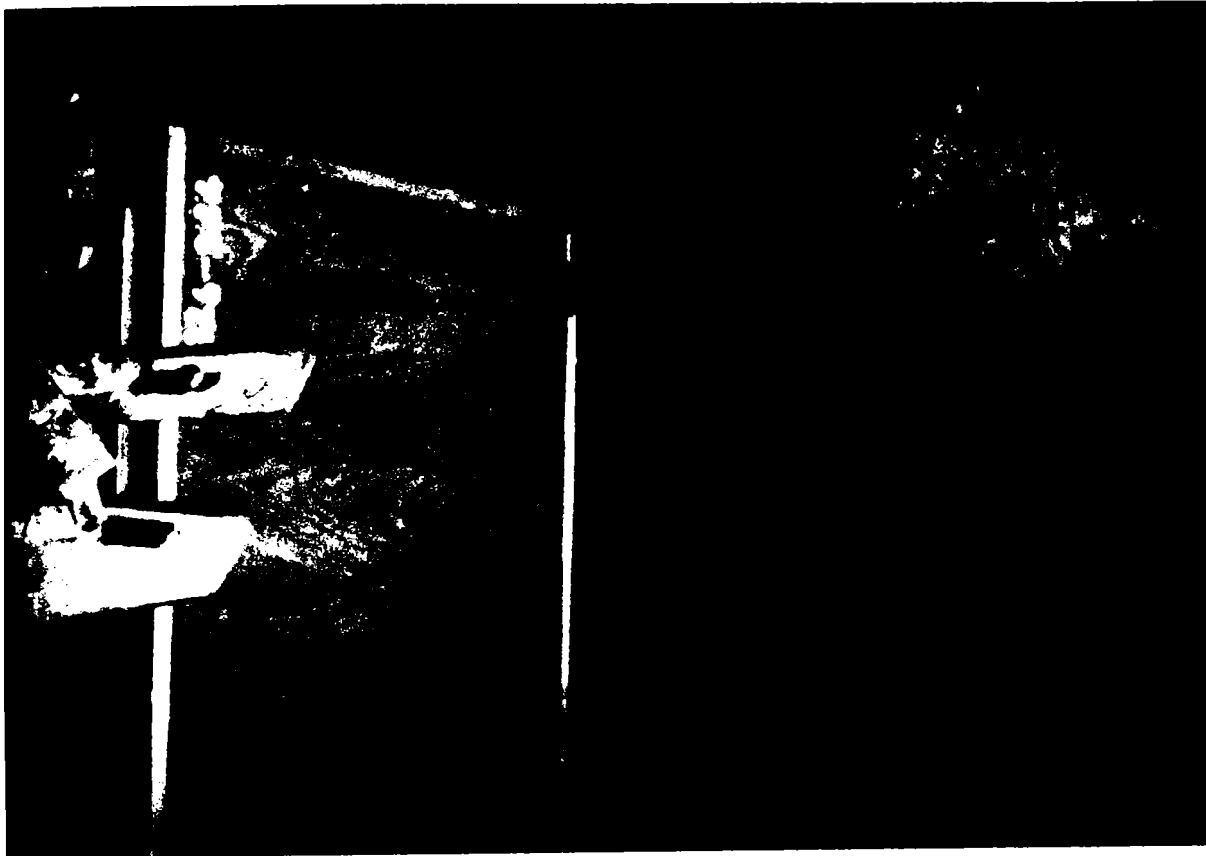


Figura 7.5. Zonele de amplasare a traductoarelor la extremitățile lamelelor din mijloc.

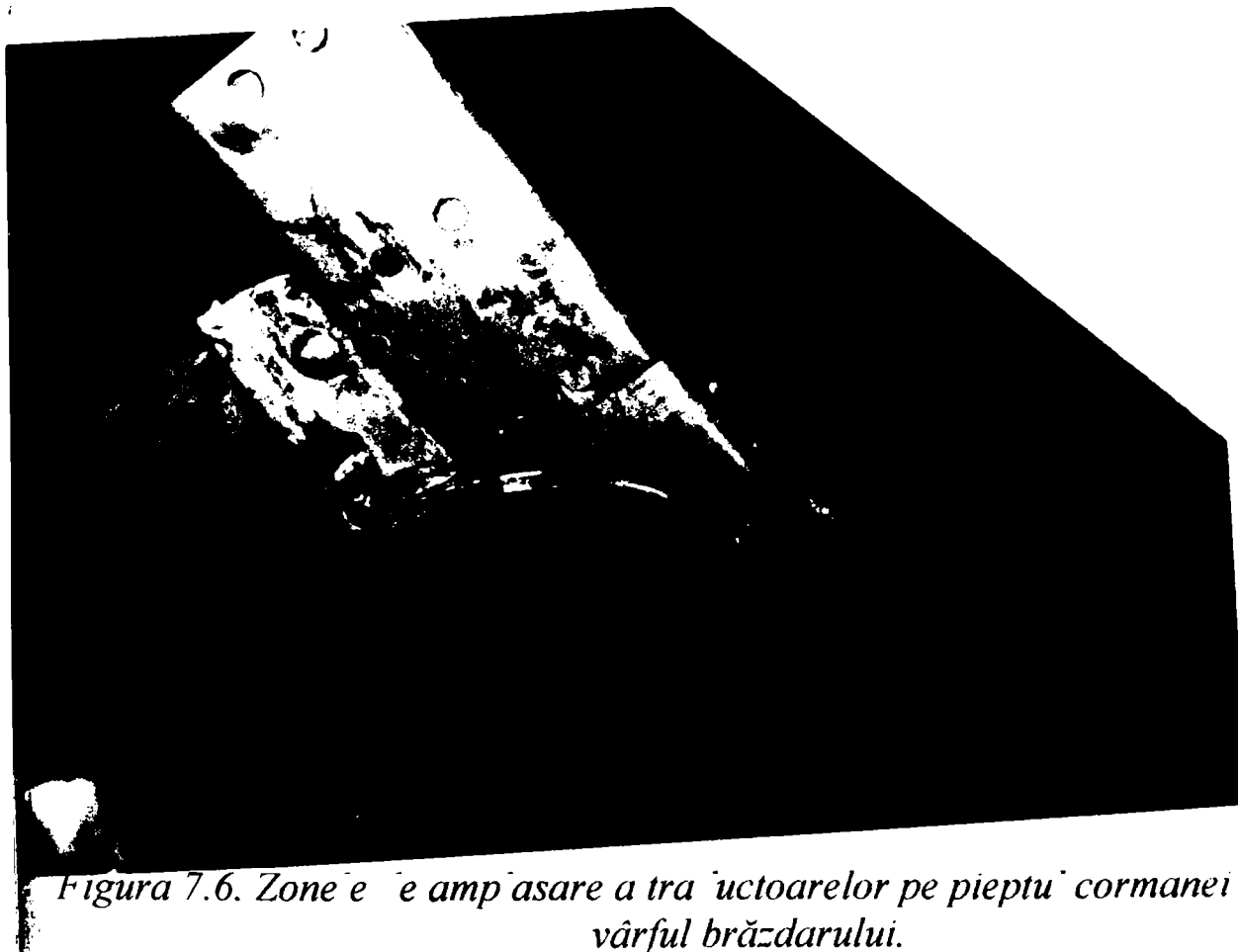


Figura 7.6. Zonele de amplasare a traductoarelor pe pieptul cormanei respectiv pe vârful brăzdarului.

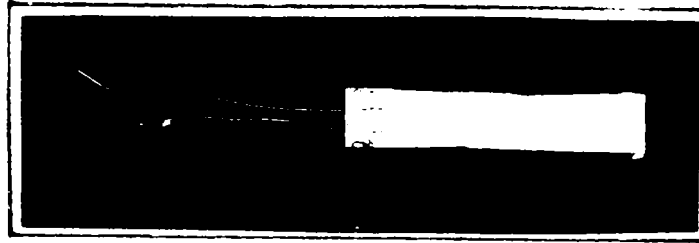


Figura 7.7. TER tip C120 utilizat la încercările experimentale în câmp.

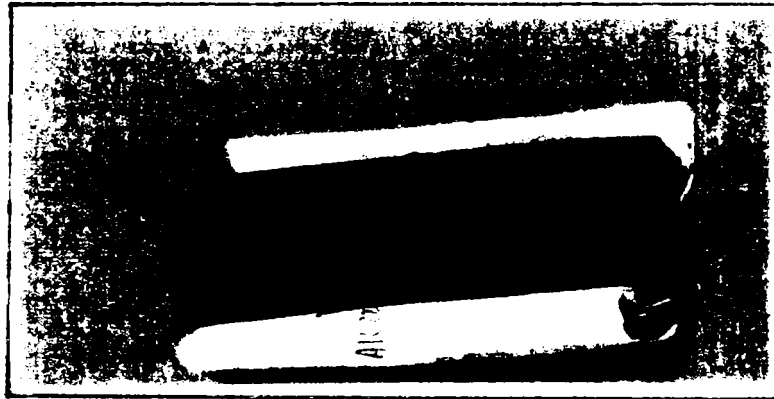


Figura 7.8. Chit de protecție tip AK22 utilizat la încercările experimentale în câmp.

Cormana lamelară studiată în laborator, pe care s-au lipit timbrele tensometrice rezistive, tot în condiții de laborator, este prezentată în figura 7.9. Legătura dintre TER-uri și laboratorul mobil s-a făcut prin intermediul unor cabluri ecranate de 50 [m](figura 7.10.).

La locul de efectuare a măsurătorilor după montarea cormanei pe plug s-a trecut la realizarea lanțului de măsurare. Schema aleasă a fost montajul în sfert de punte(Theocaris P.S. ș.a. - "Analiza experimentală a tensiunilor", Editura Tehnică, vol. 1, 1976, pag. 135)[246] unde pe unul din brațele punții se află traductorul tensiometric activ(figura 7.11.). Celelalte trei brațe ale punții Wheatston sunt montate într-o cutie de conexiuni de fabricație proprie, tip **PROMT**, și care permite echilibrarea punții, eliminarea simplă a efectelor nedorite, respectiv de a amplifica pe cele dorite mărand sensibilitatea punții.

Ca amplificator de măsură și înregistrare s-a utilizat un oscilograf **Honeywell - tip Visicorder 1858**(figura 7.21.)[273].

Procedeul de lipire al mărcilor tensometrice folosit este prezentat în figura 7.12[278].

Lanțul de măsură utilizat la încercările experimentale, în câmp, privind determinarea tensiunilor pe suprafața cormanei de tip lamelar este prezentat în figura 7.13.



Figura 7.9. Cormana experimentală la încercările în câmp.



Figura 7.10. Legătura dintre TER-uri și laboratorul mobil realizată cu cabluri flexibile.

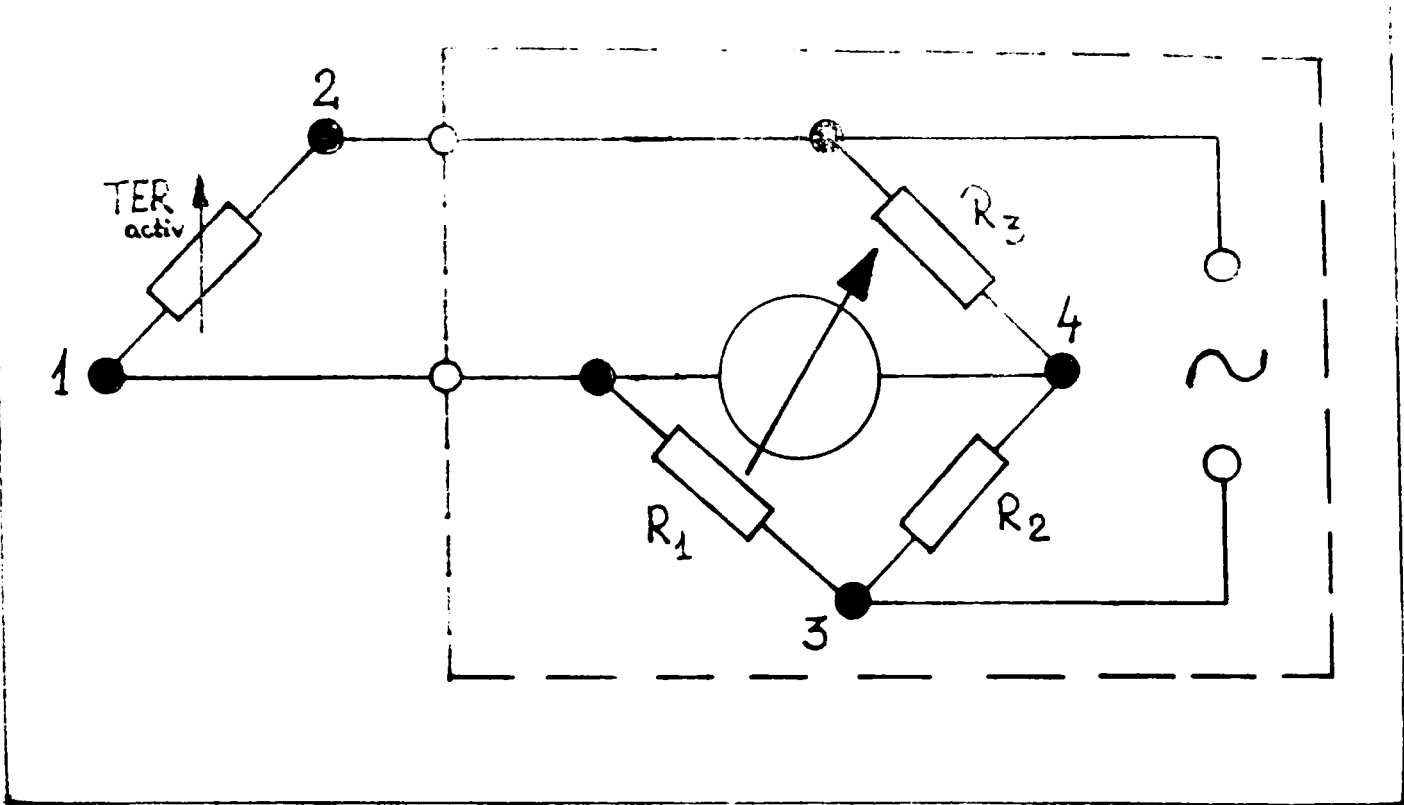
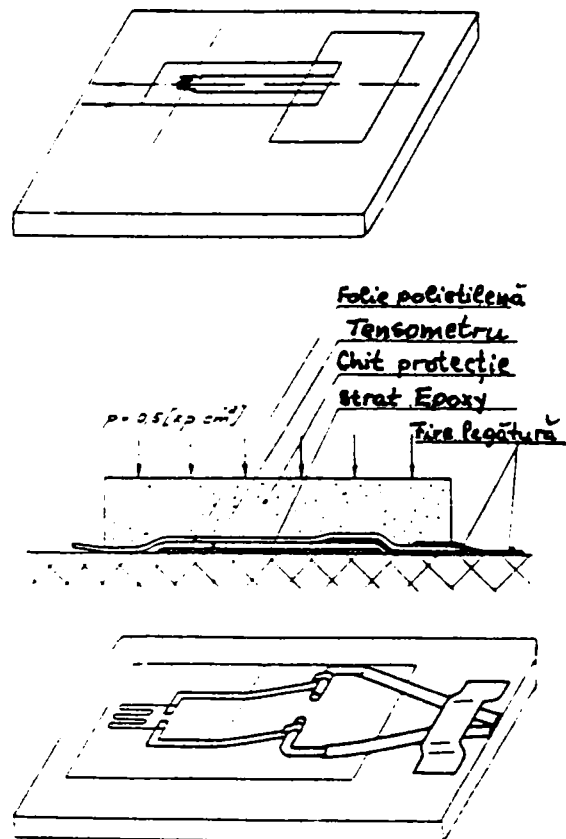


Figura 7.11. Montajul în sfert de punte utilizat la încercările experimentale.



7.12. Procedul de lipire al timbrelor tensometrice [278].

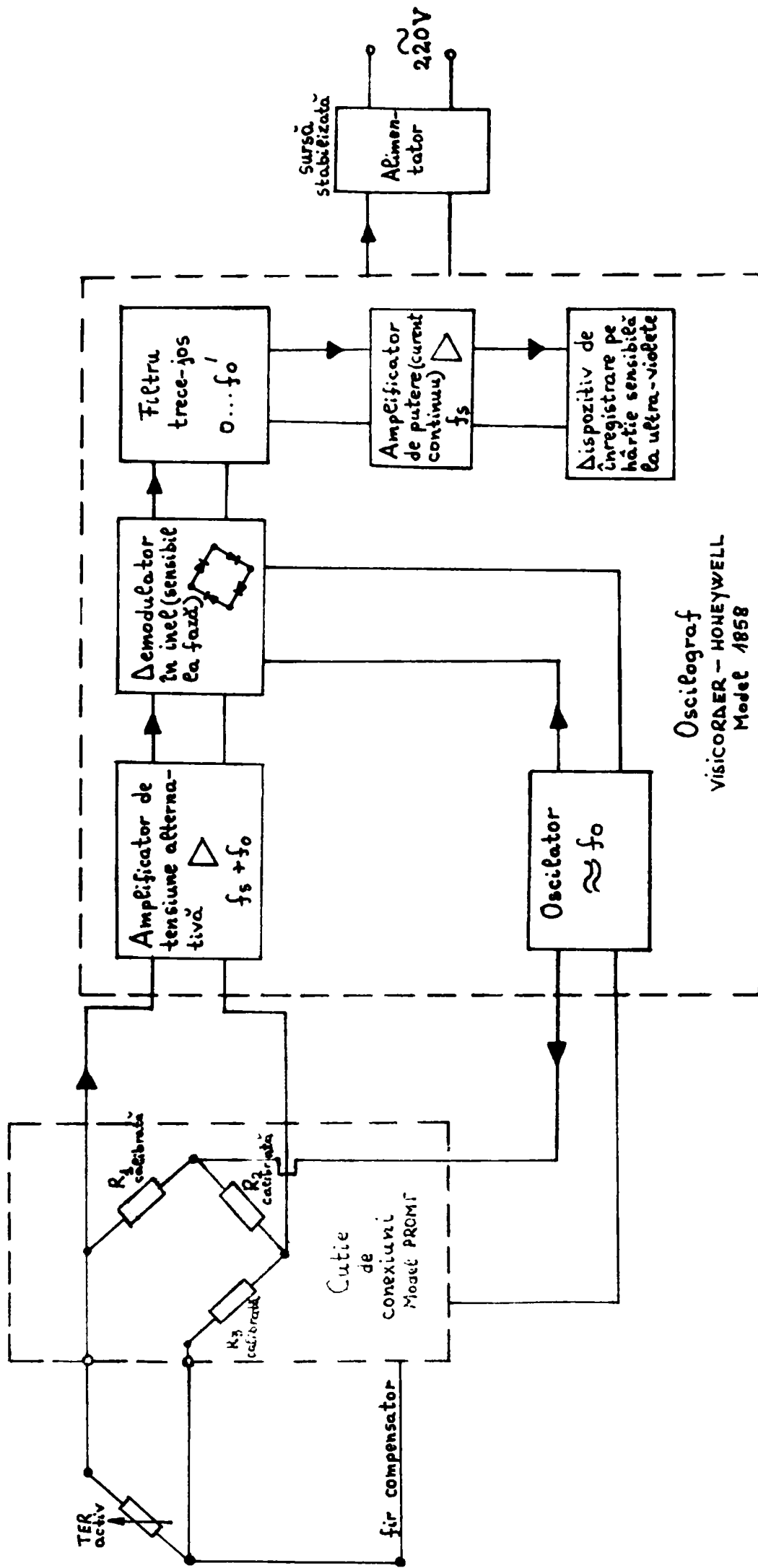


Figura 7.13. Lanțul de măsură utilizat pentru determinarea tensiunilor pe suprafața cormanei de tip lamelar (LEMKEN - tip BS42).

7.3. Metodică experimentală, utilaje și aparate folosite.

Pentru încercările experimentale privind analiza stării de tensiune și deformare în regim de lucru al cormanei de tip lamelar au fost necesare următoarele aparate și utilaje:

- ❖ plug cu lățimea de lucru variabilă "**Vari Diamant**" echipat cu 6 trupițe cu cormane lamelare, realizat de firma germană "**LEMKEN**"(figura 7.14.), la care pentru experiment s-a utilizat ultima trupiță(figura 7.15.);
- ❖ tractor pe șenile "**Challenger**" cu puterea de 179 [KW](243 [CP]), realizat de firma germană "**CLASS**"(figura 7.16.);
- ❖ tractor "**U-650M**" cu puterea de 65 [CP], realizat de "**U.T.Brașov**"(figura 7.17.);
- ❖ grup electrogen de 220V care există în dotare la "Combinatul Agroindustrial CURTICI"(figura 7.18.);
- ❖ mașină "**Dacia 1307X**"(TM 21 PRT) în care a fost amplasat laboratorul mobil(figura 7.19.);
- ❖ cutie de conexiuni tip "**PROMT**";
- ❖ oscilograf "**Honeywell**" - tip "**Visicorder 1858**"(figura 7.21.);
- ❖ cabluri ecranate de 50 de m;
- ❖ aparat de lipit;
- ❖ hârtie fotosensibilă;
- ❖ tetraclorură de carbon;
- ❖ polizor manual;
- ❖ șmirglu;
- ❖ jaloane;
- ❖ ruletă de 2 m;
- ❖ aparat de fotografiat;
- ❖ cameră video;

În figura 7.20. este prezentat agregatul tractor-plug cu care s-au efectuat încercările experimentale în teren.

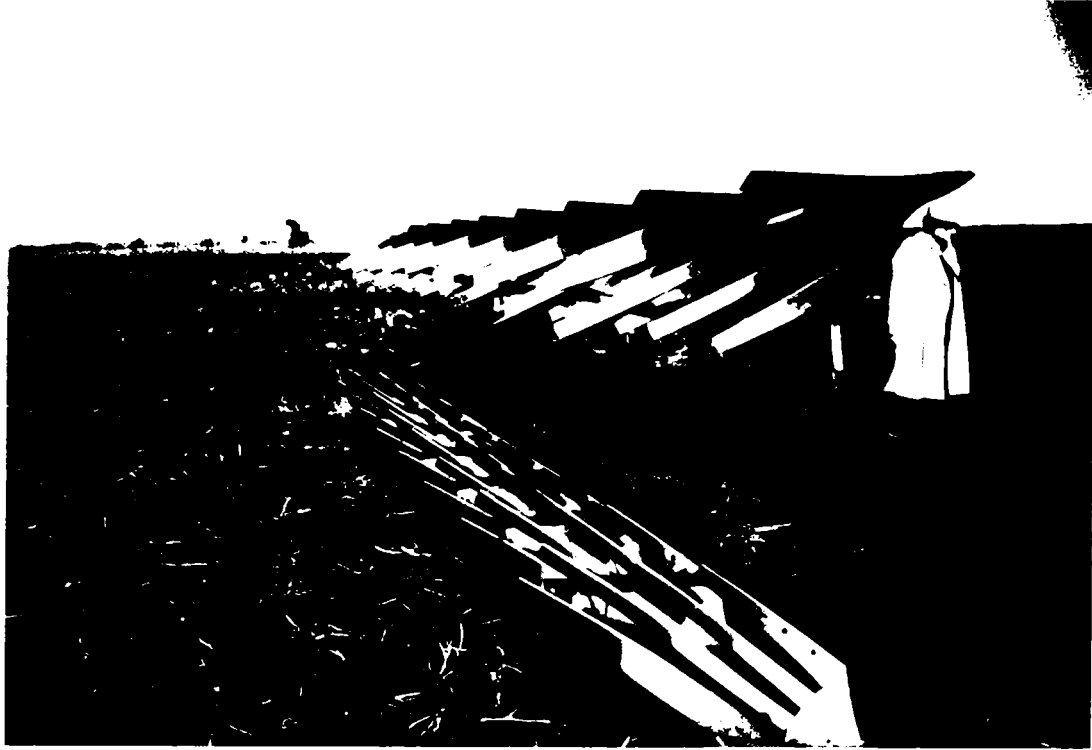


Figura 7.14.. Plugul VARI - DIAMANT al firmei germane "LEMKEN" cu care s-au efectuat încercările.



Figura 7.15. Cormana experimentală.



Figura 7.16. Tractorul "CHALLENGER" - CLAAS folosit la încercări.



Figura 7.17. Tractorul U -650M folosit pentru tractarea grupului electrogen..



Figura 7.18. Grupul electrogen folosit ca sursă de alimentare.



Figura 7.19. Laboratorul mobil folosit la încercările experimentale.



Figura 7.20. Agregatul folosit la încercările experimentale în câmp.

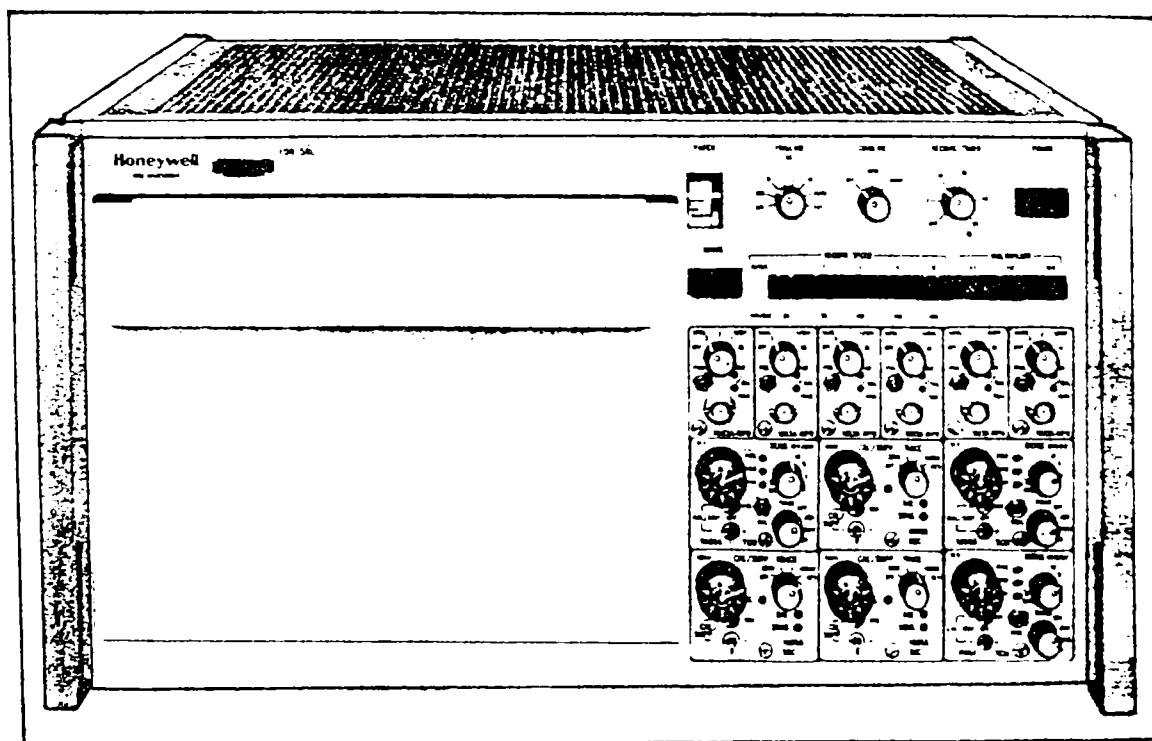


Figura 7.21. Oscilograf "HONEYWELL" - tip Visicorder 1858 utilizat pentru determinarea tensiunilor în regim dinamic.

Pentru încercările experimentale privind stabilirea evoluției umidității în solul opus pentru experiment a fost necesară următoarea aparatură:

- ❖ etuvă;
- ❖ fiole numerotate și tarate pentru determinarea umidității.
- ❖ balanță tehnică de precizie;
- ❖ clește special pentru scoaterea fiolelor din etuvă.

7.4. Evaluarea proprietăților solului pe care s-au efectuat experimentările.

7.4.1. Stabilirea tipului de sol.

Încercările s-au efectuat în cadrul Combinatului Agroindustrial Curtici, pe un teren ce s-a caracterizat prin:

- ❖ porumbiște consistent acoperită cu resturi vegetale(pănuși și tulpini de porumb);
- ❖ umiditatea a fost cuprinsă între 23,87 [%] și 35,55 [%];
- ❖ tipul solului și studiul agrochimic sunt prezentate în tabelele 7.1. și 7.2.

*Tabelul 7.1.**

Nr. parcelei topografice	Suprafața parcelei [ha]	Mod de folosință	Unitatea de sol US nr.	Tipul solului	Grupa de reacție
8/1/a	85,50	arabil	6	cernoziomic, carbonatic, freatic umed, slab salinizat, sodic	slab acidă

* După "Studiu agropedologic al teritoriului CAP - Lumea nouă" Curtici, 1973 - executat la Laboratorul de agrochimie și pedologie Timișoara.

*Tabelul 7.2.**

Unitatea de sol	Valori medii agrochimice			
	IN	P(ppm)	K(ppm)	pH
6	3,15	53,7	218	6,68

* Studiul s-a efectuat pe un eșantion de 100 g sol. Reacția solului(pH-ul) în suspensie apoasă(1:2,5) s-a determinat prin metoda potențimetrică. Conținutul de fosfor mobil, s-a determinat prin metoda Egner - Riehm - Domingo cu exprimare în p - ppm. Conținutul de potasiu solubil s-a determinat prin metoda Egner - Riehm - Domingo cu exprimare în K - ppm. Studiul agrochimic a fost realizat de către OSPA Arad.

7.4.2. Stabilirea umidității solului.

Determinarea umidității solului s-a făcut prin metode directe, bazate pe eliminarea apei din proba de sol. Metoda directă pentru care s-a optat este determinarea umidității prin uscare în etuvă.

Din 5 în 5 [cm] până la adâncimea de 35 [cm] s-au luat probe de sol în fiole de metal cu capac, numerotate și tarate(figura 7.22.), pentru a fi analizate. Fiolele s-au cântărit cu solul respectiv și au fost introduse(neacoperite, cu capacul pus dedesupt) în etuvă, unde au fost ținute 8 ore la temperatura de 105°C. S-au scos apoi fiolele din etuvă, s-au acoperit cu capacul, s-au lăsat 30 minute să se răcească, iar după răcire s-au cântărit din nou[59][168][169][293].

Umiditatea solului s-a calculat raportând greutatea apei pierdute prin uscare la greutatea solului uscat și se exprimă în procente, folosind formula[59]:

$$U_g = \frac{m_2 - m_3}{m_3 - m_1} \times 100 \quad (7.1.)$$

în care:

- U_g - umiditatea(% din greutate);
- m_1 - tara fiolei;
- m_2 - greutatea fiolei cu sol umed;
- m_3 - greutatea fiolei cu sol uscat.

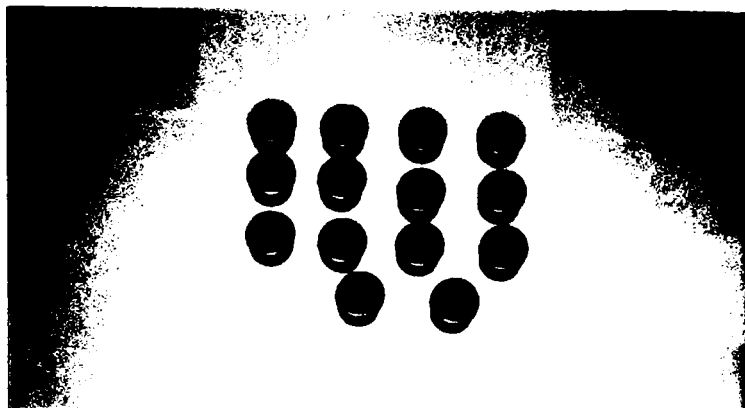


Figura 7.22. Fiole de sol utilizate la determinarea umidității solului.

În figura 7.23. este prezentată variația umidității solului pe adâncime iar în tabelul 7.3. sunt prezentate valorile umidității solului determinate pe parcela experimentală.

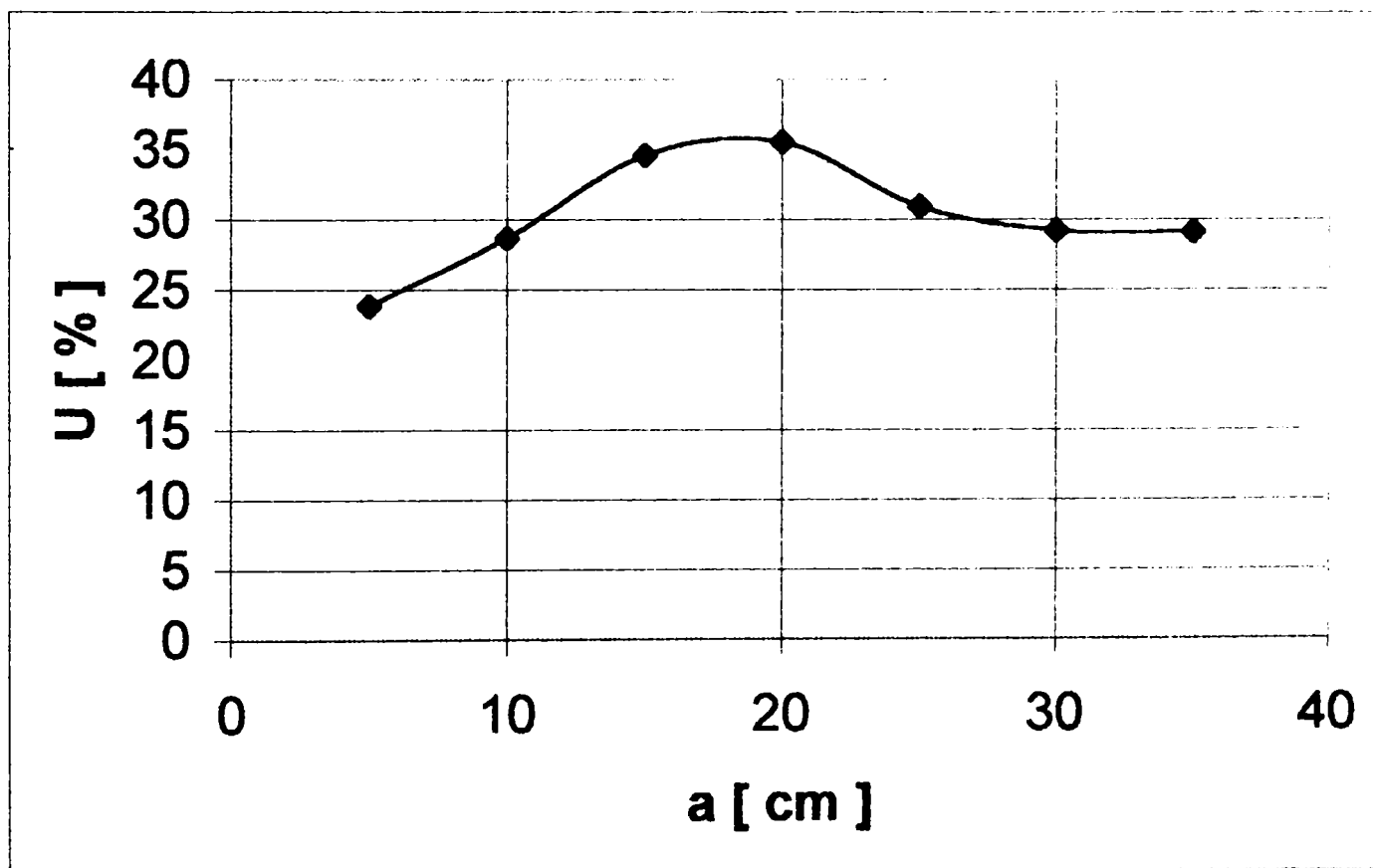


Figura 7.23. Variația umidității solului pe adâncime.

Tabelul 7.3. Determinarea umidității solului pe parcela experimentală.

Numărul probei	Numărul fiolei	Adâncimea de lucru a [cm]	Data recoltării	Tara fiolei m_1 [g]	Greutatea fiolei cu sol umed m_2 [g]	Greutatea fiolei cu sol uscat m_3 [g]	Umiditatea solului U_g [%]	Locul de unde provin
1	80	5	2.12.1999	17	67,500	58,200	23,87	Parcela nr.8/1/a Combinatul Agroindustrial Curtici
2	10	10	2.12.1999	17,400	57,300	48,200	28,7	-II-
3	65	15	2.12.1999	17,200	48,100	40,200	34,64	-II-
4	15	20	2.12.1999	17,200	47,700	39,700	35,55	-II-
5	18	25	2.12.1999	16,900	64,700	53,650	30,95	-II-
6	20	30	2.12.1999	16,500	65,100	54,100	29,25	-II-
7	53	35	2.12.1999	19,250	38,800	32,500	29,16	-II-
Media	-	-	-	17,35	55,6	46,65	30,30	-II-

7.5. Experimentări în teren.

7.5.1. Pregătirea pentru experiment a agregatului și parametrii principali mășurați în timpul experimentului

Pentru efectuarea încercărilor experimentale în bune condiții s-au efectuat următoarele:

- ❖ jalonarea terenului;
- ❖ reglarea orizontabilității;
- ❖ reglarea poziției primei trupițe;
- ❖ reglarea suprapunerii liniilor de tracțiune plug - tractor;
- ❖ reglarea lățimii de lucru la 40 [cm] cu ajutorul unui cilindru hidraulic acționat din cabina tractorului;
- ❖ modificarea în timpul lucrului a adâncimii de lucru, 30 respectiv 35 [cm] cu ajutorul unui cilindru hidraulic acționat din cabina tractorului.

Parametrii principali mășurați în timpul experimentului sunt:

- ❖ viteza de lucru a agregatului;
- ❖ înregistrarea variației tensiunilor pe intervale de aproximativ 10 [m] pentru fiecare adâncime de lucru.

7.5.2. Prezentarea materialului primar.

Materialul primar obținut a evidențiat faptul că ciclul de solicitare este de tip "**alternant nestaționar**", fapt ce a condus la concluzia că lamelele cormanei sunt supuse la fenomenul de oboseală. Au fost ridicate deasemenea oscilograme care prezintă variația tensiunii în timp pentru fiecare traductor în parte, pentru diferite regimuri de lucru. În figurile 7.24. . . . 7.44. sunt prezentate oscilogramele obținute și prelucrate.

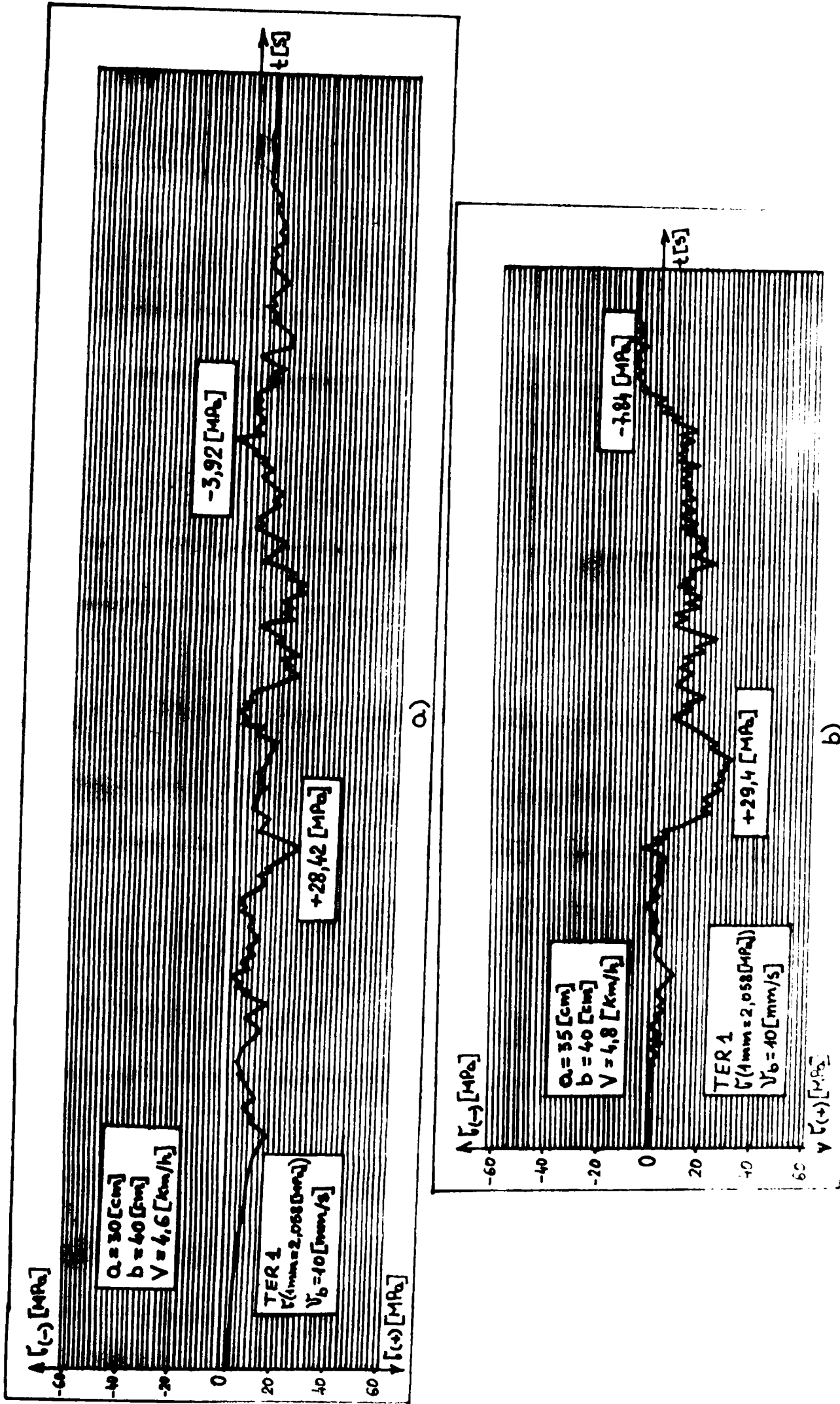


Figura 7.24. Oscilोगrame obținute, pentru TER 1, la încercările în câmp: a) - la $a = 30$ / cm /; - la $b = 35$ / cm /.

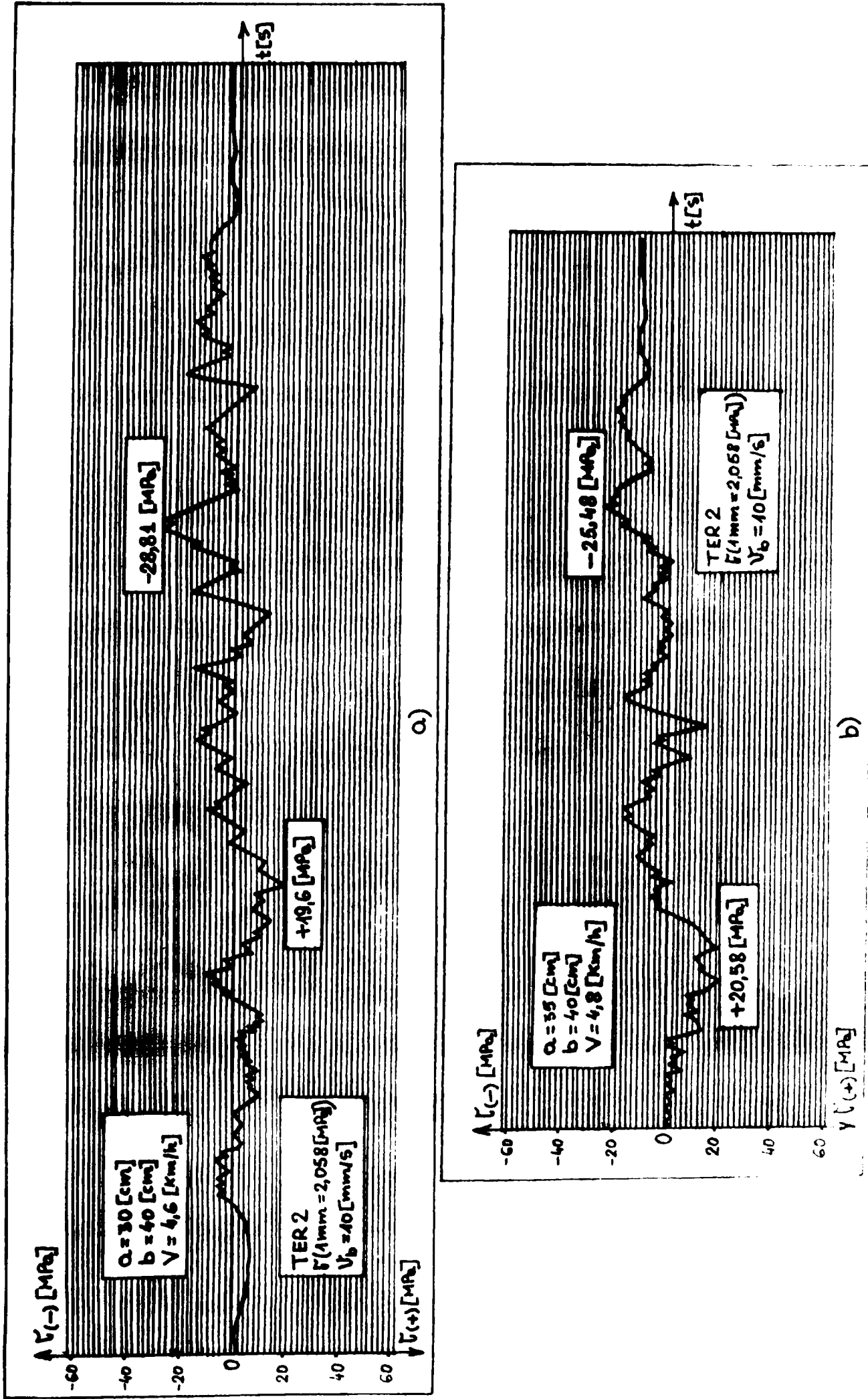


Figura 7.25. Oscillograme obținute, pentru TER 2, la încercările în câmp: a) - la $a = 30$ [cm]; b) - la $a = 35$ [cm].

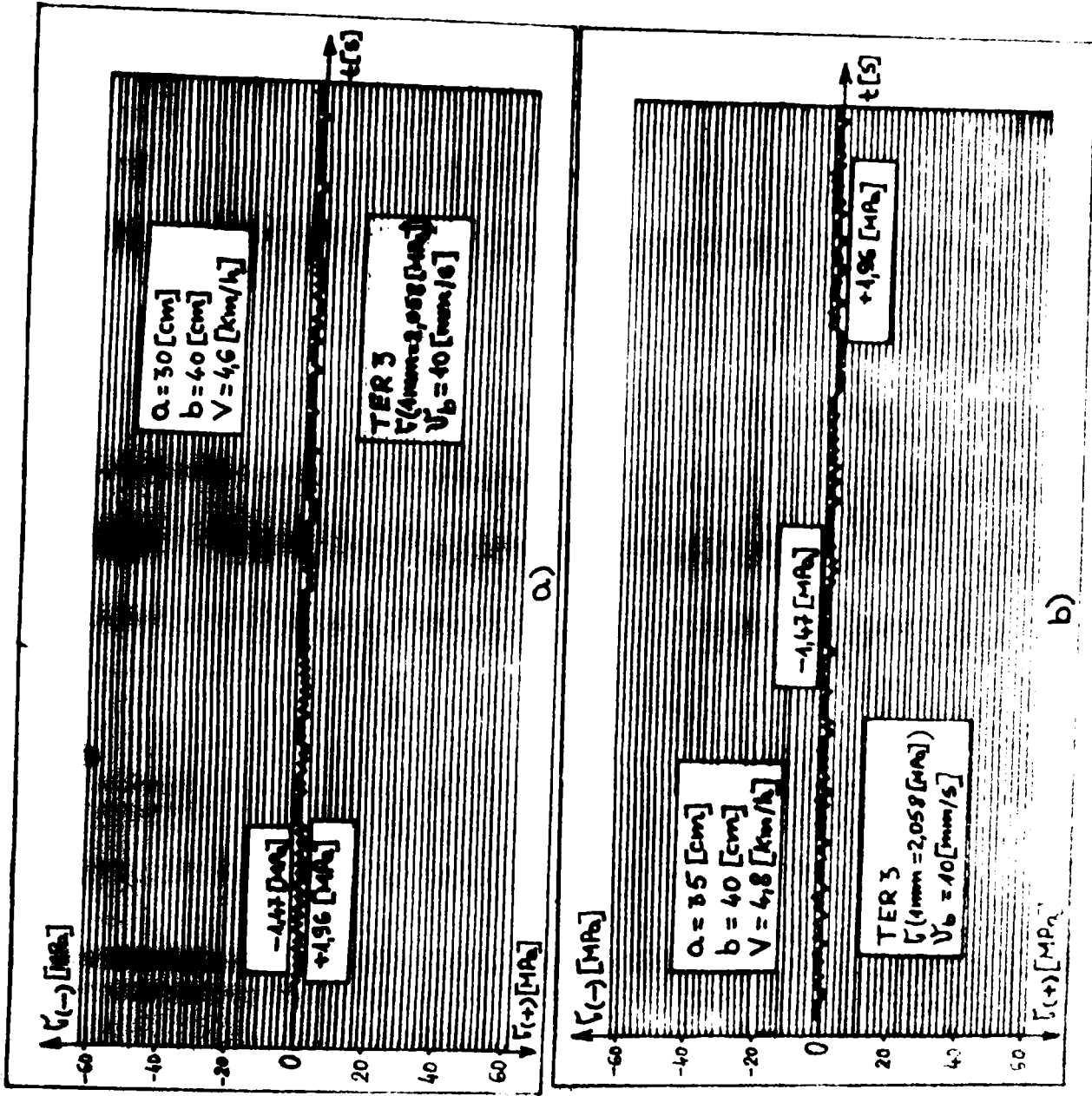


Figura 7.26. Oscillograme obtinute, pentru TER 3, la încercările în câmp: a) - la $a = 30$ / cm /; b) - la $a = 35$ / cm /

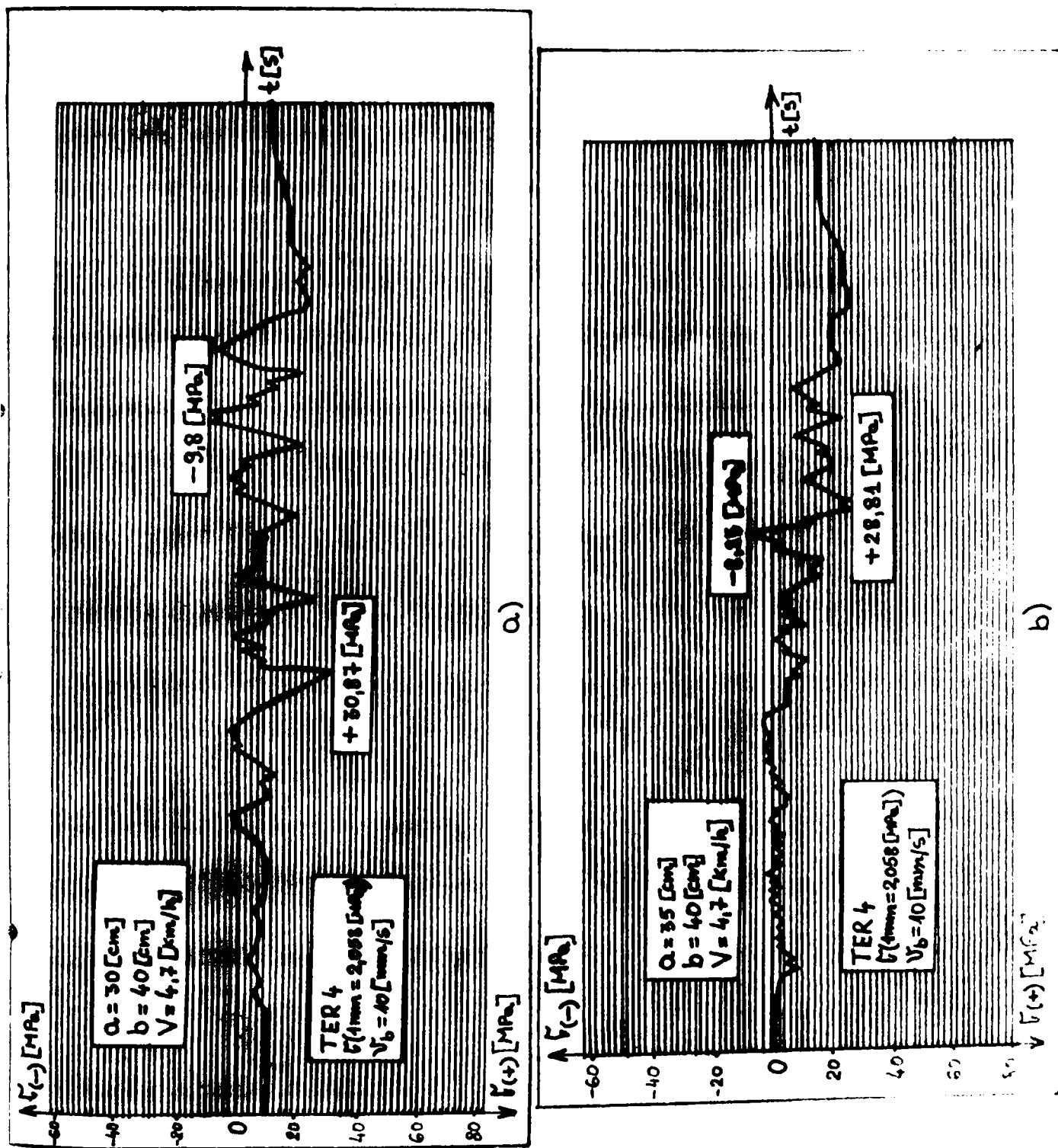


Figura 7.27. Oscillograme obtinute, pentru TER 4, la încercările în câmp: a) - la 30 / cm /; b) - la 35 / cm /.

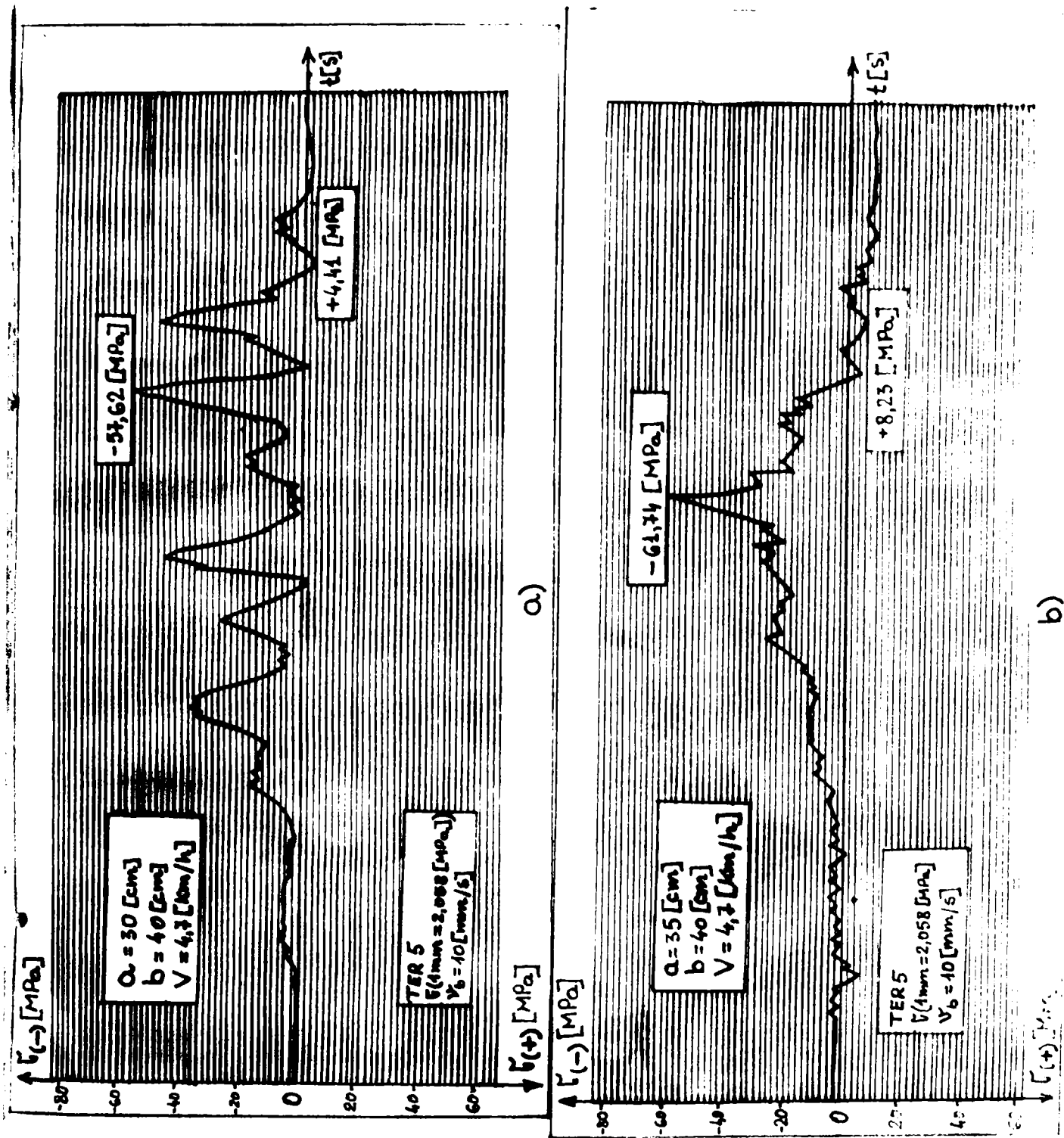


Figura 7.28. Oscilोगrame obținute, pentru TER 5, la încărcările în câmp: a) - la $a = 30$ [cm]; b) - la $a = 35$ [cm].

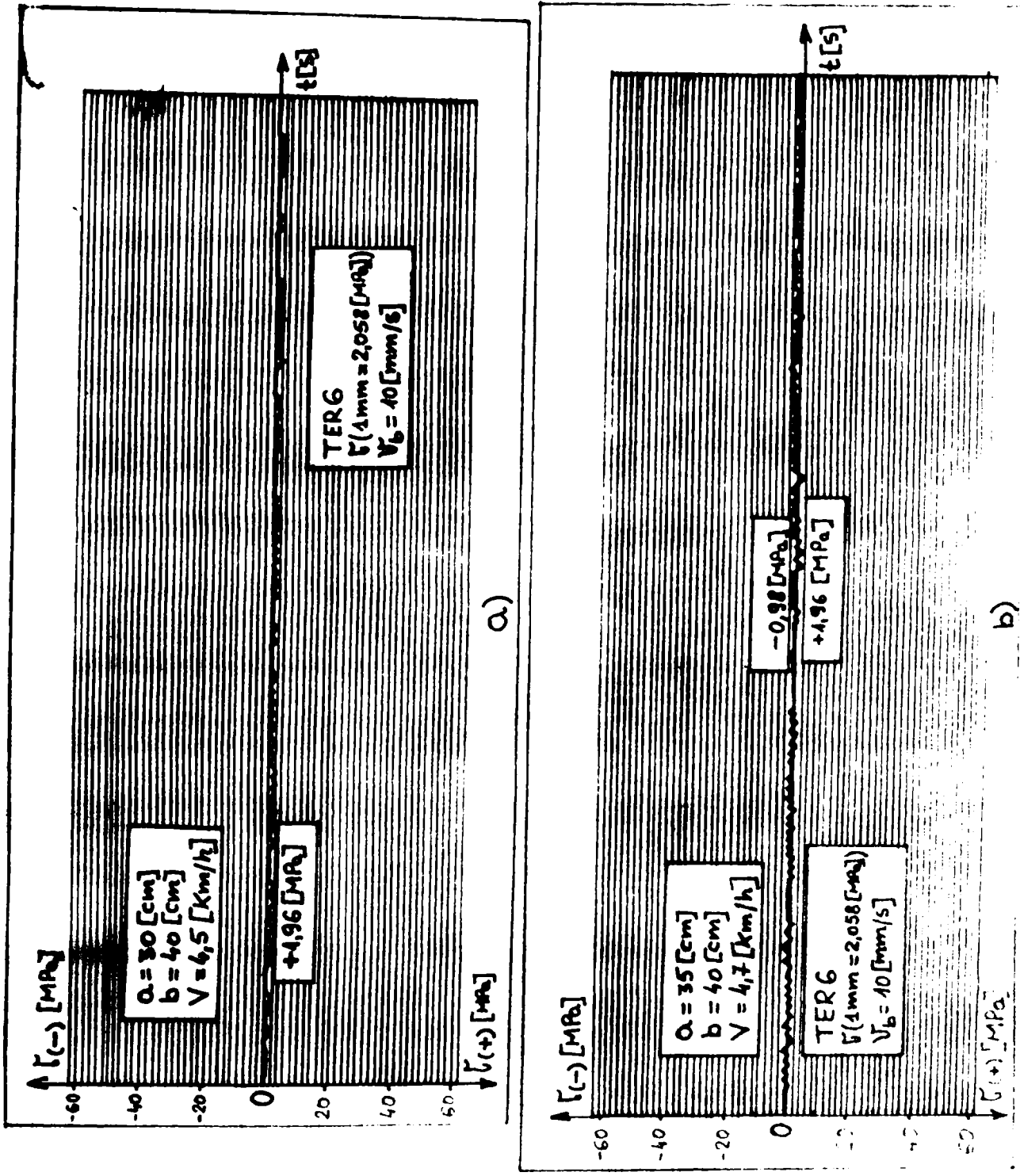


Figura 7.29. Oscillograme obtinute, pentru TER 6, la încercările în câmp: a) - la $a = 30$ [cm]; b) - la $a = 35$ [cm].

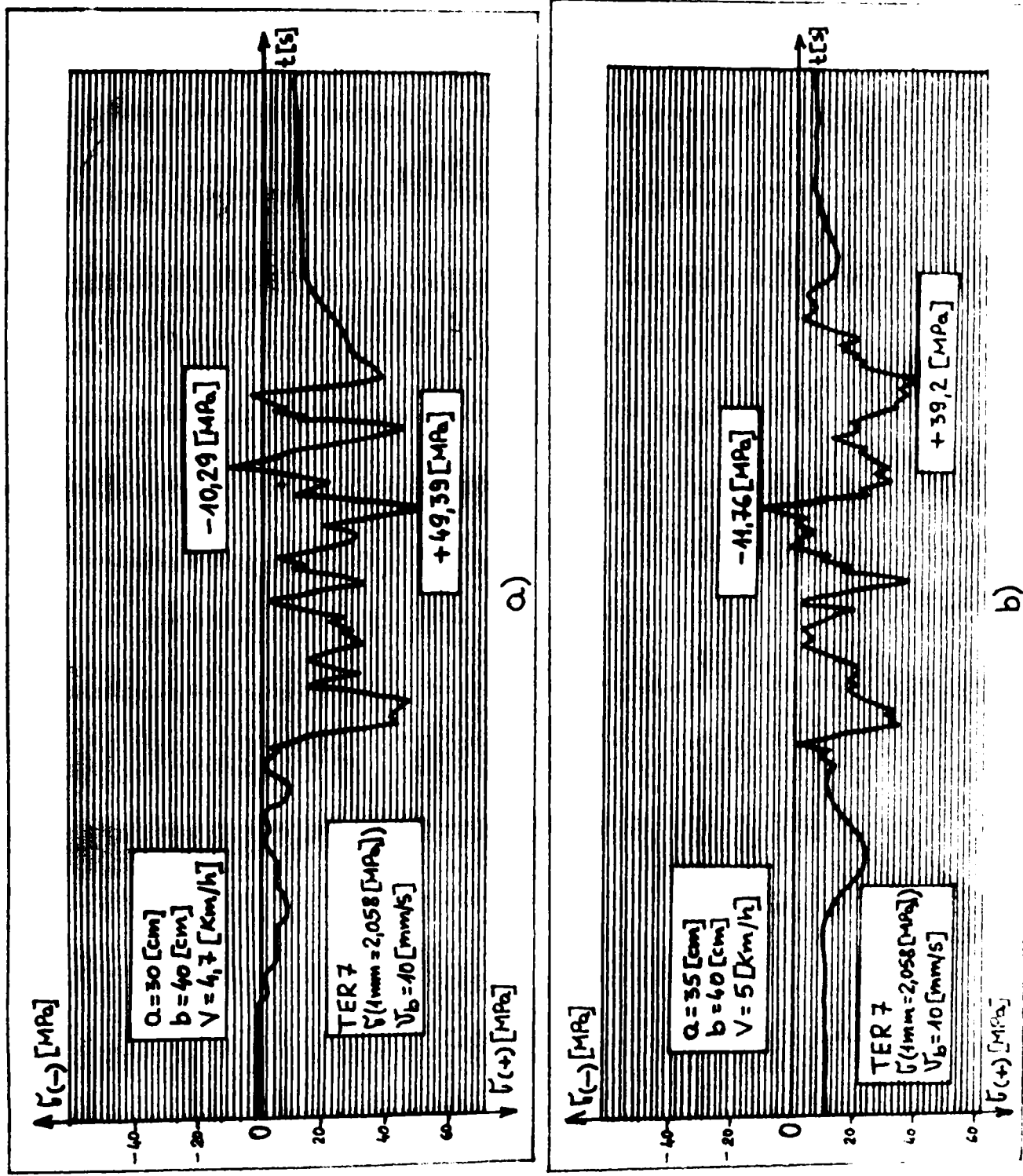


Figura 7.30. Oscillograme obtinute, pentru TER 7, la incercările in câmp: a) - la 30 [cm]; b) - la 35 [cm].

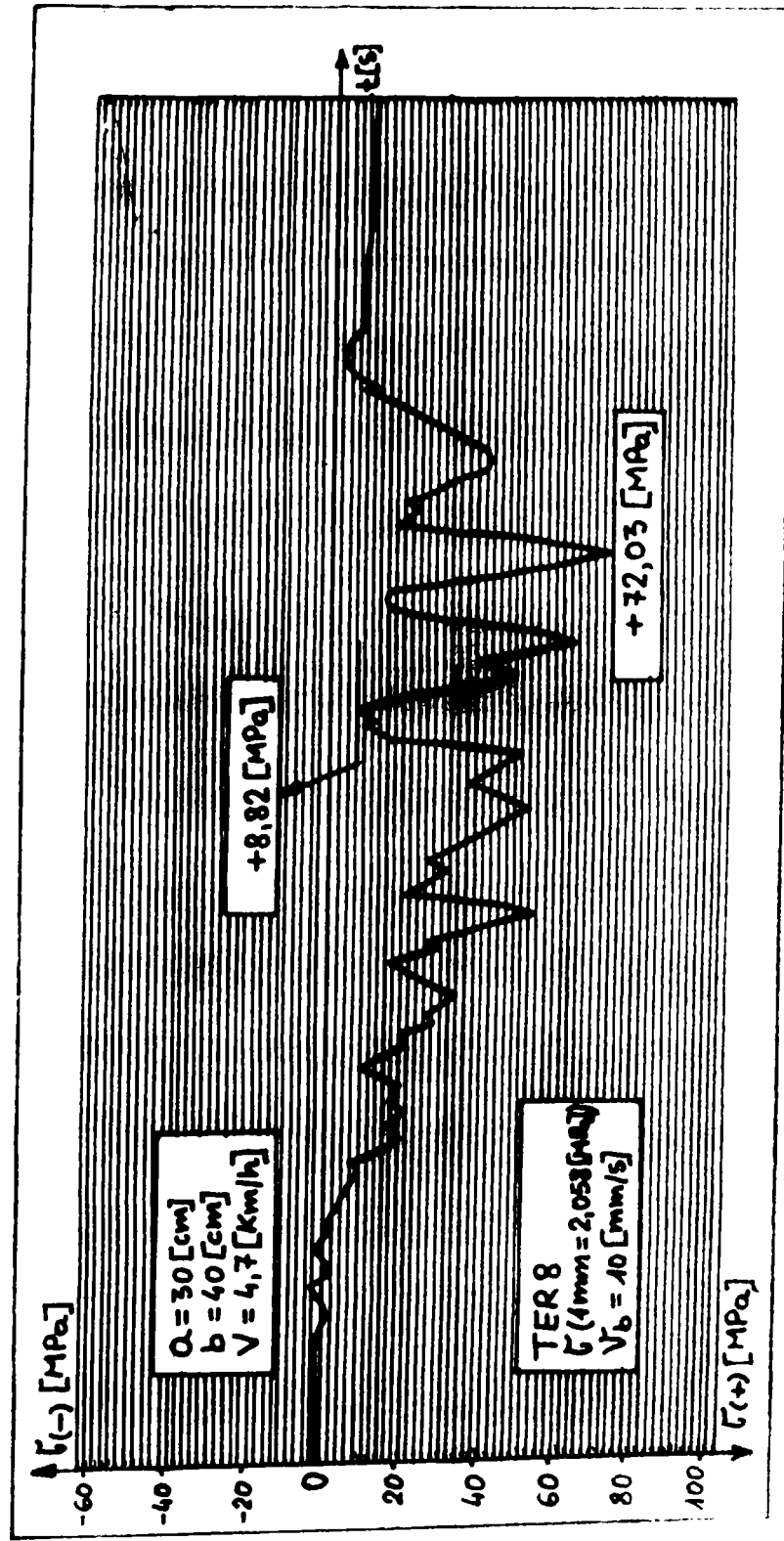


Figura 7.31. Oscilograma obținută, pentru TER 8, la încercările în câmp, pentru 30 [cm].

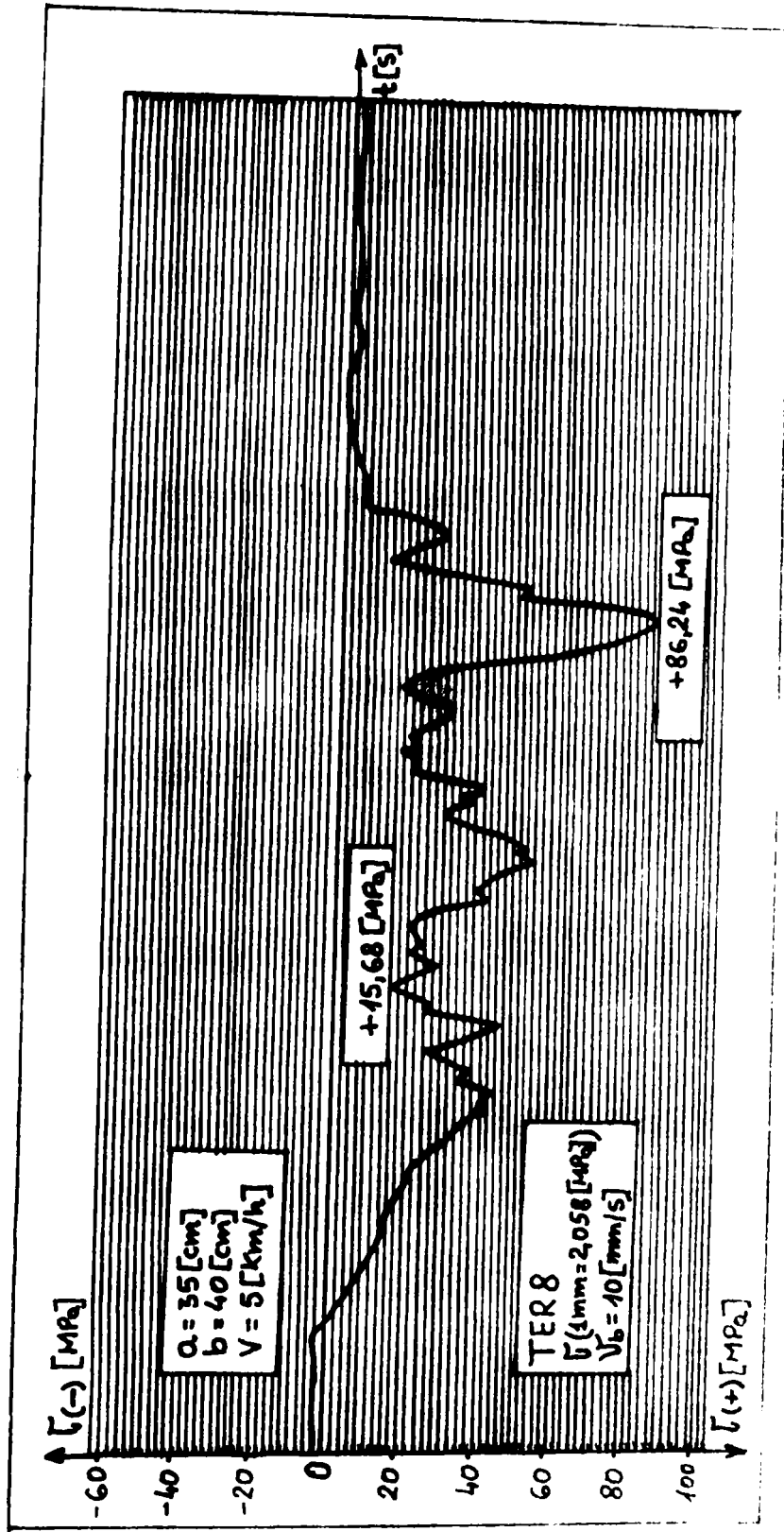


Figura 7.32. Oscilograma obținută, pentru TER 8, la încercările în câmp, pentru $a = 35 [cm]$.

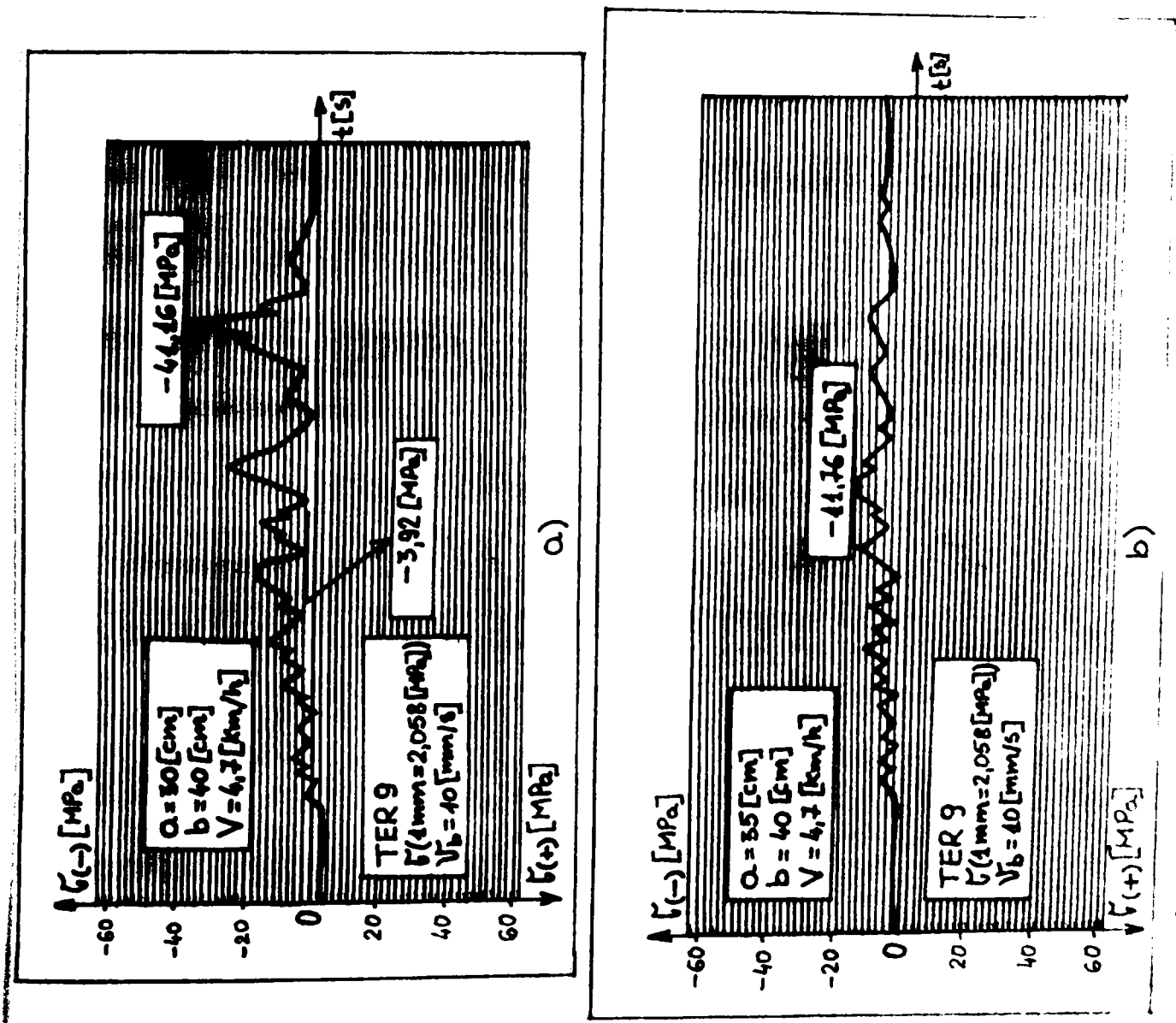


Figura 7.33. Oscilograme obtinute, pentru TER 9, la încercările în câmp: a) - la 30 [cm /]; b) - la 35 [cm /].

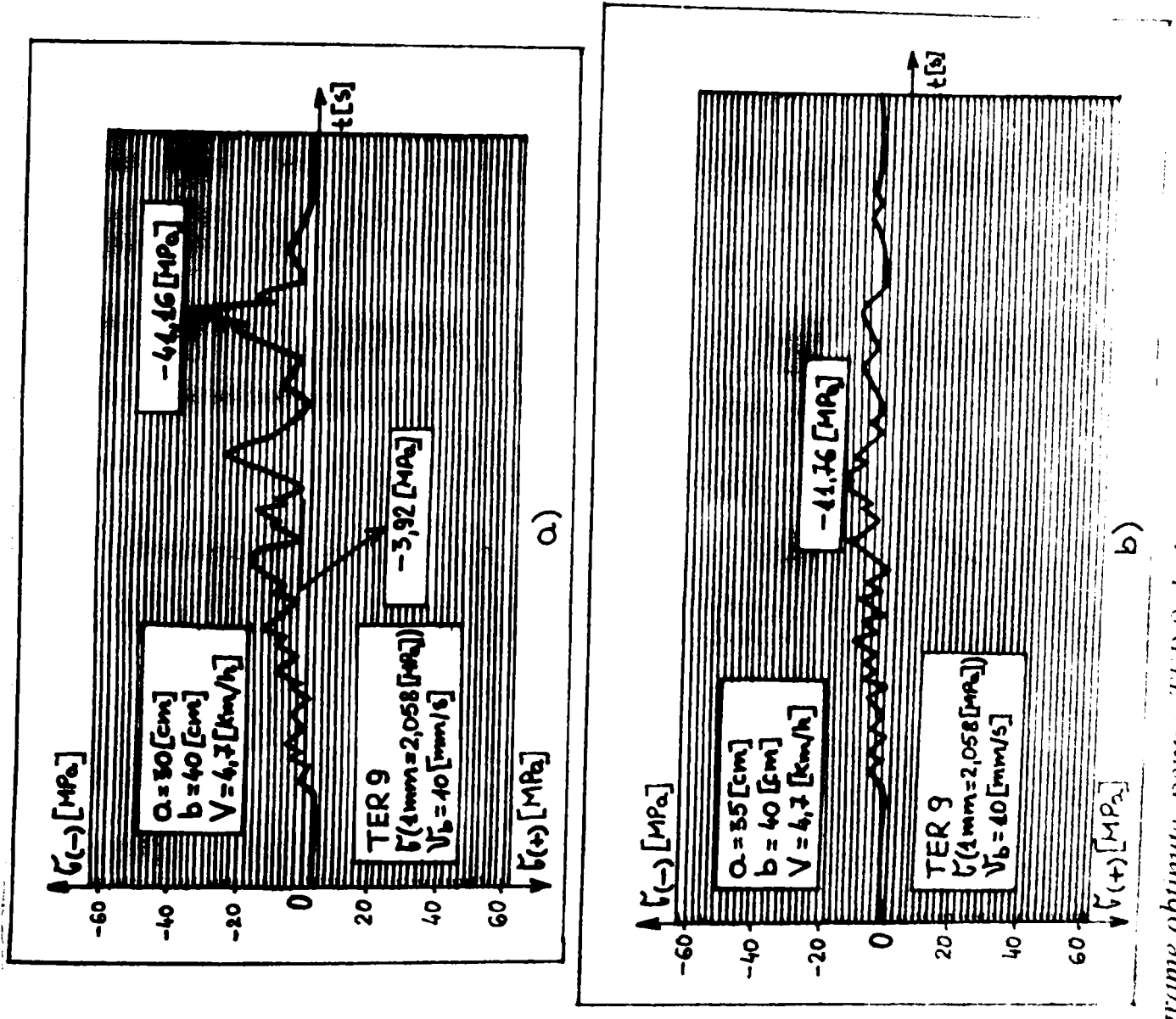


Figura 7.33. Oscillograme obtinute, pentru TER 9, la încercările în câmp: a) - la 30 / cm /; b) - la 35 / cm /.

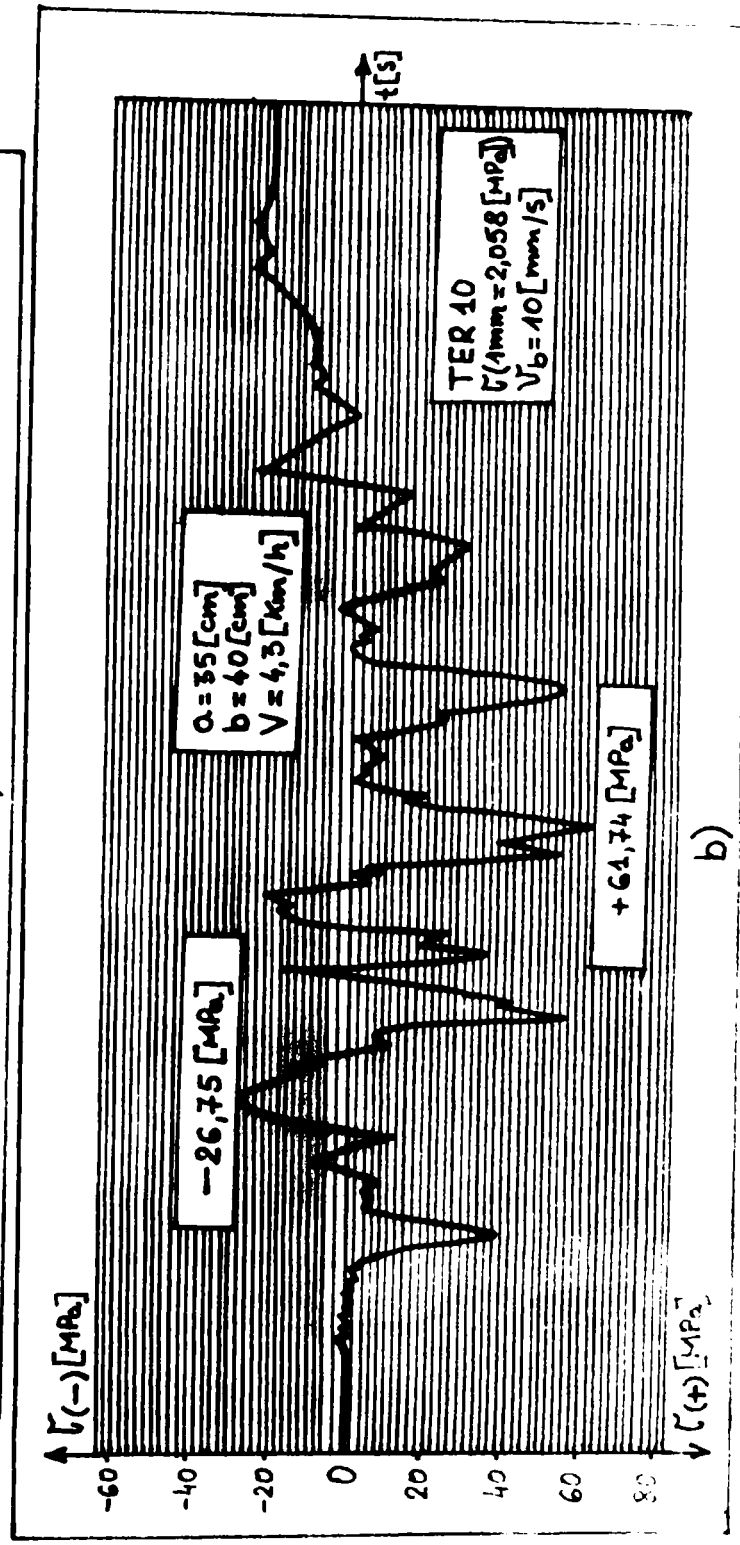
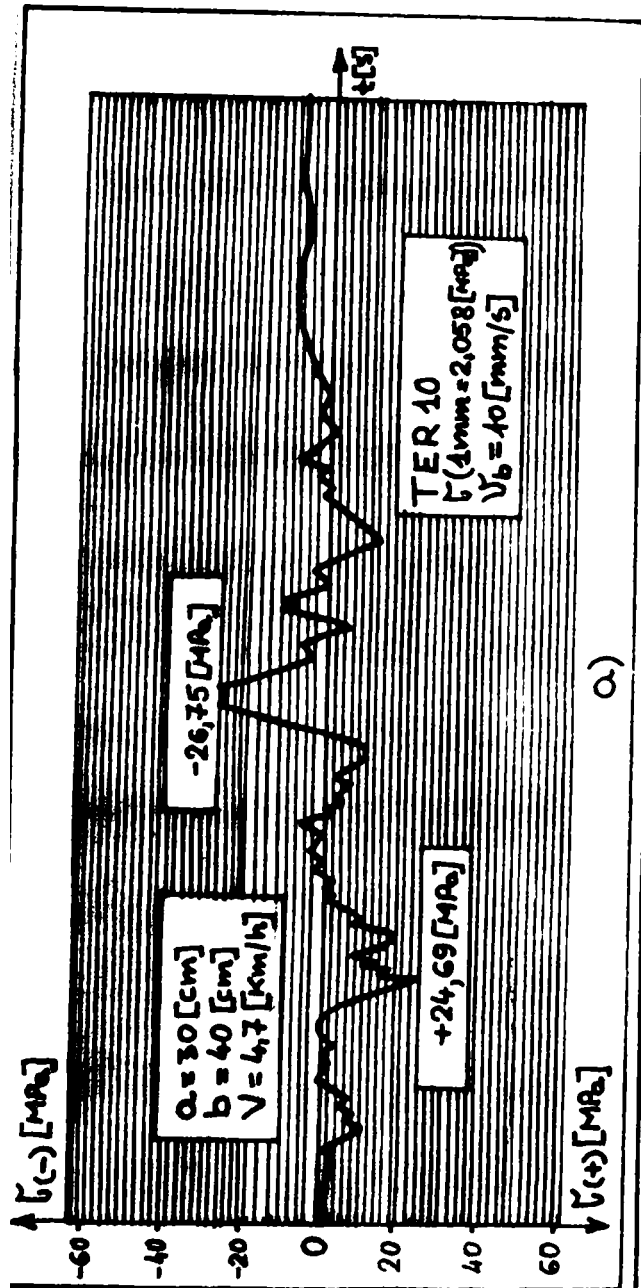


Figura 7.34. Oscillograme obținute, pentru TER 10, la încărcările în câmp: a) - la 30 [cm]; b) - la 35 [cm].

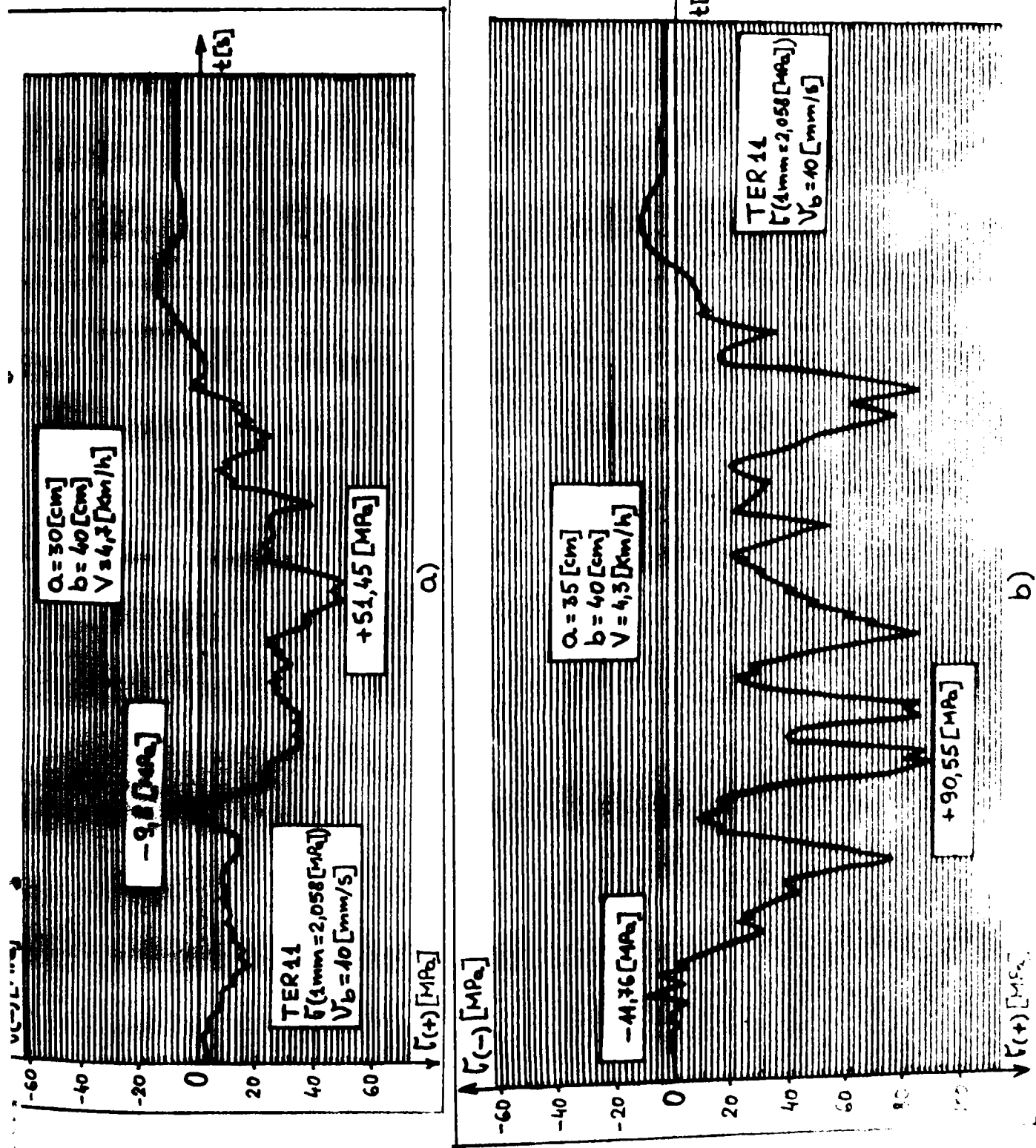


Figura 7.35. Oscillograme obtinute, pentru TER 14, la încercările în câmp: a) - la $\alpha = 30$ / cm /; b) - la $\alpha = 35$ / cm /.

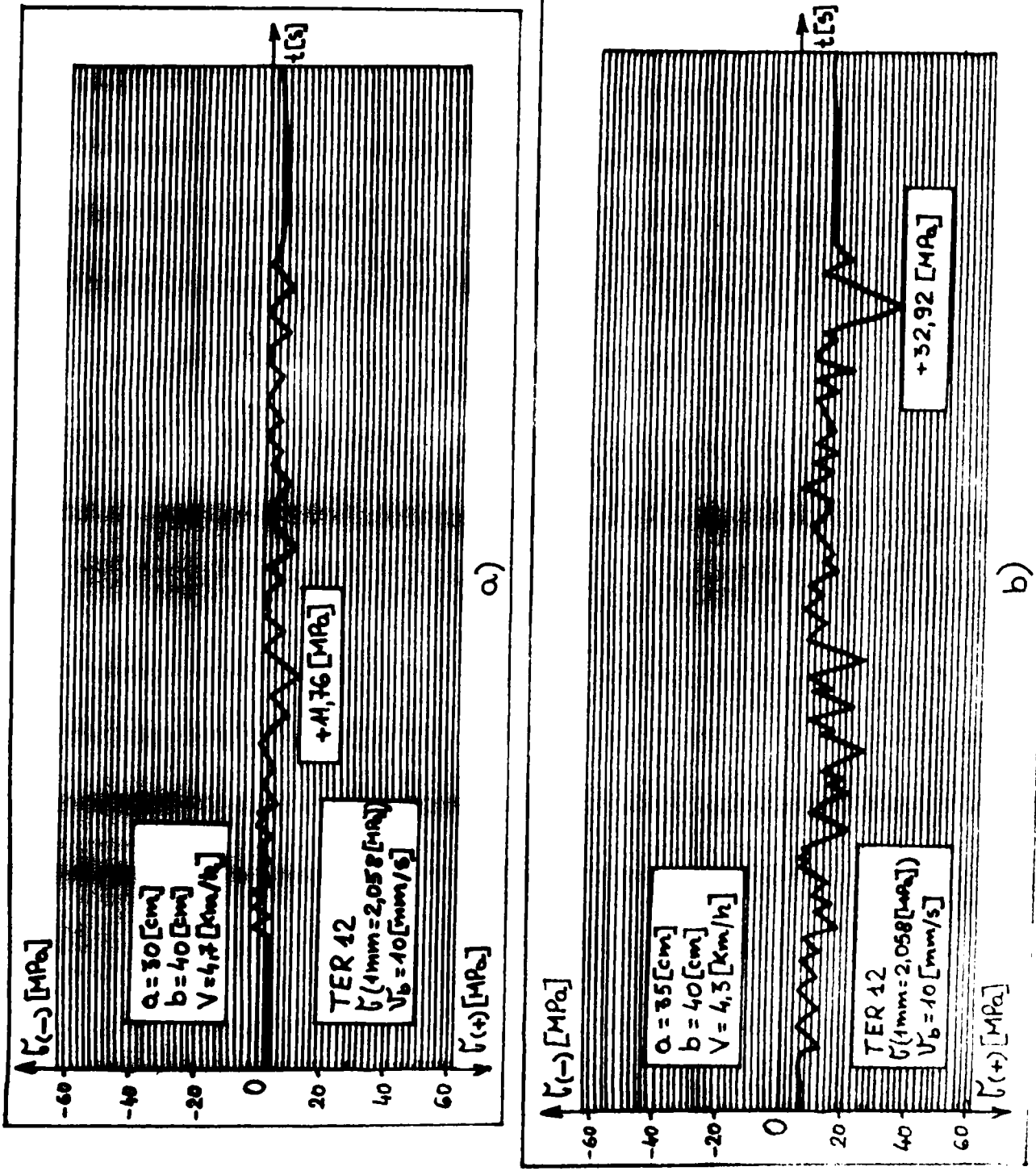


Figura 7.36. Oscilोगrame obținute, pentru TER 12, la încercările în câmp: a) - la $a = 30$ [cm]; b) - la $a = 35$ [cm].

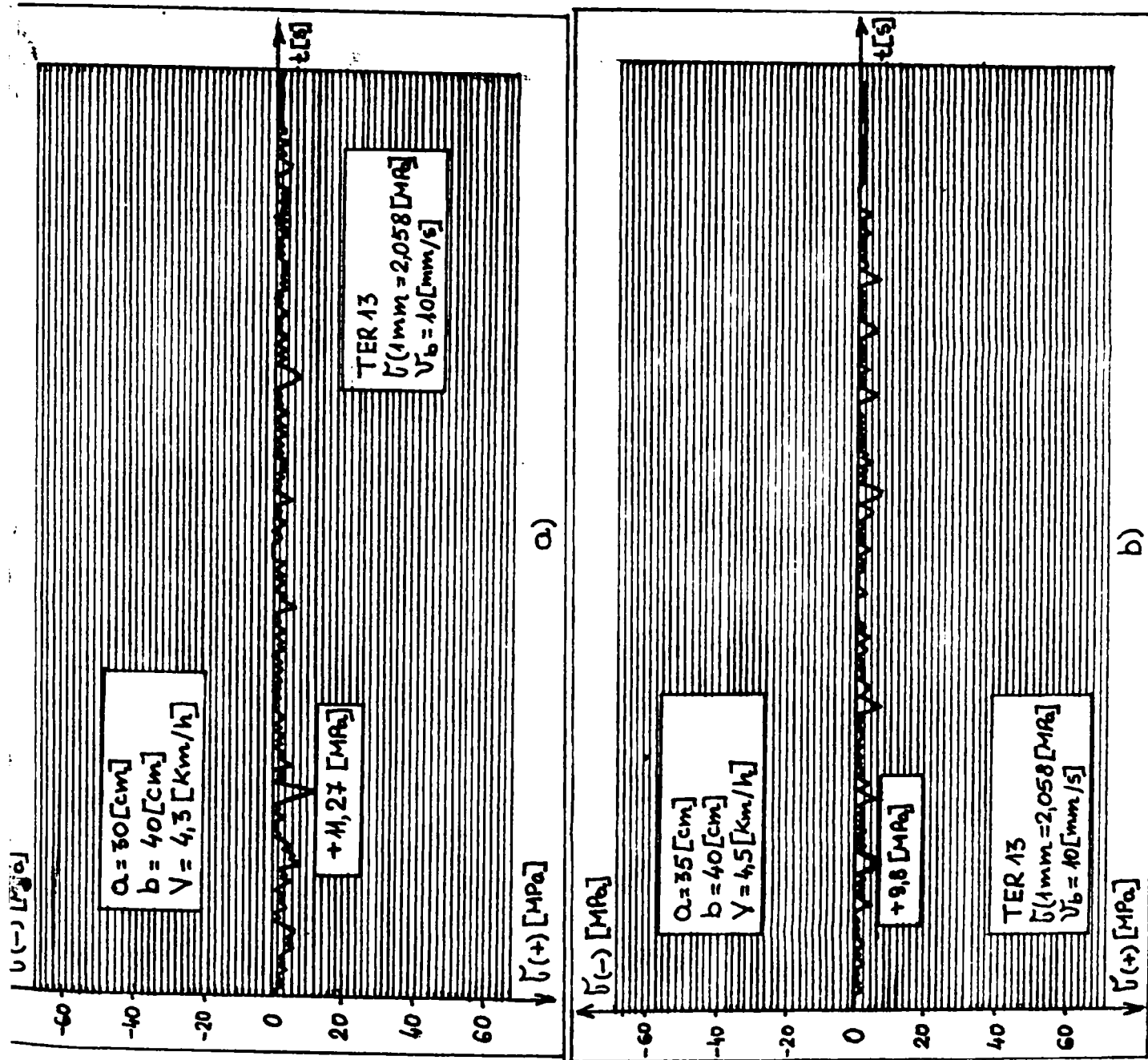


Figura 7.37. Oscilोगrame obținute, pentru TER 13, la încercările în câmp: a) - la $a = 30$ [cm]; b) - la $a = 35$ [cm].

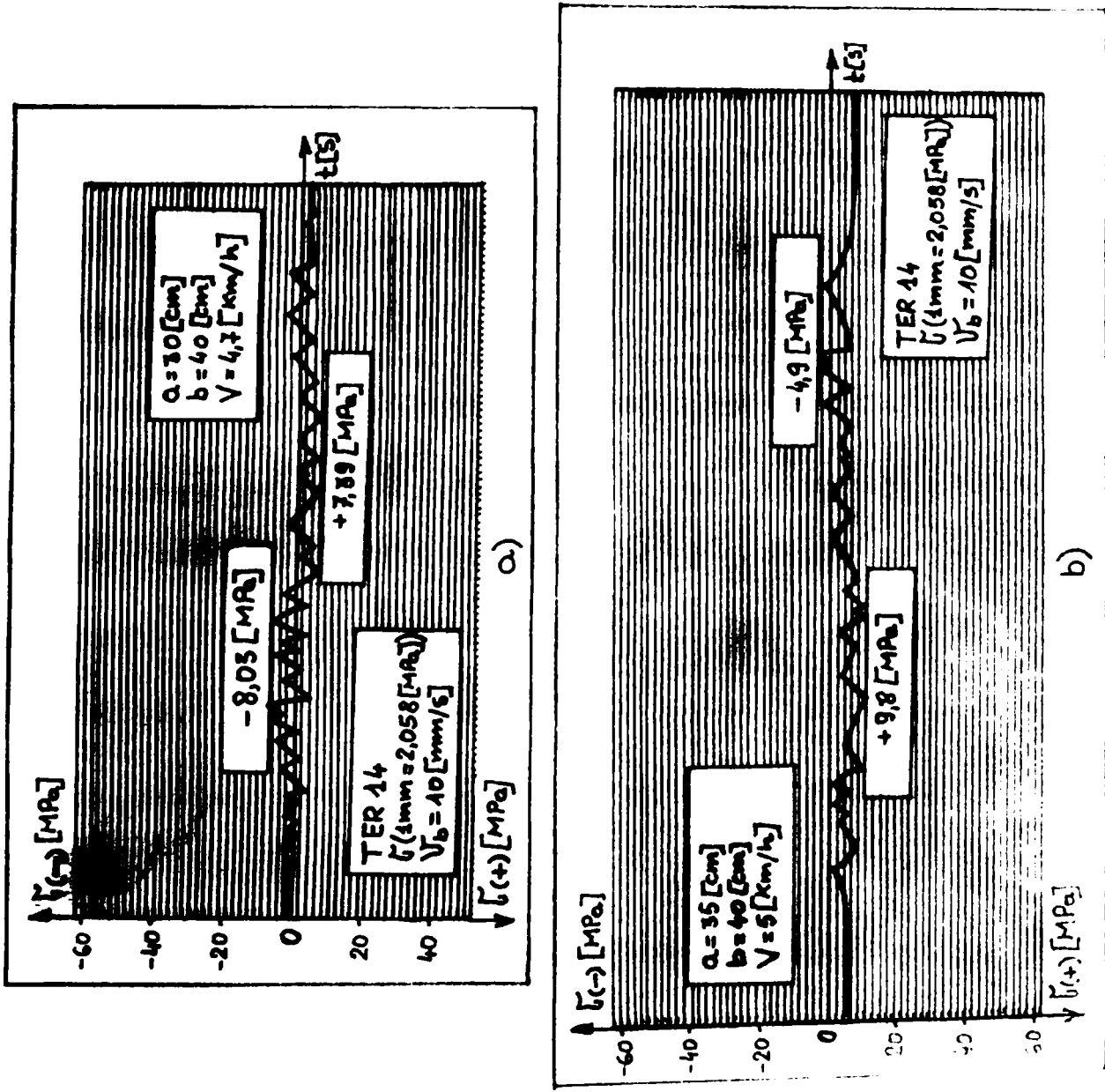


Figura 7.38. Oscillograme obținute, pentru TER 14, la încercările în câmp: a) - la $a = 30$ [cm]; b) - la $a = 35$ [cm].

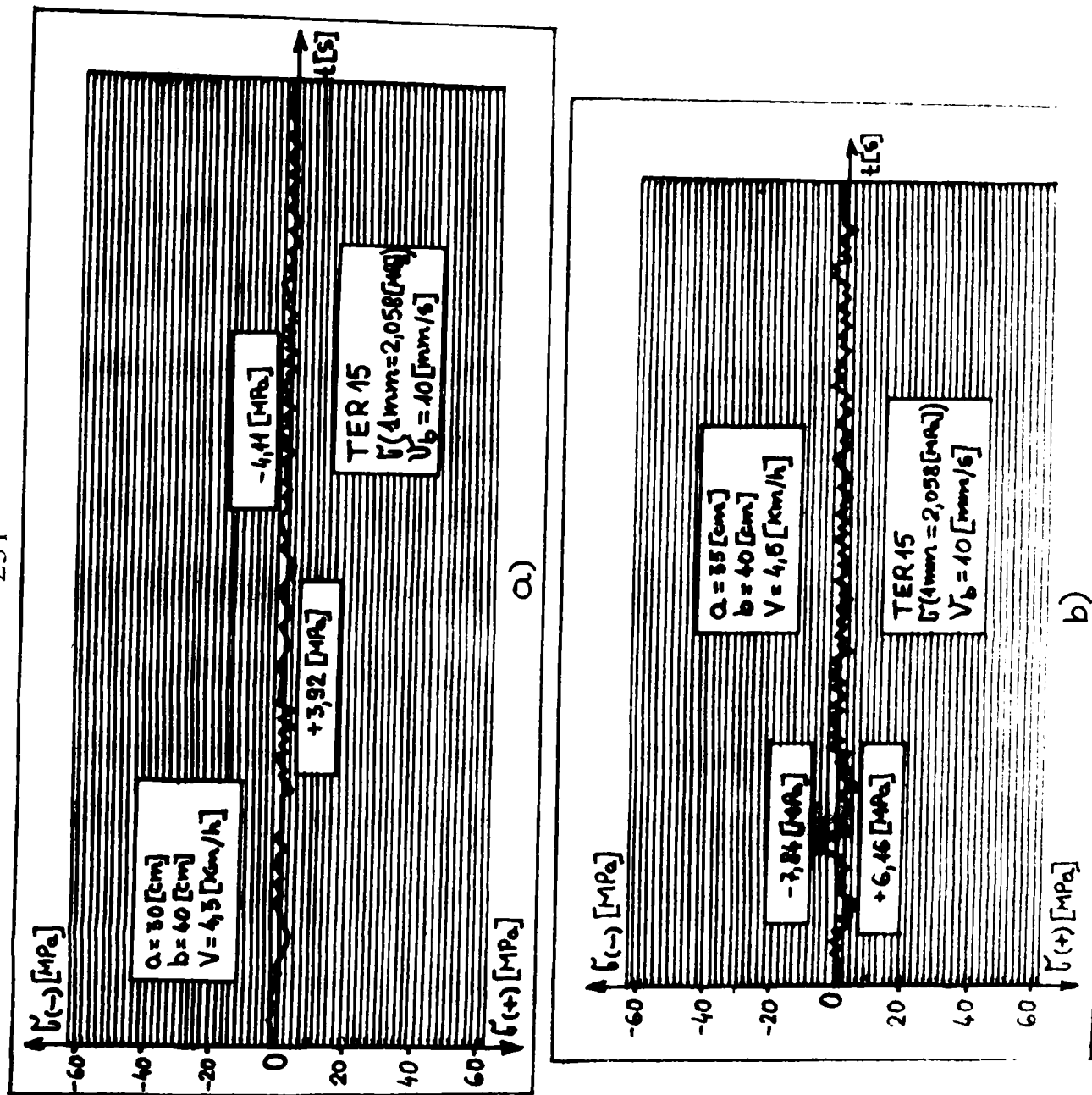


Figura 7.39. Oscillograme obtinute, pentru TER 15, la incercările în câmp: a) - la $a = 30$ [cm]; b) - la $a = 35$ [cm].

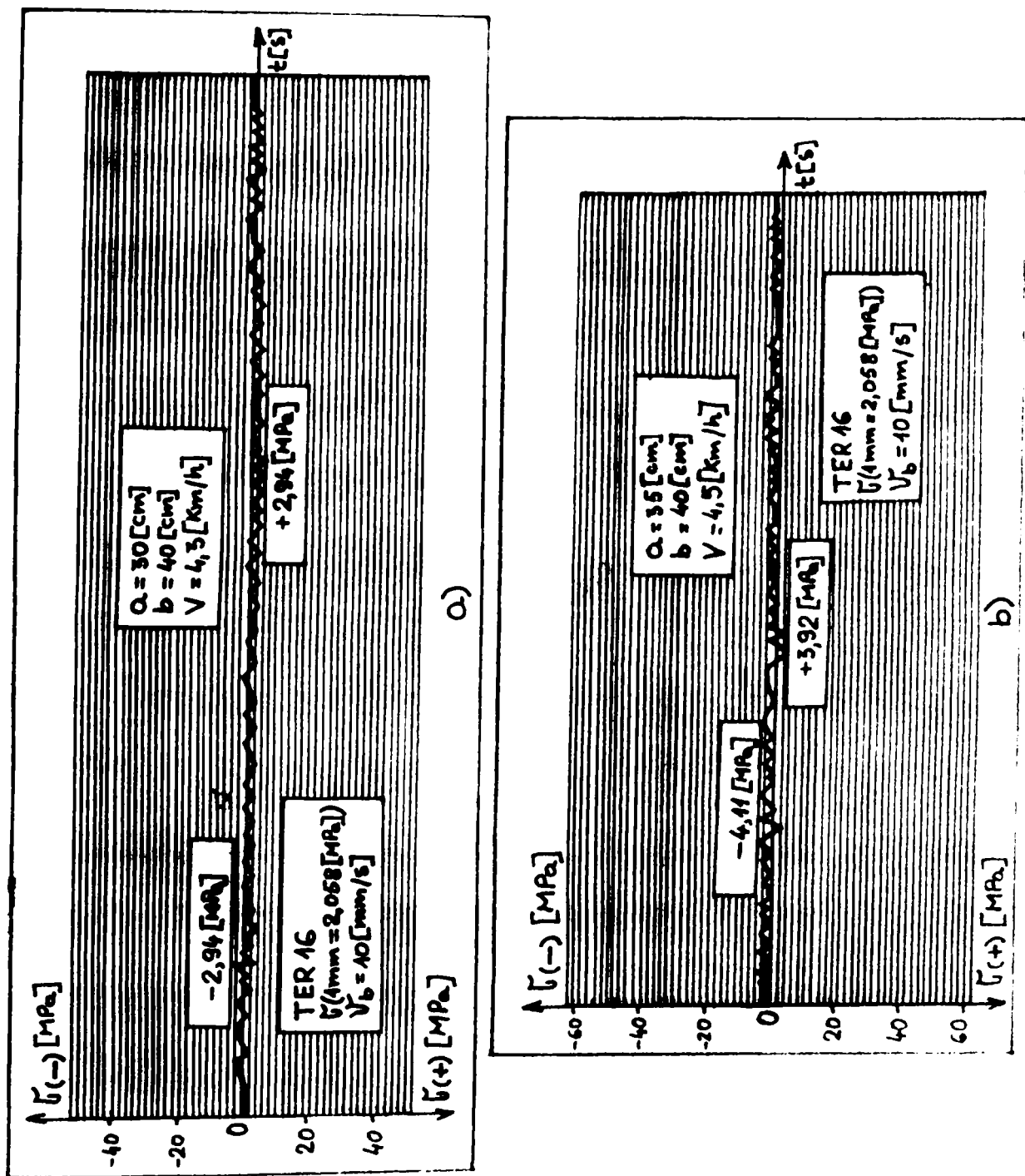
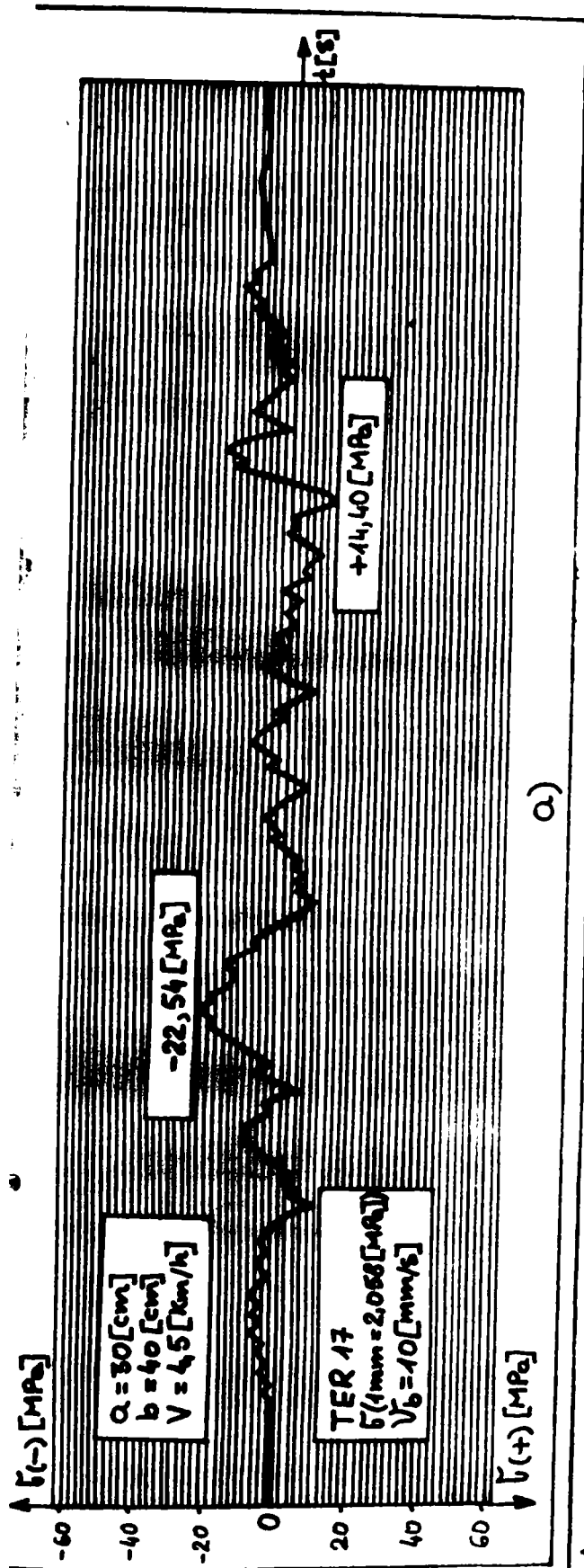
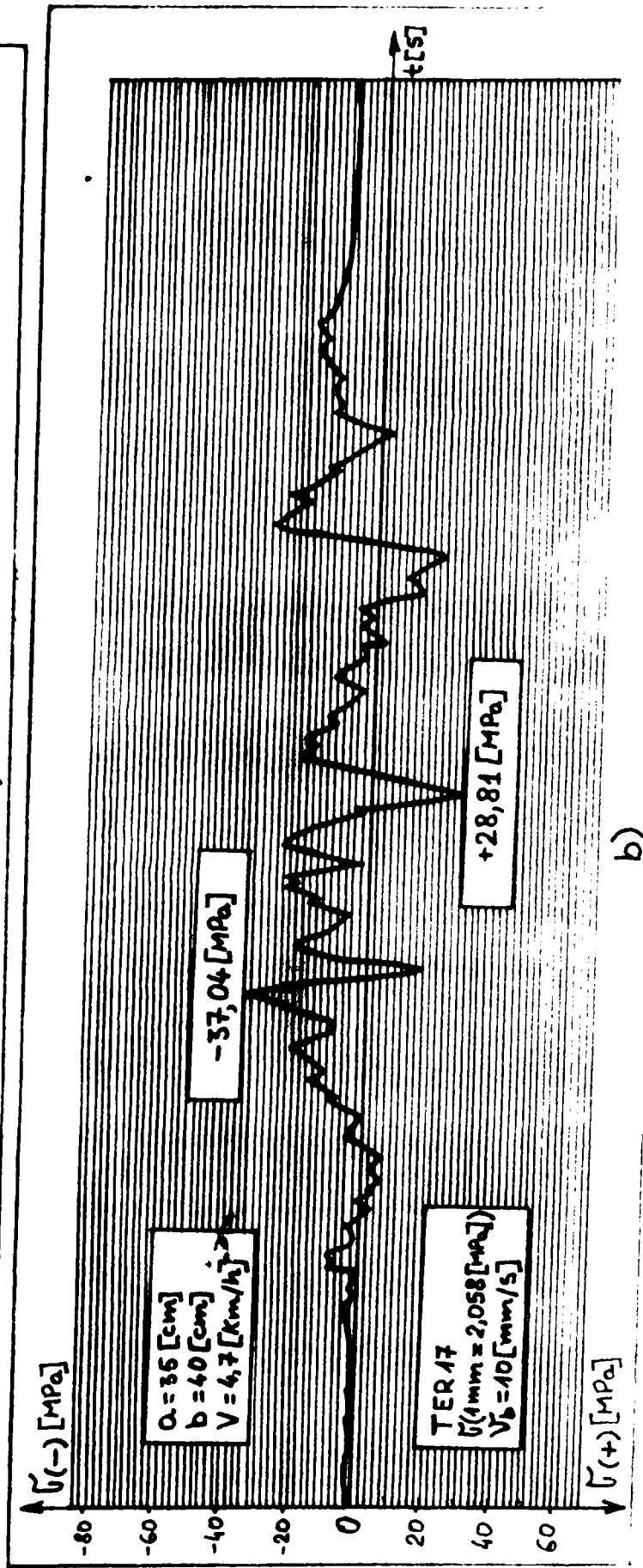


Figura 7.40. Oscilोगrame obținute, pentru TER 16, la încercările în câmp: a) - la $a = 30$ [cm]; b) - la $a = 35$ [cm].



a)



b)

Figura 7.41. Oscillograme obținute, pentru TER 17, la încărcările în câmp: a) - la $a = 30$ [cm]; b) - la $a = 35$ [cm].

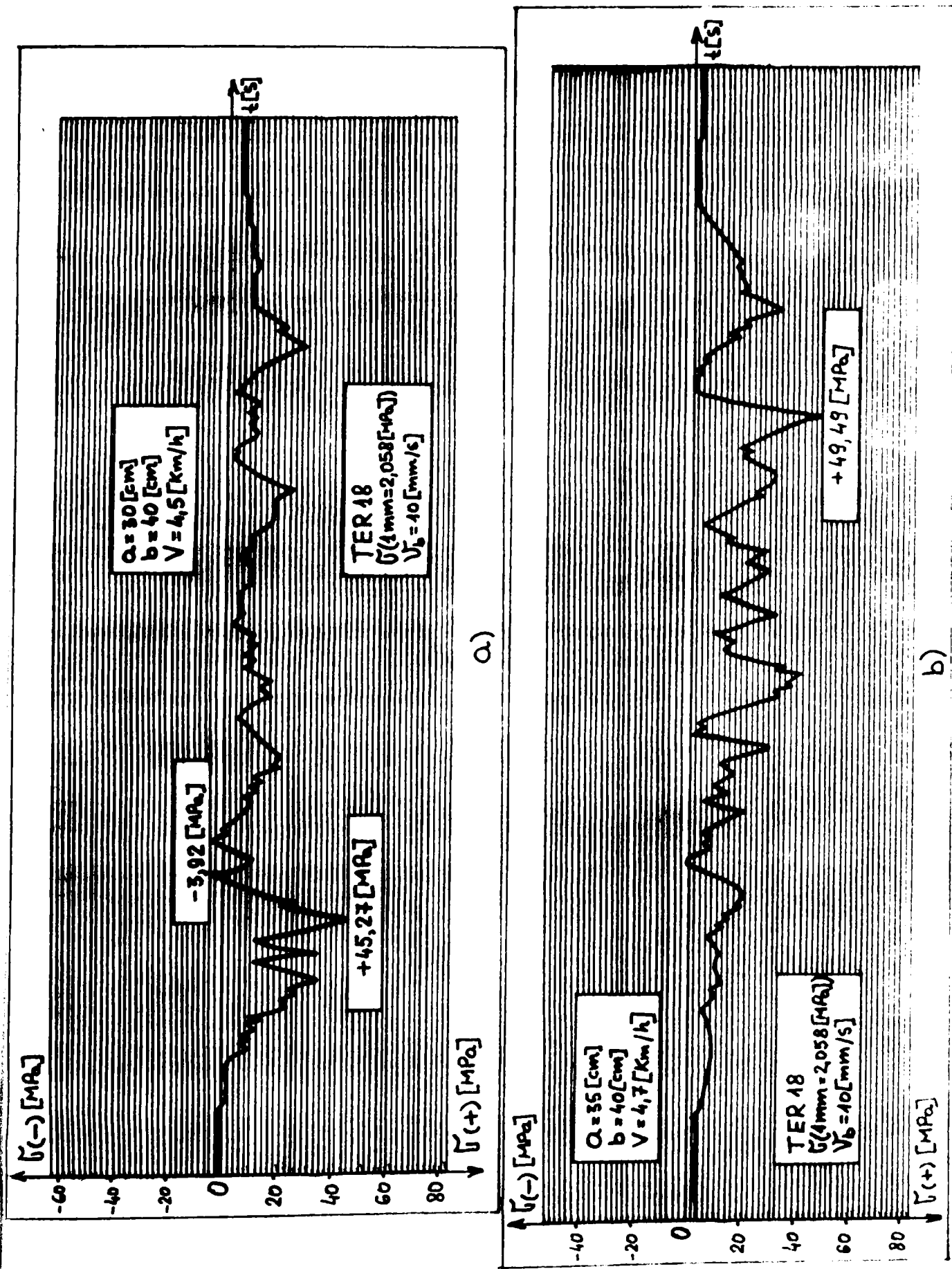


Figura 7.42. Oscillograme obținute, pentru TER 18, la încercările în câmp: a) - la $a = 30$ [cm]; b) - la $a = 35$ [cm].

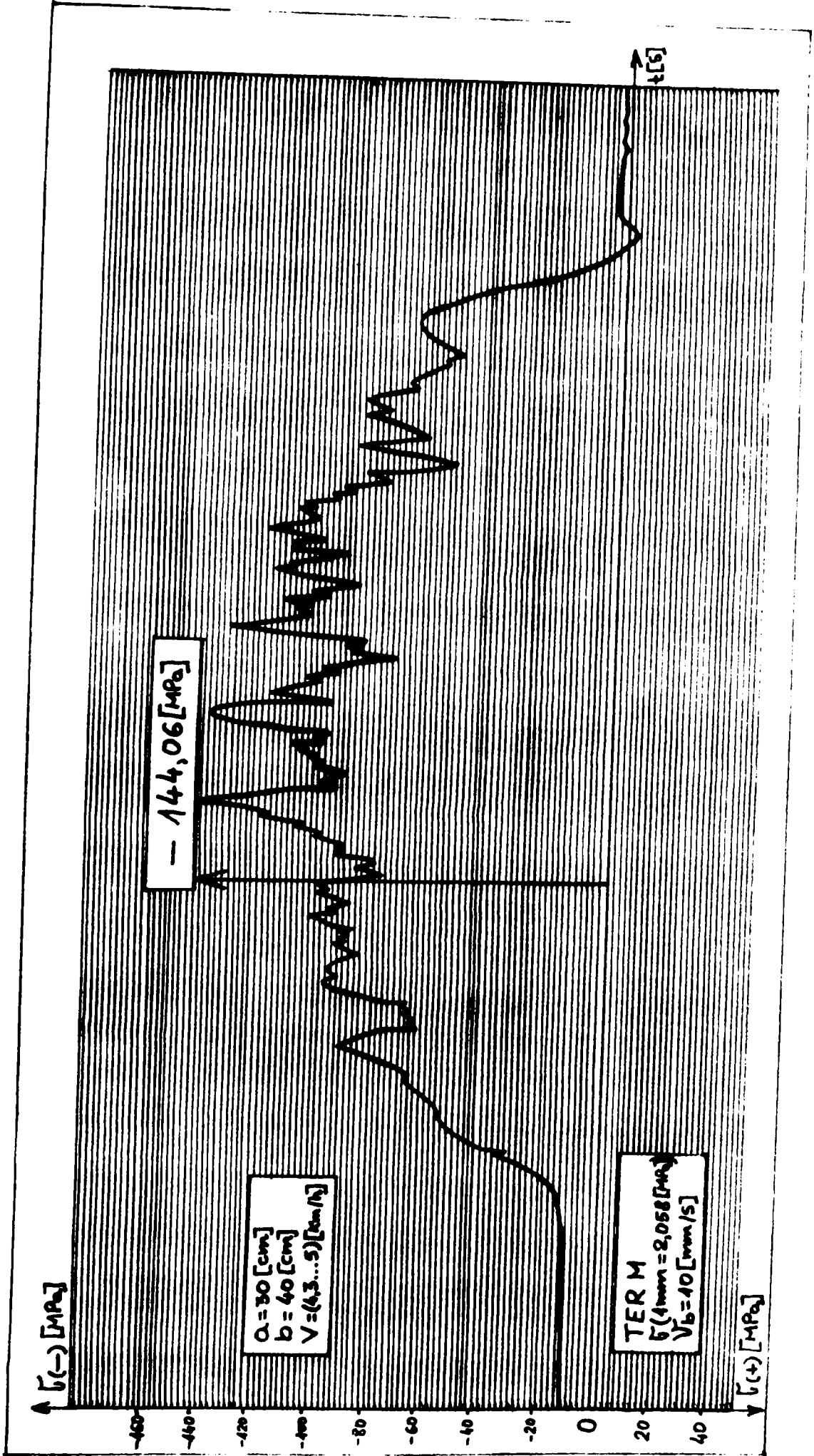


Figura 7.43. Oscilograma obținută, pentru TER M, la încercările în câmp, pentru $a = 30$ [cm].

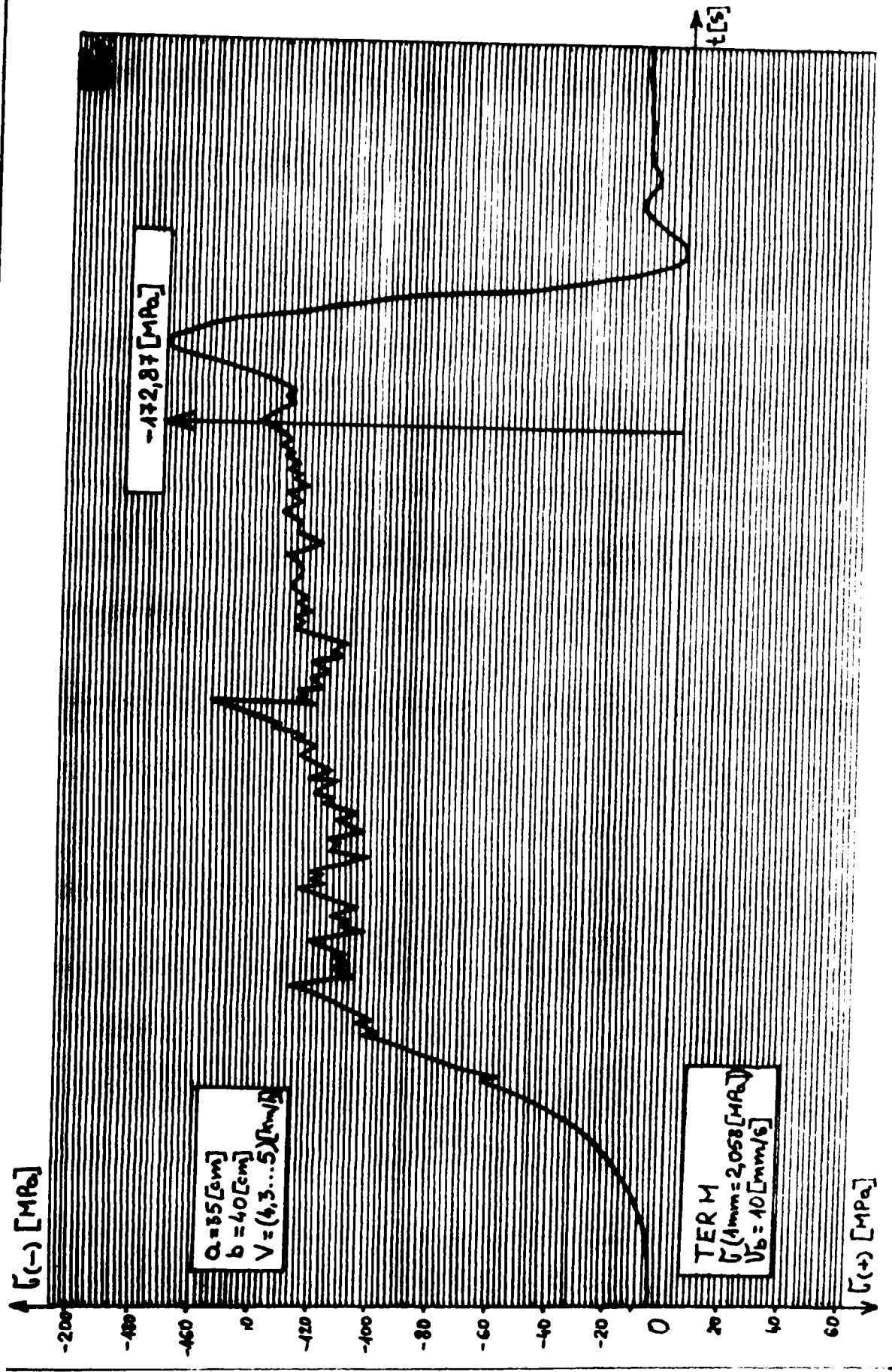


Figura 7.44. Oscilograma obținută, pentru TER M, la încercările în câmp, pentru $a = 35 \text{ [cm]}$.

CAPITOLUL 8

PRELUCRAREA DATELOR EXPERIMENTALE ȘI ANALIZA LOR

8.1. Prelucrarea oscilogramelor.

Valorile minime, maxime și medii ale tensiunilor ce apar pe suprafața cormanei lamelare, obținute de pe oscilograme, pentru diferite regimuri de lucru, sunt prezentate în tabelul 8.1.

Valorile medii ale tensiunilor au fost determinate ca media aritmetică a mai multor valori intermediare.

Rezultatele comparative între tensiunile determinate experimental și tensiunile determinate teoretic cu ajutorul programului "COSMOS", derulate pe un calculator performant "INTEL P II DESHUTES 350MHZ, 512K", sunt prezentate în tabelul 8.2.

Utilizarea programului "COSMOS" a permis stabilirea unor tensiuni statice în condiții de laborator, la care au fost raportate cele dinamice obținute în condiții experimentale în teren, de unde a rezultat un parametru adimensional, pe care l-am numit "coeficient de dinamicitate".

$$C_d = \frac{\sigma_{d(\text{exp.})}}{\sigma_{s(\text{teo.})}} \quad (8.1.)$$

unde:

C_d este coeficient de dinamicitate;

σ_d - tensiunea dinamică;

σ_s - tensiunea statică.

În tabelul 8.2., se observă că tensiunea calculată σ_s a fost cuprinsă între 0,57 . . . 90,42 [MPa] iar cea determinată experimental σ_d a fost cuprinsă între 1,96 . . . 90,55 [MPa] adică coeficientul de dinamicitate C_d este cuprins între 0,76 . . . 1,15, ceea ce este în același ordin a magnitudinii.

Tabelul 8.1. Plan general de încercări și tensiunile obținute pentru diferite regimuri de lucru.

Nr. diagramei	Experiment	Adâncime a de lucru [cm]	Lățimea de lucru [cm]	Viteza de lucru [km/h]	Numărul locului de măsurare	Numărul canalului de măsurare	Unitatea de măsură	Tensiunea minimă	Tensiunea maximă	Tensiunea medie
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	A.	30 (Regimul1)	40	4,3	TER M*	I	MPa	-	+144,06	+95,66
					TER 16	III		-2,94	+2,94	+1,47
					TER 15	IV		-4,11	+3,92	+1,47
					TER 13	VI		0	+11,27	+4,41
1	B.	35 (Regimul2)	40	4,5	TER M*	I	MPa	-	+172,87	+111,13
					TER 16	III		-4,11	+3,92	+1,96
					TER 15	IV		-7,84	+4,11	+1,96
					TER 13	VI		0	+9,8	+2,94
2	C.	35 (Regimul2)	40	4,3	TER M*	I	MPa	-	+172,87	+111,13
					TER 10	III		-26,75	+61,74	+23,52
					TER 11	IV		-11,76	+90,55	+34,79
					TER 12	VI		0	+32,92	+7,84
2	D.	30 (Regimul1)	40	4,7	TER M*	I	MPa	-	+144,06	+94,66
					TER 10	III		-26,75	+24,69	+20,58
					TER 11	IV		-9,8	51,45	+25,48
					TER 12	VI		0	+11,76	+3,92
3	E.	30 (Regimul1)	40	4,7	TER M*	I	MPa	-	+144,06	+94,66
					TER 7	III		-10,29	+49,39	+20,58
					TER 8	IV		+8,82	+72,03	+31,36
					TER 14	VI		-4,9	+9,8	+4,9

Tabelul 8.1. (continuare)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3	F.	35 (Regimul2)	40	5	TER M* TER 7 TER 8 TER 14	I III IV VI	MPa	- -11,76 -15,68 -8,03	+172,87 +39,2 +86,24 +4,41	+111,13 +19,6 -20,58 +1,96
4	G.	35 (Regimul2)	40	4,7	TER M* TER 4 TER 5 TER 9	I III IV VI	MPa	- -8,23 -61,74 -11,76	+172,87 +28,81 +8,23 0	+111,13 +11,76 -19,6 -6,37
4	H.	30 (Regimul1)	40	4,7	TER M* TER 4 TER 5 TER 9	I III IV VI	MPa	- -9,8 -57,62 -41,16	+144,06 +30,87 +4,41 -3,92	+94,66 +17,64 -31,36 -16,66
5	I.	30 (Regimul1)	40	4,5	TER M* TER 17 TER 18 TER 6	I III IV VI	MPa	- -22,54 -3,92 0	+144,06 +14,40 +45,27 +1,96	+94,66 -1,96 +9,8 +0,49
5	J.	35 (Regimul2)	40	4,7	TER M* TER 17 TER 18 TER 6	I III IV VI	MPa	- -37,04 0 -0,98	+172,87 +28,81 +49,49 +1,96	+111,13 -9,8 +21,26 +0,49
6	K.	35 (Regimul2)	40	4,8	TER M* TER 2 TER 1 TER 3	I III IV VI	MPa	- -25,48 -7,84 -1,47	+172,87 +20,58 +29,4 +1,96	+111,13 -13,72 +16,17 +0,49

Tabelul 8.1. (continuare)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
6	L.	30 (Regimul I)	40	4,6	TER M* TER 2 TER 1 TER 3	I III IV VI	MPa	- -28,81 -3,92 -1,47	+144,06 +19,6 +28,42 +1,96	+94,66 -10,29 +14,7 +0,49

NOTĂ:

- Valorile notate cu semnul “+” reprezintă tensiuni de întindere iar cele notate cu semnul “-” tensiuni de comprimare.
- TER M – timbru tensiometric martor. Timbrul martor a fost amplasat pe suportul bârsei.
- L-a determinarea tensiunilor s-a ținut cont și de modulul de elasticitate longitudinal(pentru oțel $E = 2,1 \times 10^{10}$ daN/m²).

Tabelul 8.2. Valorile comparative ale tensiunilor determinate experimental respectiv teoretic.

Nr. traductorului(conform figurii 6.49.)	Adâncimea de lucru [cm]	Unitatea de măsură	Tensiunea maximă determinată experimental	Tensiunea maximă calculată teoretic	Coeficientul de dinamicitate
TER1	30	MPa	28,42	24,681	1,15
TER1	35	MPa	29,4	33,32	0,88
TER2	30	MPa	28,81	24,681	1,16
TER2	35	MPa	25,48	25,163	1,01
TER3	30	MPa	1,96	0,57356	3,41
TER3	35	MPa	1,96	0,69024	2,83
TER4	30	MPa	30,87	29,502	1,04
TER4	35	MPa	28,81	25,163	1,14
TER5	30	MPa	57,62	53,609	1,07
TER5	35	MPa	61,74	57,793	1,06
TER6	30	MPa	1,96	0,57356	3,41
TER6	35	MPa	1,96	0,69024	2,83
TER7	30	MPa	49,39	48,788	1,01
TER7	35	MPa	39,2	41,478	0,94
TER8	30	MPa	72,03	68,073	1,05
TER8	35	MPa	86,24	82,266	1,04
TER9	30	MPa	41,16	39,145	1,05
TER9	35	MPa	11,76	8,8478	1,32
TER10	30	MPa	26,75	24,681	1,08
TER10	35	MPa	61,74	57,793	1,06
TER11	30	MPa	51,45	48,788	1,05
TER11	35	MPa	90,55	90,423	1,001
TER12	30	MPa	11,76	10,216	1,15
TER12	35	MPa	32,92	25,163	1,30
TER13	30	MPa	11,27	10,216	1,10
TER13	35	MPa	9,8	8,8478	1,10
TER14	30	MPa	8,03	10,216	0,78
TER14	35	MPa	9,8	8,8478	1,10
TER15	30	MPa	4,11	5,395	0,76
TER15	35	MPa	7,84	8,8478	0,88
TER16	30	MPa	2,94	0,57356	5,12
TER16	35	MPa	4,11	5,395	0,76
TER17	30	MPa	22,54	15,038	1,49
TER17	35	MPa	37,04	33,32	1,11
TER18	30	MPa	45,27	39,145	1,15
TER18	35	MPa	49,49	49,636	0,99

8.2. Distribuția tensiunilor pe lamele.

În figurile 8.1. și 8.2. se prezintă distribuția tensiunilor de întindere pe suprafața trupiței cu cormană lamelară "LEMKEN", tip BS42, la 30 [cm] respectiv 35 [cm] adâncime de lucru, viteza de lucru fiind de 5 [km/h].

În figurile 8.3. și 8.4. se prezintă distribuția tensiunilor de comprimare pe suprafața trupiței cu cormană lamelară "LEMKEN", tip BS42, la 30 [cm] respectiv 35 [cm] adâncime de lucru, viteza fiind de 5 [km/h].

În figurile 8.5. și 8.6. se prezintă distribuția valorilor medii ale tensiunilor pe suprafața trupiței cu cormană lamelară "LEMKEN", tip BS42, la 30 [cm] respectiv 35 [cm] adâncime de lucru, viteza fiind de 5 [km/h].

În figurile 8.7. . . . 8.10. se prezintă distribuția tensiunilor maxime, determinate experimental respectiv teoretic, pe suprafața trupiței cu cormană lamelară "LEMKEN" , tip BS42, pentru cele două regimuri de lucru.

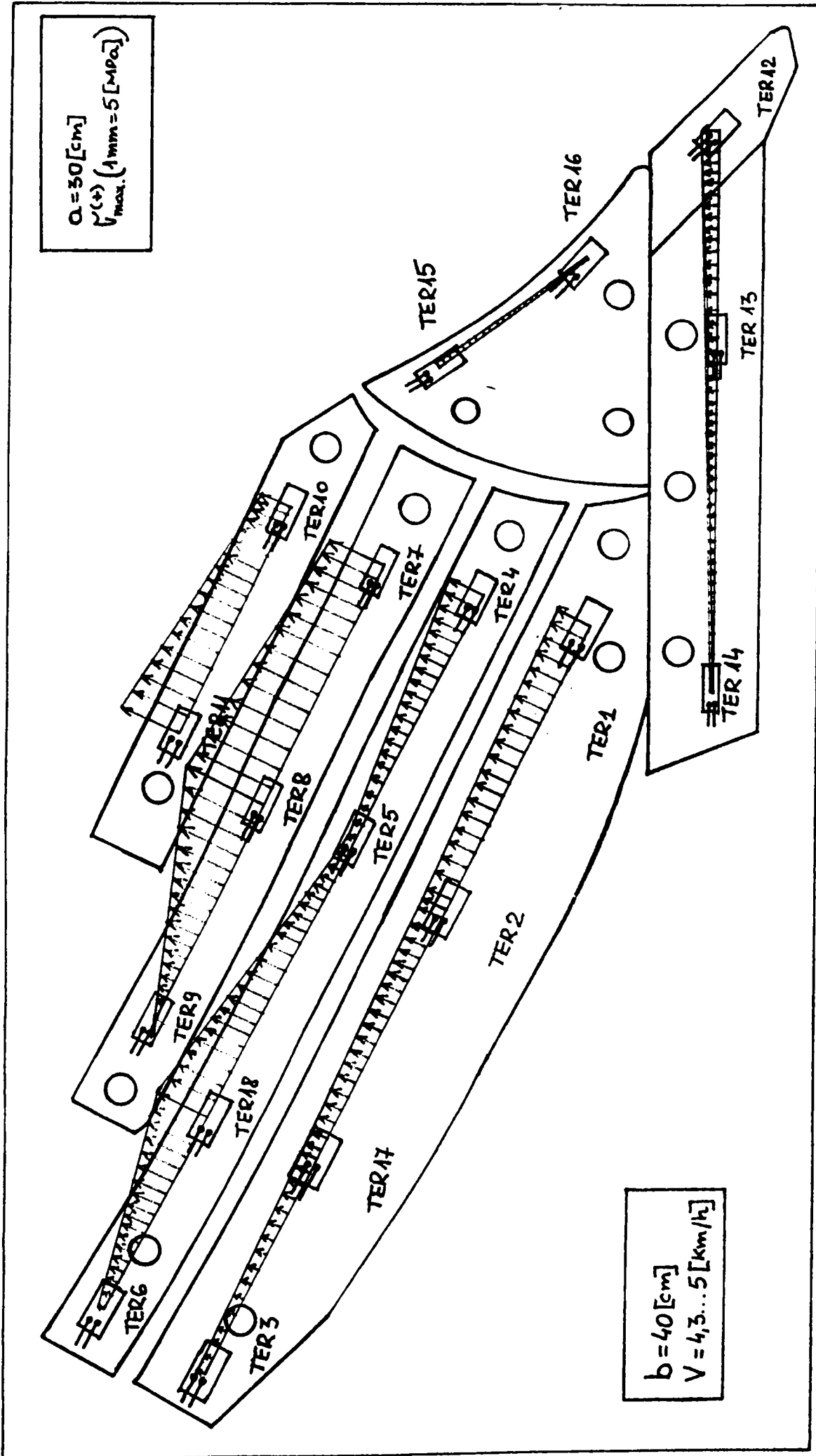


Figura 8.1. Distribuția tenșiunilor de întindere pentru $a = 30 \text{ [cm]}$ și $V = 5 \text{ [km/h]}$.

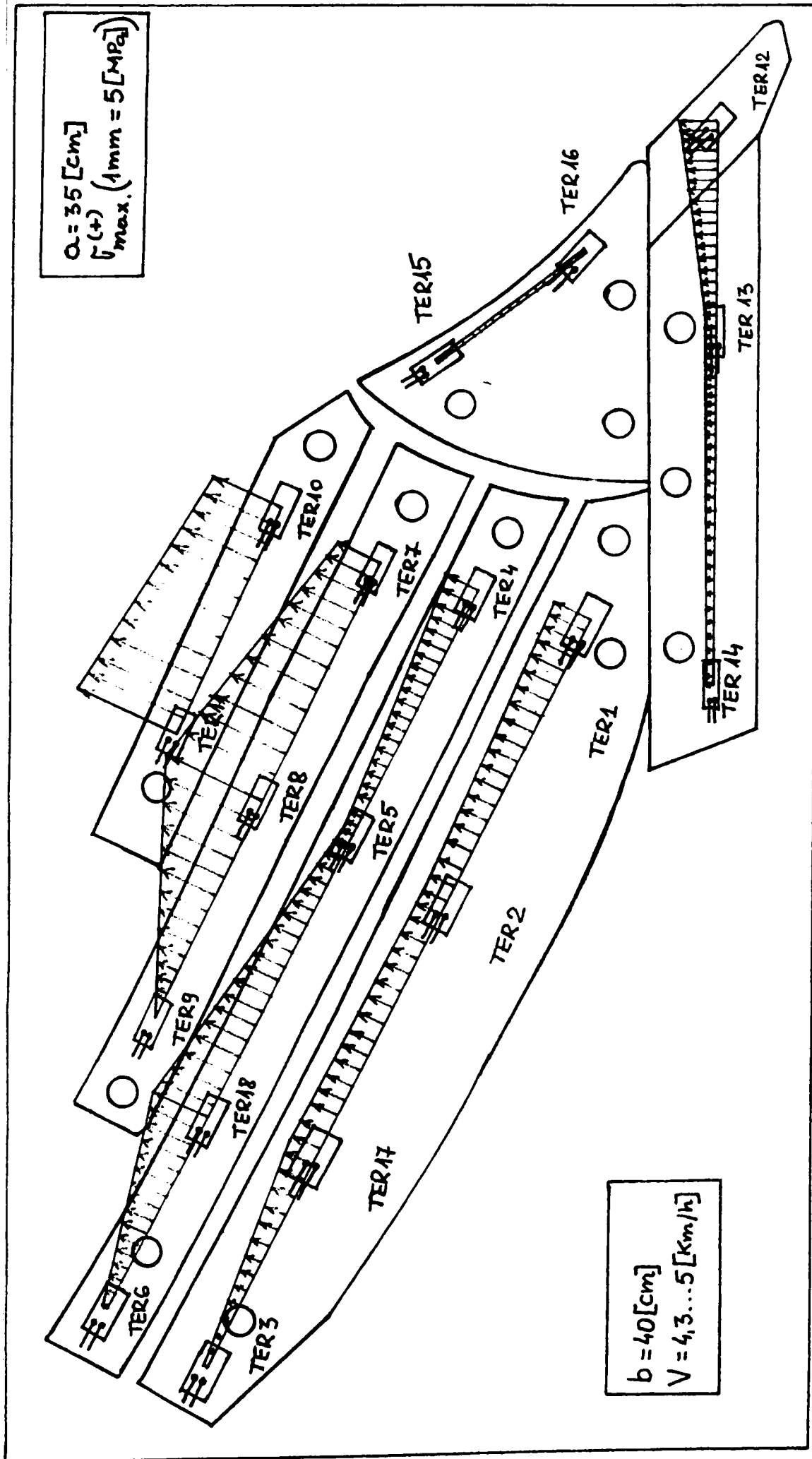


Figura 8.2. Distribuția tensiunilor de întindere pentru $a = 35 \text{ [cm]}$ și $V = 5 \text{ [km/h]}$.

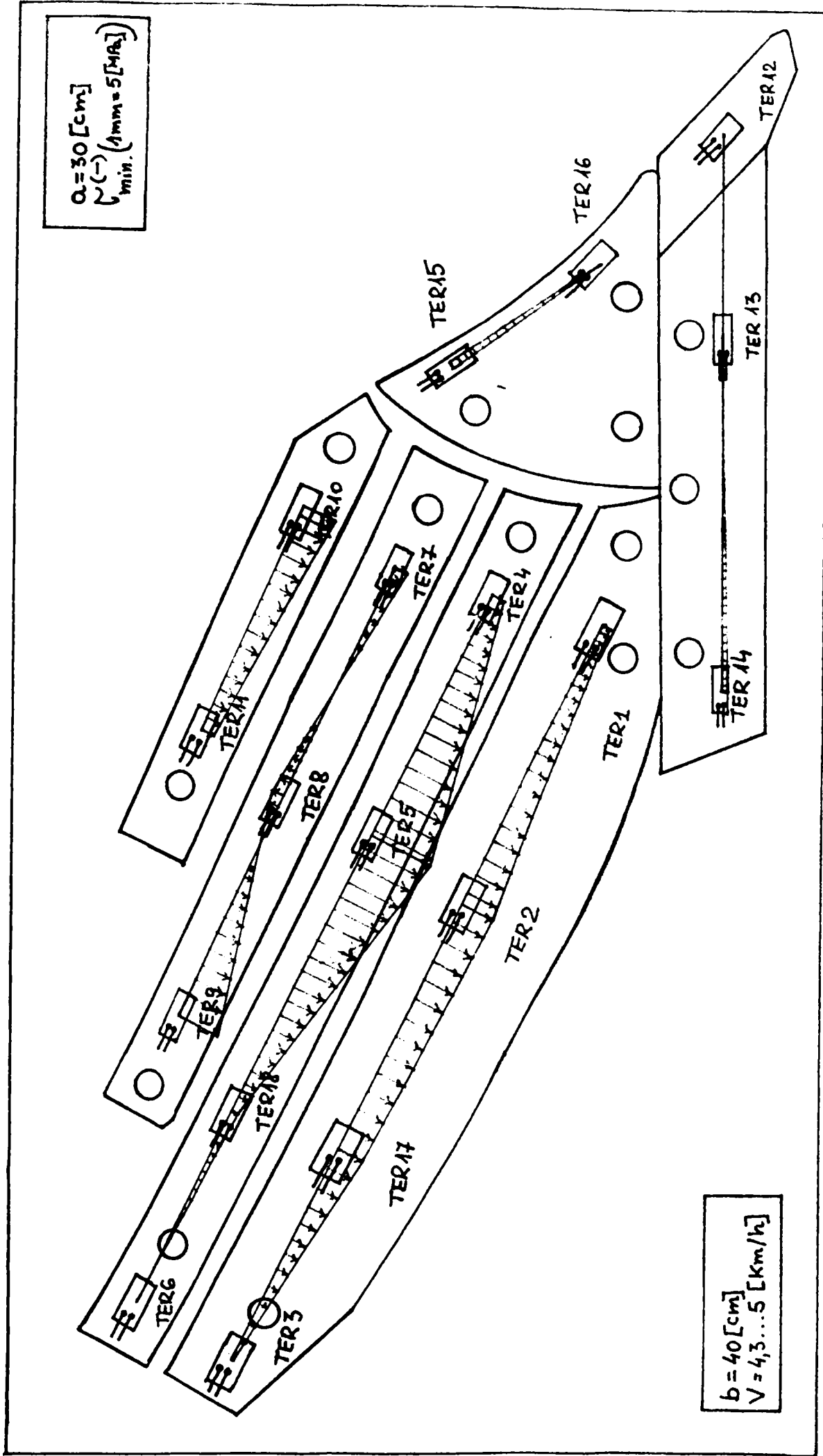


Figura 8.3. Distribuția tensiunilor de comprimare pentru $\alpha = 30 \text{ [cm]}$ și $V = 5 \text{ [km/h]}$.

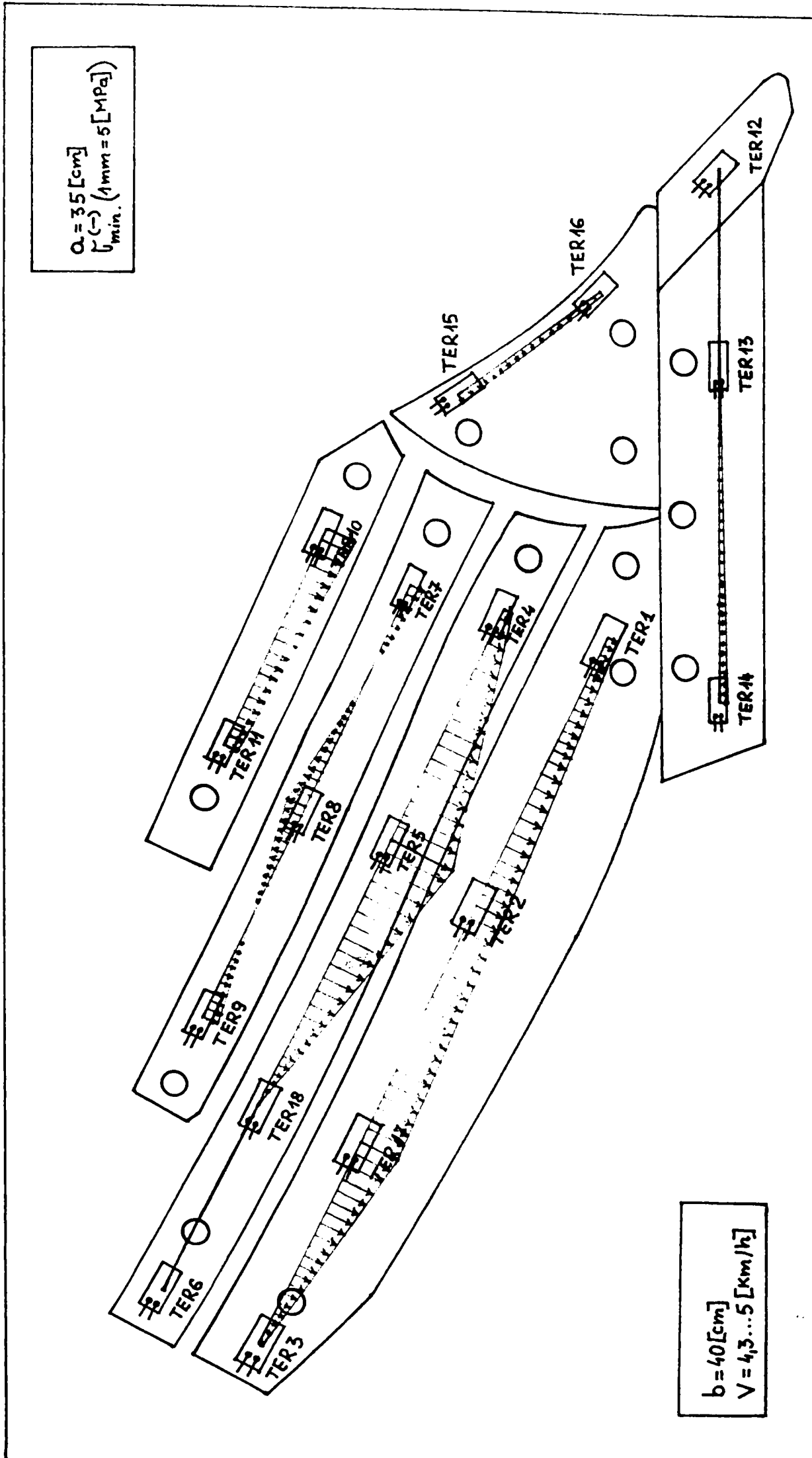


Figura 8.4. Distribuția tensiunilor de comprimare pentru $a = 35 \text{ [cm]}$ și $V = 5 \text{ [km/h]}$.

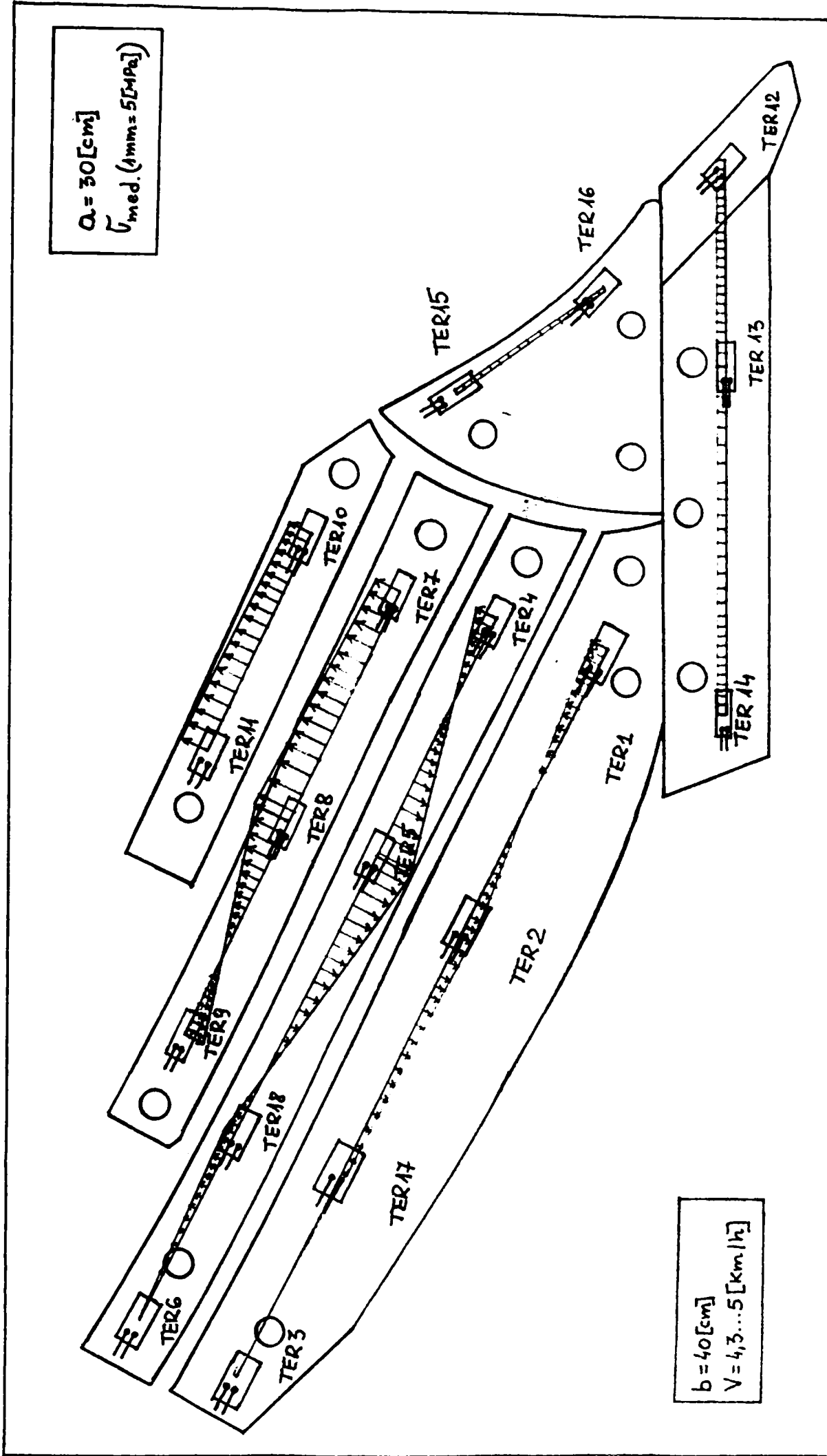


Figura 8.5. Distribuția valorilor medii ale tensiunilor pentru $a = 30 [cm]$ și $V = 5 [km/h]$.

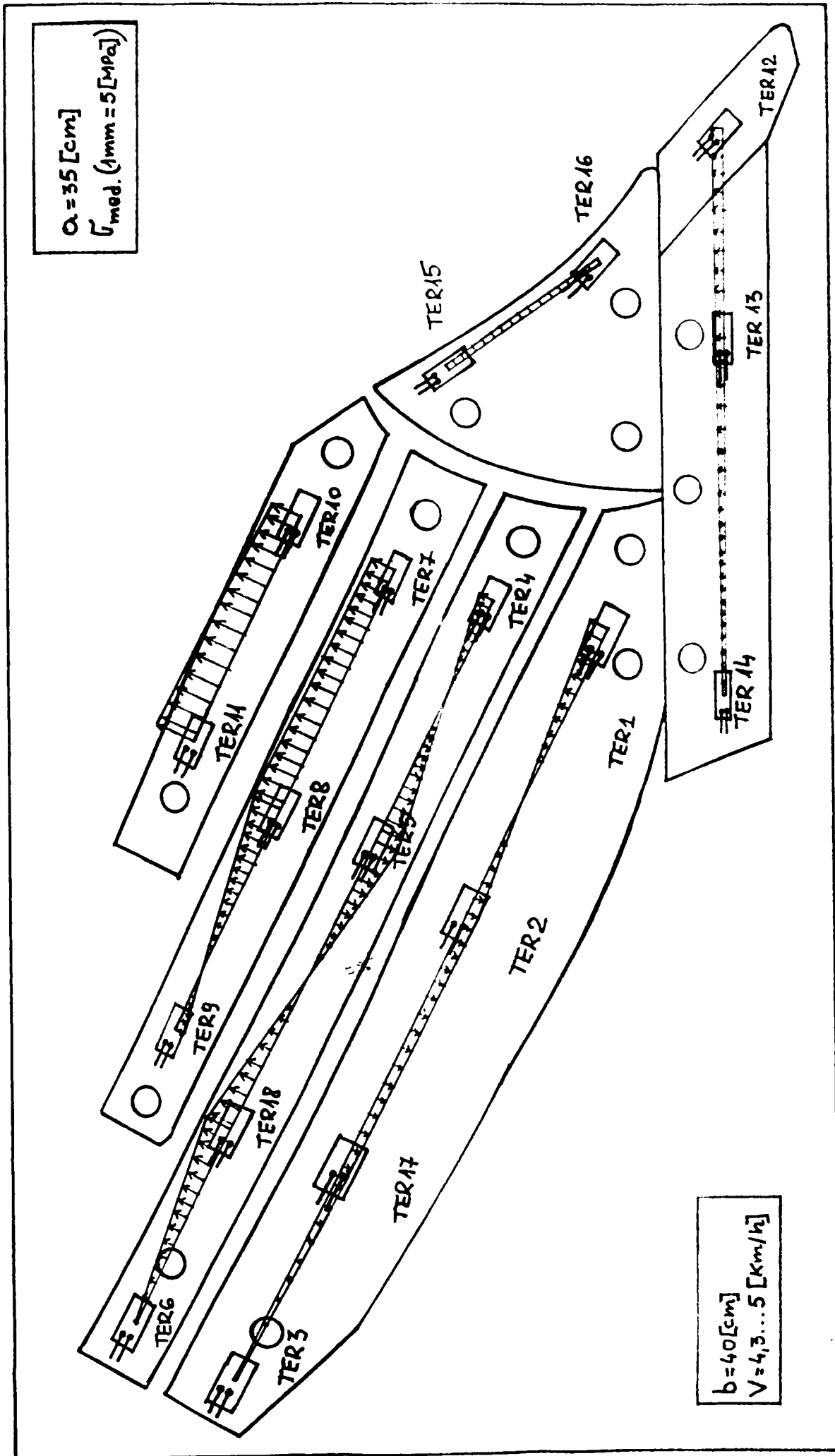


Figura 8.6. Distribuția valorilor medii ale tensiunilor pentru $\alpha = 35$ / cm / și $V = 5$ / km·h /.

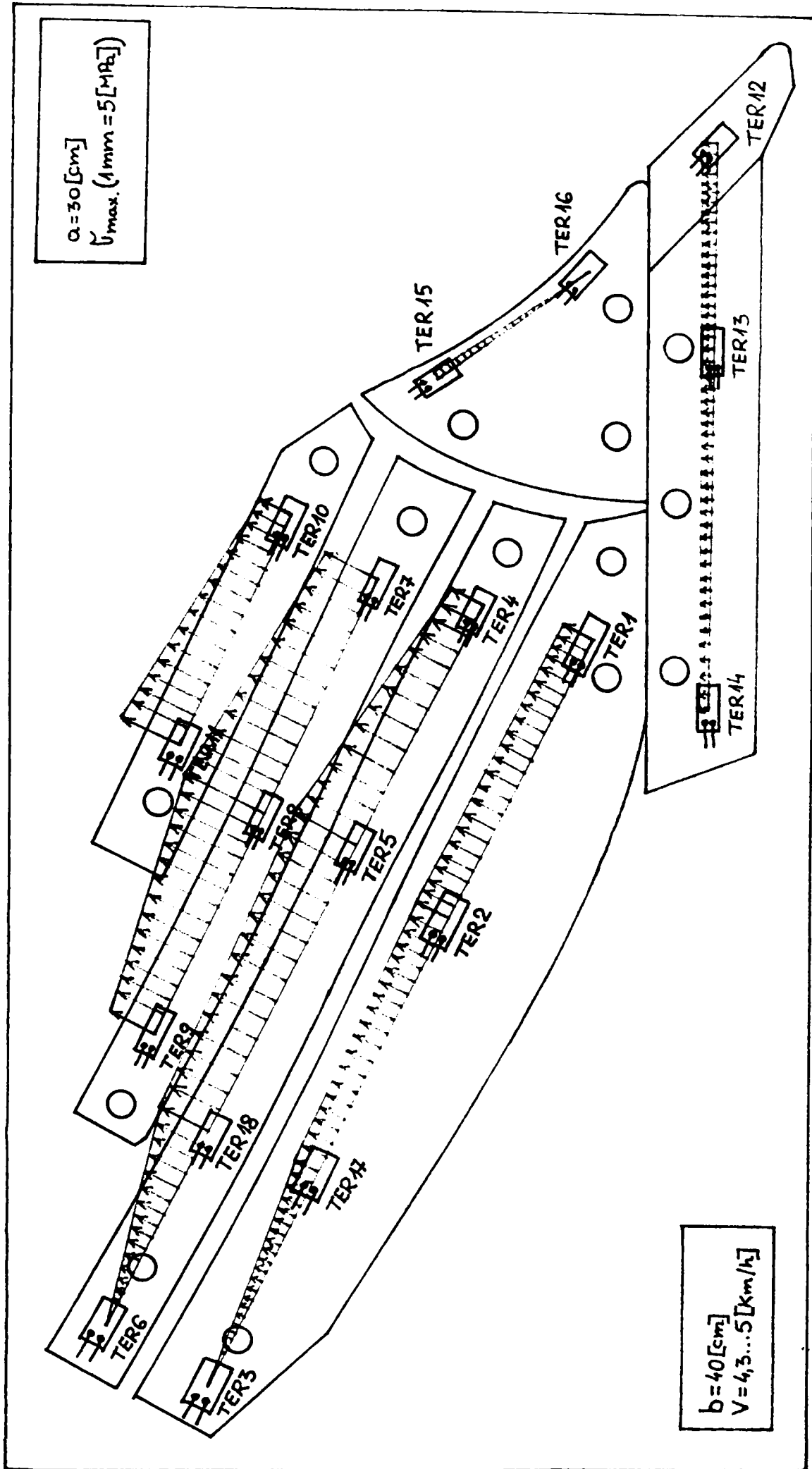


Figura 8.7. Distribuția tensiunilor maxime, determinate experimental, pe suprafața cormanei de tip lamelar la $a = 30 \text{ [cm]}$.

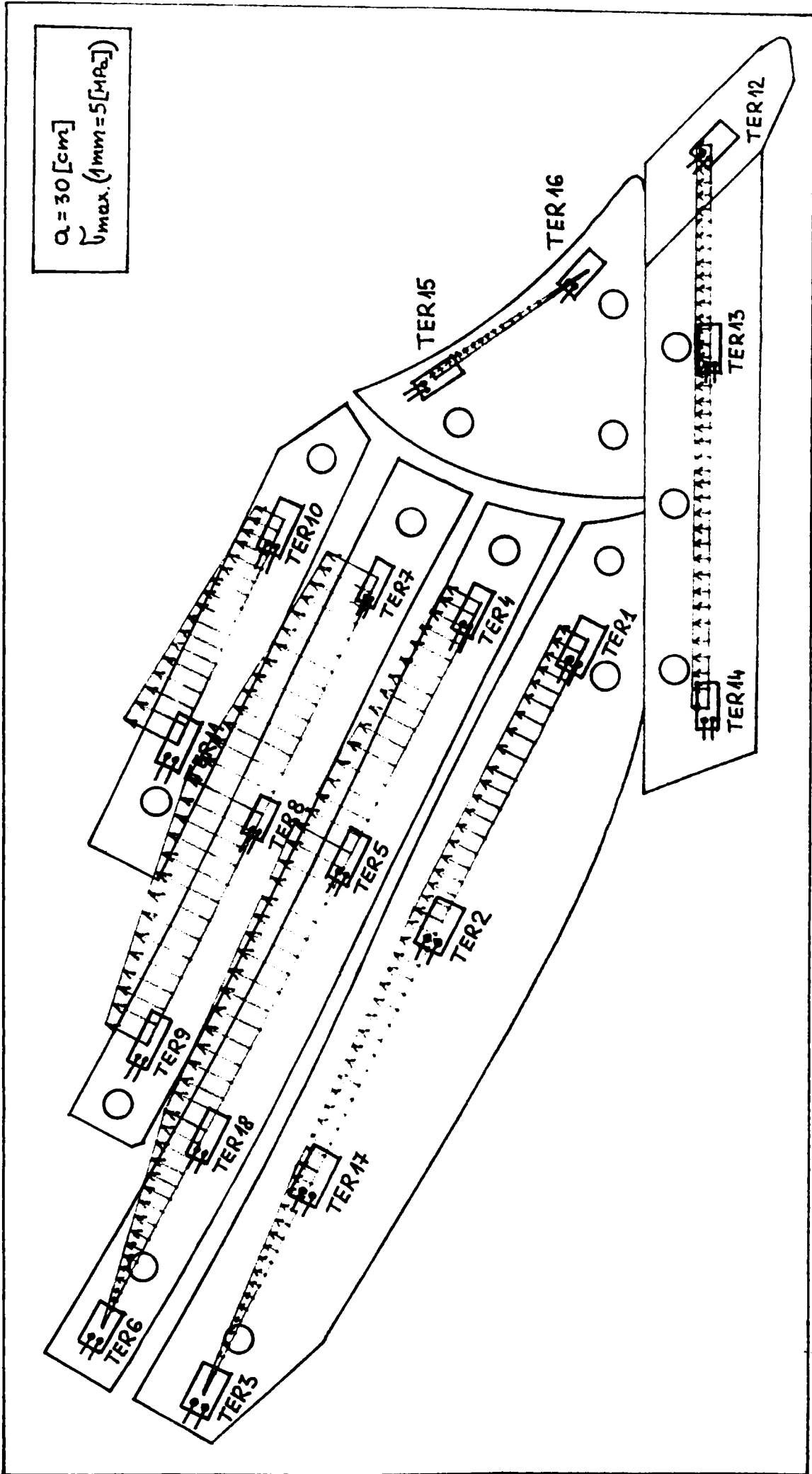


Figura 8.8. Distribuția tensiunilor maxime, determinate teoretic, pe suprafața cormanei de tip lamelar la $a = 30 \text{ [cm]}$.

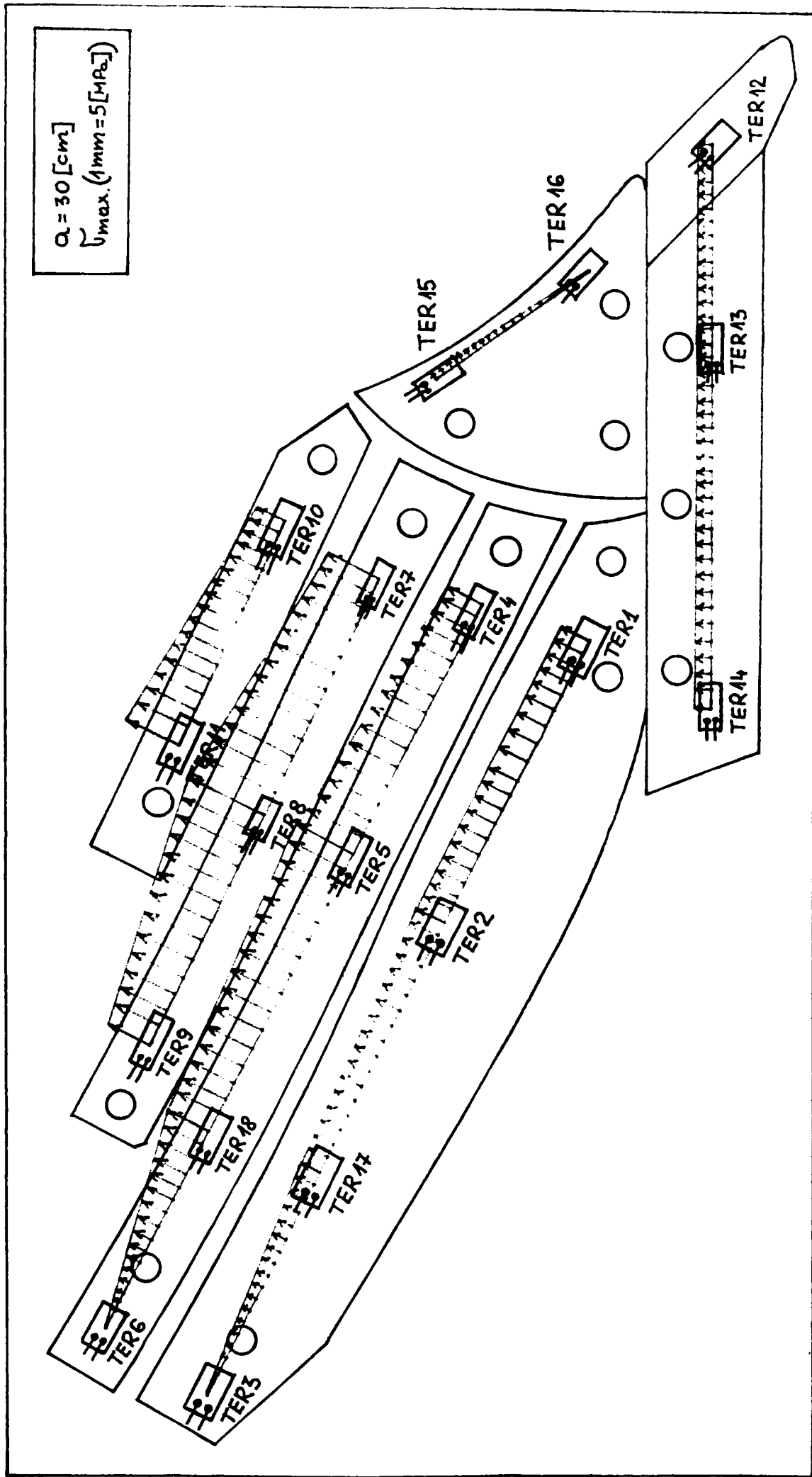


Figura 8.8. Distribuția tensiunilor maxime, determinate teoretic, pe suprafața cormanei la $a = 30 \text{ [cm]}$.

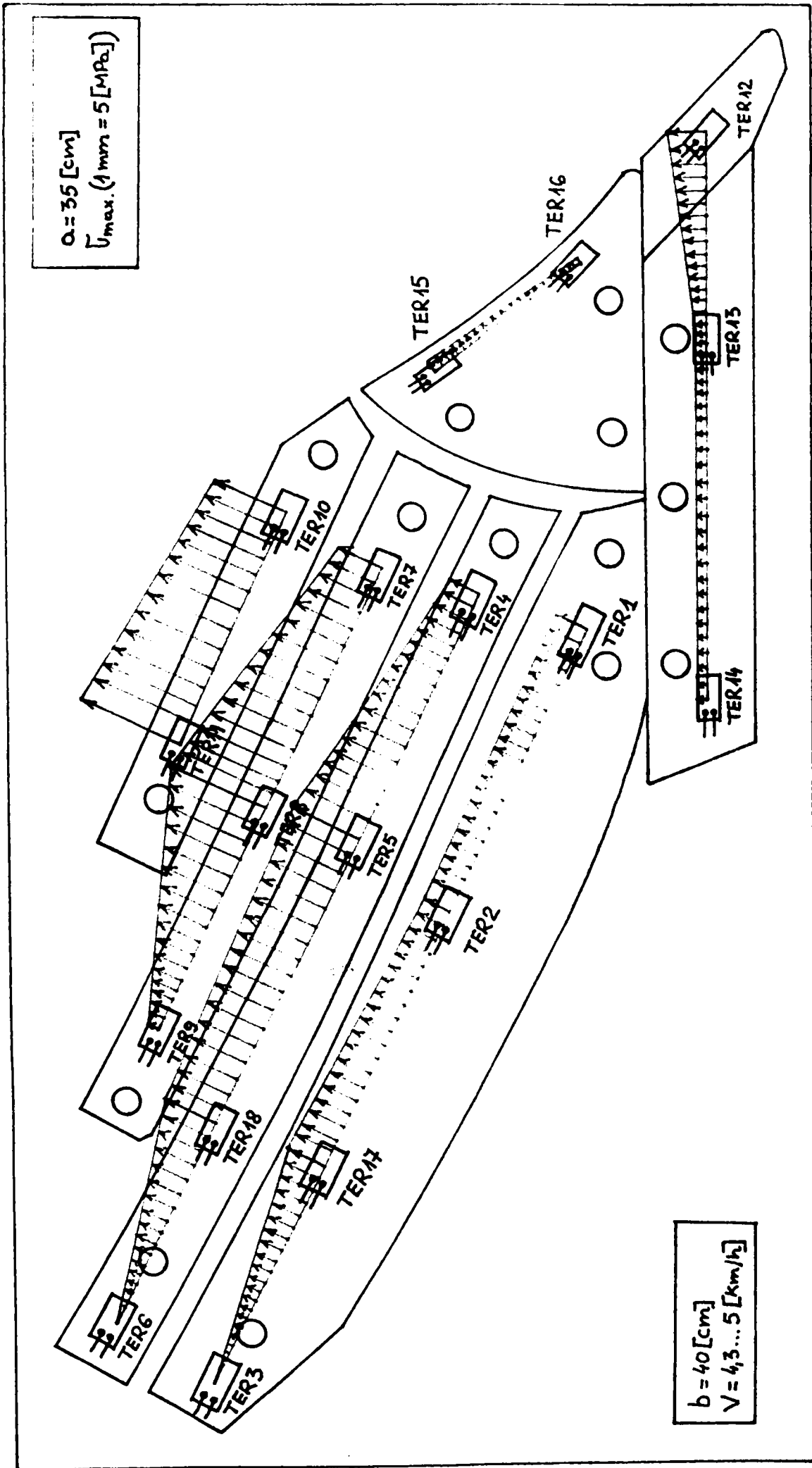


Figura 8.9. Distribuția tensiunilor maxime, determinate experimental, pe suprafața cormaniei de tip lumelar la $a = 35$ [cm].

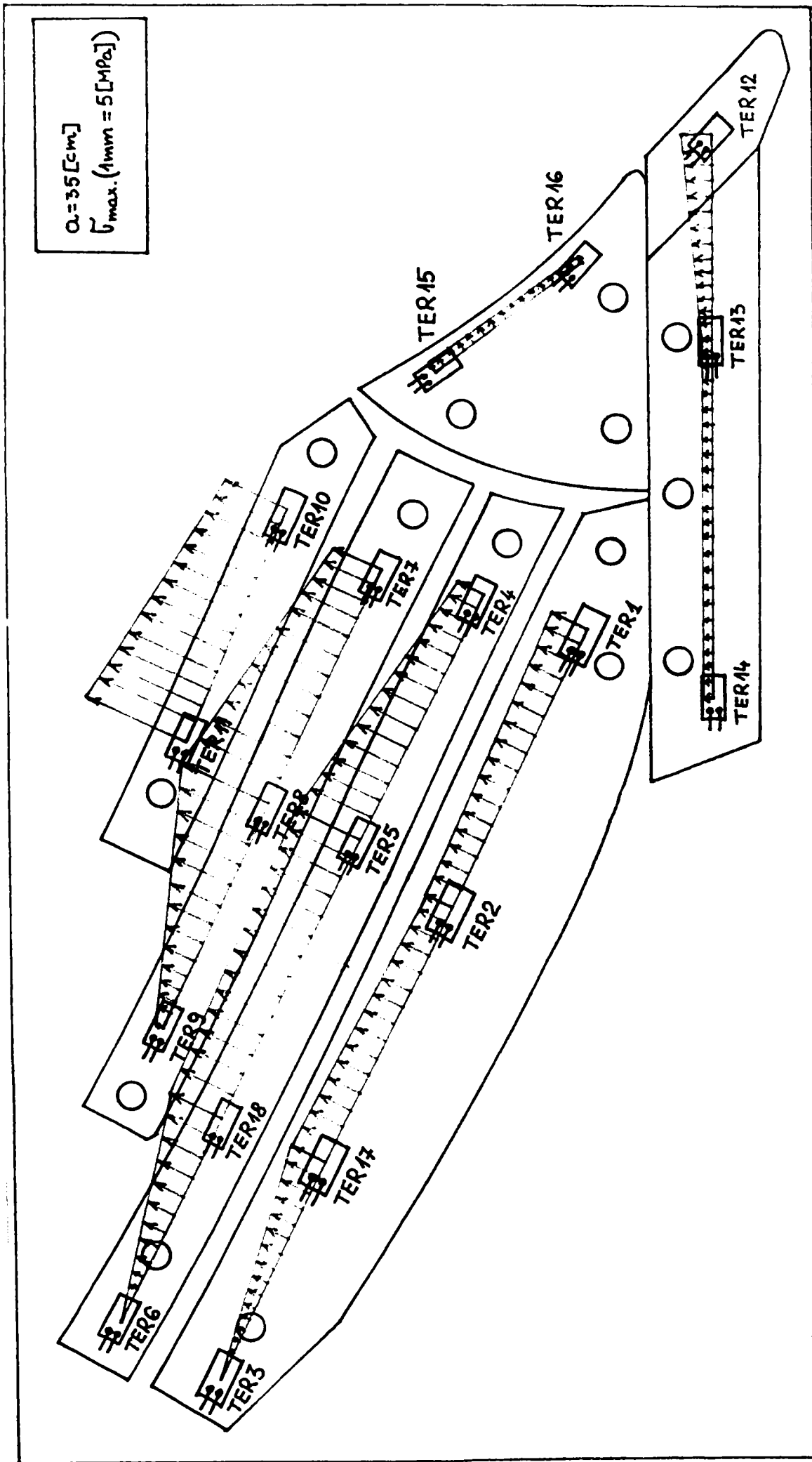


Figura 8.10. Distribuția tensiunilor maxime, determinate teoretic, pe suprafața cormanei de tip lamelar la $a = 35 \text{ [cm]}$.

CONCLUZII LA PARTEA a III-a

Cercetările în laborator, respectiv în teren, pe această temă oferă un material primar a cărui prelucrare conduce la concluzii noi, ferme și de o importanță deosebită pentru domeniul studiat.

Concluziile pot fi sintetizate în principal, pe trei direcții:

- structura optimă a materialului;
- evoluția parametrilor geometrici ai suprafeței de lucru ai cormanei lamelare;
- evoluția distribuției tensiunilor pe suprafața trupitei cu cormană lamelară.

Cel mai corespunzător material, dintre cele studiate, s-a dovedit a fi materialul **CONIT**, deoarece acesta poate fi realizat cu tehnologia existentă la ora actuală la noi în țară, fără a necesita o investiție suplimentară, și datorită faptului că acesta are o duritate mai mare în exploatare și o rezistență la uzură mai mare decât în cazul materialelor compozite stratificate laminate.

Din încercările efectuate cu sprijinul **S.C. UMT S.A. Timișoara** și respectiv **S.C. MAT Craiova**, privind natura materialelor din care sunt confecționate cormanele se pot desprinde următoarele concluzii:

1. Comparând materialul **CONIT** cu materialele compozite stratificate, realizate atât de firmele românești cât și străine, rezultă următoarele:
 - ❖ variația durității materialului **CONIT** până la 2 mm adâncime de la suprafața piesei, este identică cu cea obținută la materialele compozite stratificate. Peste această adâncime, la materialele compozite stratificate miezul devine tenace(duritate foarte mică) în timp ce la materialul **CONIT**, duritatea scade treptat. realizându-se între 2 și 4 mm o scădere de la 60HRC la 37,7HRC. Acest fapt conduce la o durabilitate mai mare în exploatare, rezistența la uzură fiind mai mare decât la materialele compozite stratificate, în schimb rezistența la șoc este mai mare la materialele compozite stratificate datorită existenței unui strat mai mare cu duritate scăzută;
 - ❖ luând în considerare indicațiile din literatura de specialitate, pentru a realiza un strat de 2,5 mm se impune cementarea timp de 20 ore la temperatura de 920°C.
2. Comparând oțelul OLC 60 cu materialele compozite stratificate, respectiv cu materialul **CONIT** rezultă următoarele:
 - ❖ utilizarea oțelului OLC60 la construcția cormanelor duce la obținerea unei durități aproape constantă pe secțiunea piesei. Acest lucru este determinat de grosimea mică a piesei(7 mm) și de călibilitatea mare a oțelului respectiv, care conduce la călire în profunzime;

- ❖ datorită acestui fapt, în procesul de fabricație, se întâmplă o serie de greutăți, cum ar fi: fisuri în timpul ștanțării găurii, tratamentului termic și spargeri în montaj;
 - ❖ durabilitatea cormanelor executate din OLC60 este mult mai mică datorită valorilor scăzute de densități care micșorează rezistența la uzură în timpul lucrului.
3. Studiul efectuat evidențiază că, în scopul evitării ruperii și fisurării cormanelor plugurilor mecanice, este necesar să se utilizeze materiale compozite stratificate(cum este cel al firmei franceze **HUARD**) sau oțeluri cementate(cum este cel al firmei germane **CONIT**).
 4. Utilizarea oțelurilor OLC45 și OLC60, cu o duritatea constantă pe toată secțiunea cormanei, duce la o micșorare a rezistenței la uzură, deci la scurtarea duratei de viață a cormanei.
 5. Colaborarea cu specialiștii din cadrul laboratorului timișean "**POLYVAC**", cu ocazia efectuării acestor studii, a permis stabilirea concluziei că, în țara noastră materialele cu caracteristici asemănătoare cu a celor realizate de firma "**CONIT**" se folosesc pentru confecționarea lamelor tăietoare din construcția utilajelor de minierit fabricate la **S.C. U.M.T. S.A. Timișoara**. Considerăm că realizarea unui prototip de plug echipat cu cormane lamelare confecționate dintr-un astfel de material indigen poate fi realizat și merită să se acorde importanță acestei sugestii.

Din punct de vedere al studiului parametrilor geometrici se pot desprinde următoarele concluzii:

1. Lățimea lamelor este diferită de la un tip la altul de cormană, funcție de tipul solului;
2. Grosimea lamelor cormanei **LEMKEN**($\delta = 10$ mm) este diferită de grosimea lamelor cormanei indigene($\delta = 7$ mm), ceea ce face ca lamelele **LEMKEN** să aibă o durată mai mare de viață;
3. Lamela nr. 1 a cormanei **LEMKEN** este inversabilă, ceea ce face ca aceasta să aibă o durată de viață dublă, în comparație cu lamela nr. 1 a cormanei cu lamele drepte - varianta indigenă;
4. Studiul asupra cormanei indigene cu lamele drepte a condus la concluzia că ea este de tip universal(cultural);
5. Studiul asupra cormanei indigene cu lamele curbe a condus la concluzia că ea este de tip universal(cultural);
6. Studiul asupra cormanei **LEMKEN** a condus la concluzia că ea este de tip combinată, adică:
 - unghiul α , cuprins între 12° ... 110° , corespunde unei cormane de tip cilindrică, ceea ce îi conferă cormanei lamelare **LEMKEN** un grad pronunțat de mărunțire;

- unghiul β , cuprins între 18° ... 120° , corespunde unei cormane de tip semielicoidal sau elicoidal, ceea ce îi conferă cormanei lamelare **LEMKEN** un grad pronunțat de răsturnare;
 - unghiul γ , cuprins între 18° ... 25° , corespunde unei cormane pentru viteze mărite de lucru, ceea ce conduce la concluzia că acest tip de cormană poate să lucreze la viteze de peste 8 [km/h].
7. Lungimile lamelelor sunt diferite, funcție de tipul cormanei, respectiv tipul solului pe care urmează să lucreze.
 8. Lamelele cormanei **LEMKEN** au fost realizate individual în matrițe fapt ce conduce la o superioritate de necontestat a acestora în comparație cu cele indigene, realizate prin decuparea unor cormane clasice.

Din punct de vedere al studiului efectuat asupra distribuției tensiunilor pe suprafața cormanei de tip lamelar se pot desprinde următoarele concluzii:

1. În urma comparării câmpurilor de distribuție a tensiunilor dezvoltate în cormanele lamelare cu cele din literatura de specialitate pentru cormanele pline, se poate afirma că variantele lamelare, care echipează plugurile moderne, sunt supuse unor tensiuni mult mai mari decât cormanele clasice care își desfășoară procesul în condiții similare de lucru.
2. Spectrul distribuției tensiunilor pe suprafața de lucru a celor două variante de cormane este relativ același, valoarea tensiunilor în zonele similare sunt însă mult mai mari în cazul cormanelor lamelare.
3. În contextul în care cormana experimentată se caracterizează prin variația unghiului α specific cormanelor cilindrice, a unghiului β specific cormanelor semielicoidale sau elicoidale și a unghiului γ specific cormanelor pentru viteze mărite de lucru, distribuția tensiunilor pe cele 2 lamele superioare se amplifică mult în comparație cu partea superioară a cormanei clasice.
4. Rezultatele măsurătorilor motivează realizarea de către constructorii germani a lamelei superioare într-o variantă care, prin inversare după o anumită perioadă de lucru, se refac parametrii inițiali ai suprafeței de alunecare a brazdei.
5. Cu cât adâncimea de lucru crește, crește și variația tensiunilor pe suprafața cormanei de tip lamelar.
6. Câmpurile de tensiuni determinate experimental în teren și modelate teoretic cu ajutorul programului "**COSMOS**", se completează reciproc. În cadrul spectrelor rezultate prin utilizarea programului "**COSMOS**" în zonele de încăstrare a lamelelor, apar tensiuni mult mai mari decât în celelalte zone în care s-au determinat experimental, ca urmare a apariției concentratorilor de tensiuni, specifici oricărei îmbinări și care nu au putut fi evidențiați experimental.

7. Măsura în care valorile teoretice(determinate cu programul "COSMOS") și cele experimentale(măsurate prin intermediul traductoarelor electrotensometrice rezistive) pot fi comparate între ele, este dată de limitele de variație a coeficientului de dinamicitate care, în baza studiilor efectuate, variază între 0,76...1,15.
8. Pentru optimizarea proiectării secțiunii fiecărei lamele este necesar și suficient să se ia în considerare tensiunile stabilite cu ajutorul programului "COSMOS" în zonele de încastrare, deoarece valorile lor sunt cele mai mari în distribuția câmpului de tensiuni de-a lungul lamelelor.
9. Rolul fundamental în distribuția spectrului tensiunilor de-a lungul lamelelor îl au dimensiunile secțiunii lamelei pe care alunecă stratul de sol, lamelele inferioare având o lățime mult mai mare decât lamelele superioare.
10. Confirmare a faptului că în cormanele lamelare se dezvoltă tensiuni mult mai mari decât în cormanele clasice, o reprezintă și diferența de grosime totală a straturilor metalice ce constituie structura materialului din care se confecționează aceste cormane. Exemplificăm în acest sens prin faptul că cormanele pline ce echipează plugurile clasice au grosimea de 7 mm, pe când lamelele cormanei experimentate au grosimea de 10 mm.
11. Referitor la această particularitate constructivă precizăm că o altă firmă germană și anume firma **RABE - WERK**, care confecționează cormanele lamelare utilizând materialul "**RABEDUR**", ce s-a comportat în mod excepțional în cadrul încercărilor efectuate de această firmă, recomandă ca grosimea lamelelor să fie de 12 mm[320][INTERNET].

CONCLUZII FINALE. CONTRIBUȚII PERSONALE. RECOMANDĂRI.

CONCLUZII FINALE

1. Procesele cercetate în cadrul acestei teze de doctorat reprezintă o modestă contribuție a autorului în abordarea unei tematici greu de rezolvat cu potențialul de cercetare existent la ora actuală, motiv pentru care, deși de o utilitate deosebit de stringentă, totuși nu a fost abordată la zi nici chiar de institutul național de specialitate.
2. În contextul în care cormanele lamelare s-au impus masiv și definitiv pe plan mondial, ca organe deosebit de utile, care valorifică sub aspect energetic cercetările la zi din punct de vedere tehnologic, imprimă plugurilor de construcție actuală nu numai o notă de utilaje agricole echipate cu comenzi de înaltă tehnicitate, ci și aceea de utilaje cu o mare adaptabilitate, făcându-le să fie universale, ușor de manevrat, echipate corespunzător cu cerințele tehnologice și mici consumatoare de energie.
3. Harta pedologică a României evidențiază pentru toate zonele țării importante diversificări ale categoriei de sol, ceea ce justifică acordarea atenției care se cuvine acestei variante de cormană. Prezența lor în datarea plugurilor ce lucrează în România impunându-se în aceeași măsură în toate zonele țării, și cu precădere în zonele cu soluri tip "lăcoviște".
4. Echiparea plugurilor cu cormane lamelare conduce pe de o parte la reducerea forței de rezistență la tracțiune, respectiv la reducerea consumului de combustibil pentru executarea acestei lucrări și atrage concomitent avantajul posibilității de a executa lucrarea fundamentală la parametrii tehnologici ceruți, atât pe solurile impermeabile cât și primăvara devreme pe solurile cu exces de umiditate, rezultată în urma topirii zăpezii. Acestea sunt principalele motive pentru care în etapa actuală toate firmele prestigioase constructoare de pluguri livrează în mod curent sau la cerere alături de cormanele clasice și diferitele tipuri de cormane cu lamele, care corespund diferitelor categorii de soluri.
5. Evidențierea câmpurilor reale de tensiuni care să determine o metodologie optimă de proiectare a cormanelor lamelare, astfel încât acestea să satisfacă nu numai din punct de vedere constructiv și funcțional ci și din punct de vedere economic, este o sarcină extrem de dificilă, ca urmare a diversificării exagerate a parametrilor de proces la care sunt supuse aceste organe de lucru ce trebuie să execute lucrări pe categorii de soluri deosebit de diversificate, la adâncimi de lucru ce ating uneori limitele de $35 \div 40$ cm și lățimi de lucru pe trupiță de până la $50 \div 55$ cm.

6. Simularea procesului de solicitare a lamelelor cormanei în condiții de laborator fără ca acestea să se interacționeze cu solul este greu de realizat sau chiar imposibil de evidențiat adevăratele solicitări dat fiind domeniul de variație a parametrilor acestui proces în limitele mult prea largi pentru a putea fi simulat cât de cât apropiată de realitate în condiții statice de laborator.
7. Stabilirea tensiunilor ce se dezvoltă în secțiunile consecutive ale lamelelor, urmărind traseul de deplasare al brazdei, în vederea optimizării - proiectării acestora, reprezintă un fenomen ce evidențiază mult mai multe aspecte decât studierea factorilor care determină zonele de uzură maximă.
8. Ne exprimăm convingerea că punând la dispoziția proiectanților evoluția câmpurilor de tensiuni specifice diverselor situații a evoluției parametrilor procesului de arat, alături de cunoașterea zonelor de uzură maximă, se creează condiții de optimizare reală a proiectării unor astfel de cormane care să fie adaptabile și fiabile.
9. Studiile proprii asupra diverselor categorii de materiale, proprii a fi utilizate în construcția cormanelor lamelare, evidențiază reale rezerve tehnico-economice existente în țara noastră în vederea definitivării unui material indigen ce răspunde în mod optimizat cerințelor pentru această destinație, evitând importul unor astfel de materiale foarte scumpe.
10. Experiența în domeniul obținerii de materiale competitive pentru utilajele care acționează într-un mod sau altul asupra solului, pusă în evidență de specialiștii de la Laboratorul "POLYVAC" din cadrul S.C. U.M. Timișoara, este deosebit de încurajator în vederea asimilării într-un viitor apropiat a materialului C₆₉₀ drept material pentru confecționarea cormanelor de orice tip. Pe această linie considerăm că se înscriu și eforturile specialiștilor de la S.C. SEMBRAZ" Sibiu, care au realizat prin cercetările lor proprii materialul OL52A și care constituie materialul de bază din care se confecționează cormanele realizate de această firmă.
11. Din studiile efectuate în direcția distribuției tensiunilor pe suprafața de lucru a cormanelor lamelare se pot generaliza următoarele:
 - ❖ Stadiul de dezvoltare actual al nivelului științific și tehnic permite utilizarea Metodei Elementului Finit ca metodă teoretică fundamentală a determinării distribuției tensiunilor pe o astfel de suprafață iar în contextul valorificării potențialului oferit de programul COSMOS/M în acest domeniu, modelarea câmpurilor de tensiuni a devenit o certitudine, cunoașterea teoretică a distribuției tensiunilor fiind de un folos incontestabil în aprecierea evoluției acestui proces evidențiat pe cale experimentală în teren;
 - ❖ Cercetările efectuate cu această ocazie au evidențiat că pentru determinarea experimentală a tensiunilor pe suprafața unei cormane lamelare în condiții de teren se poate folosi cu succes metoda

electrotensometrică, tehnica în domeniu realizând timbre tensometrice de o asemenea finețe încât se pot evidenția și cele mai mici tensiuni.

12. Studiile teoretice și respectiv experimentale asupra distribuției tensiunilor pe suprafața cormanei de tip lamelar au evidențiat că zonele cele mai solicitate ale lamelelor cormanei sunt cele de încastrare a acestora pe bârsă și respectiv pe suportii posteriori de sprijin ca urmare a faptului că, în afara tensiunilor rezultate din procesul de lucru, în aceste zone apar și tensiunile generate de șuruburile de îmbinare care implicit devin concentratori de tensiuni.
13. Cercetările au evidențiat că plugurile echipate cu cormane lamelare lucrează la o dinamică de solicitare mult superioară plugurilor cu cormane obișnuite (viteza de lucru poate atinge 10 [km/h]), motiv pentru care grosimea totală a straturilor din structura lamelelor trebuie să fie mai mare decât la cormanele obișnuite (grosimea crește de la 7 [mm] la 10 ÷ 12 [mm]).

CONTRIBUȚII PERSONALE

Efectuarea în premieră în țara noastră a unei astfel de cercetări, gradul ridicat de dificultate al cercetării în explorarea câmpului real de tensiuni, au ridicat în fața autorului multiple dificultăți, dar i-au oferit și posibilitatea aducerii în premieră a unor contribuții teoretice și experimentale pe această temă neabordată încă în mod substanțial, concret și complet, nici pe plan național și nici peste hotare.

A. Contribuții teoretice

Dintre contribuțiile teoretice aduse de autor cu ocazia elaborării acestei teze de doctorat se precizează în mod deosebit următoarele:

A.1. A fost realizat pentru prima dată în țară un studiu critic asupra principalelor tipuri de cormane lamelare elaborate în țară și peste hotare, evidențiindu-se cu această ocazie principalele direcții de diferențiere între ele

A.2. S-a elaborat un model teoretic pentru studiul cinematicii brazdei în procesul de răsturnare, în cazul plugurilor cu cormane lamelare.

A.3. Autorul și-a adus contribuția la definitivarea unor metode folosite pentru exprimarea analitică a mișcării stratului de sol pe suprafața de lucru a cormanei lamelare, pentru studiul traiectoriei brazdei pe suprafața de lucru a cormanei lamelare ca și pentru exprimarea pe cale analitică a rezistenței opuse datorită mișcării stratului de sol pe suprafața de lucru a cormanei lamelare.

A.4. Studiile teoretice efectuate de autor în domeniul materialelor utilizate la cormanele plugurilor mecanice i-au permis o sistematizare, în premieră pentru literatura noastră de specialitate, a caracteristicilor de bază și a particularităților tehnologice de fabricație.

A.5. S-a găsit un procedeu de modelare a stării de tensiune și deformație în cazul trupițelor cu cormane lamelare, utilizând metodele numerice de calcul, respectiv programul cu element finit COSMOS/M.

A.6. S-a efectuat studiul analitic a tensiunilor ce acționează pe cormana lamelară a plugului.

A.7. S-au efectuat studii aprofundate asupra direcțiilor și limitelor de evoluție a geometriei și parametrilor ce caracterizează această geometrie la un număr mare de cormane lamelare, evidențiindu-se în final faptul că, variantele cele mai performante au legi de evoluție a unghiurilor caracteristice diferite de cele ale cormanelor pline, lucru ce le permite să realizeze arături la viteze mărite și cu performanțe tehnologice mult superioare celor realizate cu cormanele obișnuite.

A.8. A fost efectuat un studiu amplu asupra posibilităților de adaptare a Metodei Elementului Finit la determinarea distribuției tensiunilor pe suprafața organelor de lucru și definitivat în urma acestui studiu a suportului matematic folosit pentru aplicarea în cazul particular al cormanelor lamelare.

B. Contributii experimentale.

B.1. În domeniul cercetărilor experimentale autorul are contribuții personale atât în faza de laborator cât și în încercările experimentale în teren.

B.2. Prin cercetările de laborator autorul a definitivat particularitățile geometrice a trei tipuri de cormane lamelare, dintre care 2 indigene și una de peste hotare (cormana firmei germane LEMKEN).

B.3. S-au efectuat studii și cercetări aprofundate asupra caracteristicilor materialelor, a compoziției chimice, a structurii metalografice și s-au definitivat în urma acestui studiu concluzii ferme privind perspectiva utilizării materialelor în fabricarea cormanelor lamelare.

B.4. S-au efectuat studii foarte atente asupra materialelor existente în literatura de specialitate privind alegere metodicii experimentate, a mijloacelor de evidențiere a câmpului de tensiuni și a metodologiei folosite pentru ridicarea datelor primare în condiții de experiment în câmp.

B.5. Din studiul critic efectuat asupra metodelor folosite până acum autorul a definitivat schema repartiției traductoarelor pe suprafața de lucru a cormanelor, tipul și caracteristicile traductoarelor utilizate pentru a se obține finețea dorită a cercetărilor precum și stabilirea minimului aparaturii, tehnică și materială, necesare acestui experiment.

B.6. În domeniul metodicii experimentale se consideră drept originale pentru efectuarea încercărilor în teren, natura și structura agregatului utilizat, valorile parametrilor la care a fost reglat plugul pentru ca rezultatele experimentale să fie concludente.

B.7. În domeniul prelucrării rezultatelor experimentale, pentru a evidenția măsura concordanței dintre rezultatele teoretice obținute cu ajutorul programului

"COSMOS/M" și cele experimentale obținute în teren, autorul a introdus un parametru adimensional pe care la numit "**coeficient de dinamicitate**".

B.8. Rezultatele măsurătorilor pun în evidență valabilitatea concluziilor constructorilor unor firme prestigioase de peste hotare care realizează mai nou cormane lamelare în variante ce permit inversarea după o anumită perioadă de lucru a lamelei superioare, proiectată astfel încât profilul ei să satisfacă cerințele inversării și refacere a parametrilor inițiali ai suprafeței de alunecare a brazdei.

B.9. Pentru optimizarea proiectării secțiunii fiecărei lamele este necesar și suficient să se ia în considerare tensiunile stabilite cu ajutorul programului "COSMOS/M" în zonele de încastrare deoarece valorile lor sunt cele mai mari în distribuția câmpului de tensiuni de-alungul lamelelor, depășind cele mai mari valori determinate experimental.

RECOMANDĂRI

1. Studiile și cercetările efectuate pot reprezenta un suport sigur pentru echiparea în perspectivă cu cormane lamelare și a plugurilor fabricate de firmele constructoare din țara noastră.

2. Pentru zonele agricole din țara noastră, în care se întâlnesc frecvent excese sau lipsă de umiditate, plugurile indigene pot fi echipate exclusiv cu cormane lamelare.

3. Pentru zonele cu soluri a căror rezistență specifică la arat se încadrează în limitele $0,6 \div 0,8$ [daN/cm²], plugurile pot fi echipate și livrate la cerere cu cormane cu echipament dublu, cormanele lamelare permițându-le să lucreze la viteze mărite în condiții de economicitate ridicată.

4. Considerăm că merită să se realizeze un prototip de plug cu cormane lamelare drepte, confecționate din materialul C₆₉₀, care să fie supus de către I.N.M.A. București încercărilor de omologare în vederea realizării și în țara noastră a unui model de trupiță cu cormană lamelară fiabilă și care să permită depășirea odată pentru totdeauna a actualei bariere de viteză la care se mai lucrează încă cu plugurile din țara noastră.

PROGRAM - CORMANĂ LAMELARĂ "LEMKEN" - TIP BS42 - "COSMOS"

C*

C*Problem : **Lamellar mouldboard 30-35** Date : 6-29-100 Time : 9:53: 8

C*

PT,1,0,850,0,
PT,2,-487,437,0,
PT,3,-133,758,0,
PT,4,-225,850,90,
PT,5,-335,763,90,
PT,6,-631,486,90,
PT,7,-473,634,90,
PT,8,-305,850,129,
PT,9,-364,850,187,
PT,10,-405,852,273,
PT,11,-458,801,223,
PT,12,-484,700,132,
PT,13,-443.8,826,247,
PT,14,-771,527,460,
PT,15,-737,525,502,
PT,16,-430.5,840.4,262,
PT,17,-414.8,849.2,271.5,
PT,18,-472.5,760,186,
PT,19,-942,385,430,
PT,20,-919,398,480,
PT,21,-458.5,800,222,
PT,22,-468.5,774.5,198,
PT,23,-463,789,212,
PT,24,-484.9,686,120,
PT,25,-1187,185,431,
PT,26,-1162,190,480,
PT,27,-479.2,732,160,
PT,28,-483.9,699.5,132,
PT,29,-481.5,718.5,148,
PT,30,-1174,250,219,
PT,31,-1260,163,302,
PT,32,-1241,170,355,
PT,33,-485,672.8,110,
PT,34,-1136,239,321,
PT,35,-1147,242.4,290,
PT,36,-1164,247,246,
PT,37,-670,550,170,
PT,38,-650.5,518,130,
PT,39,-639,499,106,
PT,40,-484.5,665,104,
PT,41,-482.6,653,96,
PT,42,-1246.5,168,340,
PT,43,-1254,165.2,319,
PT,44,-235,788,68,
PT,45,-200,805,54,
PT,46,-339,738,68,
PT,47,-439,645,68,

PT, 48, -535, 551, 68,
PT, 49, -324, 810, 108,
PT, 50, -443, 700, 108,
PT, 51, -439, 810, 205,
PT, 52, -445, 820, 275,
PT, 53, -740, 543, 470,
PT, 54, -586, 760, 215,
PT, 55, -912, 411, 442,
PT, 56, -507, 691, 150,
PT, 57, -1065, 273, 405,
PT, 58, -500, 637, 102,
PT, 59, -560, 580, 102,
PT, 60, -1142, 258, 276,
CRLINE, 1, 1, 3,
CRLINE, 2, 3, 2,
CRLINE, 3, 1, 4,
CRLINE, 4, 3, 5,
CRLINE, 5, 2, 6,
CRLINE, 6, 4, 5,
CRLINE, 7, 5, 6,
CR4PT, 8, 4, 8, 9, 10,
CR4PT, 9, 10, 11, 12, 7,
CRLINE, 10, 7, 5,
CRLINE, 11, 13, 14,
CRLINE, 12, 14, 15,
CRLINE, 13, 15, 10,
CR4PT, 14, 10, 17, 16, 13,
CRLINE, 15, 18, 19,
CRLINE, 16, 19, 20,
CRLINE, 17, 20, 21,
CR4PT, 18, 21, 23, 22, 18,
CRLINE, 19, 24, 25,
CRLINE, 20, 25, 26,
CRLINE, 21, 26, 27,
CR4PT, 22, 27, 29, 28, 24,
CRLINE, 23, 6, 30,
CRLINE, 24, 30, 31,
CRLINE, 25, 31, 32,
CRLINE, 26, 32, 34,
CRLINE, 27, 34, 37,
CRLINE, 28, 37, 33,
CR4PT, 29, 33, 40, 41, 7,
CR4PT, 30, 34, 35, 36, 30,
CR4PT, 31, 37, 38, 39, 6,
CRLINE, 32, 7, 6,
SCALE, 0,
VIEW, 0, 1, 0,
SF4CR, 1, 1, 3, 6, 4, 0,
SF4CR, 2, 4, 7, 5, 2, 0,
SF4CR, 3, 8, 9, 10, 6, 0,
SF4CR, 4, 11, 12, 13, 14, 0,
SF4CR, 5, 15, 16, 17, 18, 0,
SF4CR, 6, 19, 20, 21, 22, 0,
SF4CR, 7, 24, 25, 26, 30, 0,
SF4CR, 8, 23, 30, 27, 31, 0,

```

SF4CR,9,28,29,32,31,0,
MPROP,1,EX,2.1E5,
MPROP,1,NUXY,.3,
RCONST,1,1,1,1,10,
EGROUP,1,SHELL3,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,
M_SF,1,1,1,3,4,5,1,1,
M_SF,2,2,1,3,5,8,1,1,
M_SF,3,3,1,3,8,8,1,1,
M_SF,4,4,1,3,14,2,1,1,
M_SF,5,5,1,3,18,2,1,1,
M_SF,6,6,1,3,24,2,1,1,
M_SF,7,7,1,3,4,4,1,1,
M_SF,8,8,1,3,12,4,1,1,
M_SF,9,9,1,3,8,4,1,1,
NMERGE,1,477,1,0.0001,0,1,0,
DND,18,ALL,0,18,1,
DND,23,ALL,0,23,1,
DND,38,ALL,0,38,1,
DND,56,ALL,0,56,1,
DND,68,ALL,0,68,1,
DND,118,ALL,0,118,1,
DND,141,ALL,0,141,1,
DND,104,ALL,0,104,1,
DND,182,ALL,0,182,1,
DND,194,ALL,0,194,1,
DND,231,ALL,0,231,1,
DND,247,ALL,0,247,1,
DND,297,ALL,0,297,1,
DND,316,ALL,0,316,1,
DND,357,ALL,0,357,1,
DND,464,ALL,0,464,1,
DND,461,ALL,0,461,1,


---


FND,1,ALL,-166,1,1,
FND,31,ALL,-90,84,1,
FND,85,ALL,-40,165,1,
FND,166,ALL,-78,210,1, - VARIANTA I-a ( a = 30 [ cm ] )
FND,211,ALL,-97,267,1,
FND,268,ALL,-50,342,1,
FND,343,ALL,-48,476,1,


---


FND,1,ALL,-500,1,1,
FND,31,ALL,-93,84,1,
FND,85,ALL,-60,165,1,
FND,166,ALL,-195,210,1, - VARIANTA II-a ( a = 35 [ cm ] )
FND,211,ALL,-120,267,1,
FND,268,ALL,-55,342,1,
FND,343,ALL,-55,476,1,


---



```

```

*****
*****
*
*
*           C O S M O S / M
*
*           VERSION:   1.60
*
*           DISTRIBUTED BY:
*
*           STRUCTURAL RESEARCH AND ANALYSIS CORPORATION
*
*           1661 LINCOLN BLVD. #200
*
*           SANTA MONICA, CALIFORNIA 90404
*
*           TEL. NO. (213) 452-2158
*
*           COPYRIGHT 1988 S. R. A. C.
*
*****
*****

```

DATE: 9/14/2000 TIME: 0:13:11

TITLE : LAMELLAR MOULDBOARD 30

SUBTITLE : ANALIZA STATICĂ A TENSIUNILOR

C O N T R O L I N F O R M A T I O N

```

NUMBER OF LOAD CASES . . . . . (NLCASE) = 1
SOLUTION MODE . . . . . (MODEX) = 0
EQ. 0, STATIC ANALYSIS
EQ. 1, BUCKLING ANALYSIS
EQ. 2, DYNAMIC ANALYSIS
THERMAL LOADING FLAG . . . . . (ITHERM) = 0
EQ. 0, NO THERMAL EFFECTS CONSIDERED
EQ. 1, ADD TEMPERATURE EFFECT
GRAVITY LOADING FLAG . . . . . (IGRAV) = 0
EQ. 0, NO GRAVITY LOADING CONSIDERED
EQ. 1, ADD GRAVITY LOADING EFFECT
CENTRIFUGAL LOADING FLAG . . . . . (ICNTRF) = 0
EQ. 0, NO CENTRIFUGAL LOADING CONSIDERED
EQ. 1, ADD CENTRIFUGAL LOADING EFFECT
IN-PLANE STIFFENING FLAG . . . . . (INPLN) = 0
EQ. 0, NO IN-PLANE EFFECTS CONSIDERED
EQ. 1, IN-PLANE EFFECTS CONSIDERED
SOFT SPRING ADDITION FLAG . . . . . (ISOFT) = 0
EQ. 0, NO SOFT SPRING OPTION
EQ. 1, SOFT SPRING ADDED

SAVE DECOMPOSED STIFFNESS MATRIX FLAG . . . (ISAVK) = 0
EQ. 0, DO NOT SAVE DECOMPOSED K
EQ. 1, SAVE DECOMPOSED K
FORM STIFFNESS MATRIX FLAG . . . . . (IFORMK) = 0
EQ. 0, FORM STIFFNESS MATRIX

```

EQ. 1, USE EXIST DECOMPOSED STIFFNESS MATRIX

T O T A L S Y S T E M D A T A

NUMBER OF EQUATIONS (NEQ) = 2616
 NUMBER OF MATRIX ELEMENTS (NWK) = 124284
 MAXIMUM HALF BANDWIDTH (MK) = 144
 MEAN HALF BANDWIDTH (MM) = 47
 NUMBER OF ELEMENTS. (NUME) = 664
 NUMBER OF NODAL POINTS. (NUMNP) = 453
 SIZE OF EACH BLOCK. (MTBLK) = 8000
 NUMBER OF BLOCKS. (NBLK) = 16

MAXIMUM DIAGONAL STIFFNESS MATRIX VALUE = .273864E+10
 MINIMUM DIAGONAL STIFFNESS MATRIX VALUE = .554710E+06

LOAD CASE NUMBER. = 1

TOTAL STRAIN ENERGY = .467871E+04

D I S P L A C E M E N T S

NODE	X-DISPL.	Y-DISPL.	Z-DISPL.	XX-ROT.	YY-ROT.	ZZ-ROT.
1	-.20048	.26605	-.51173	-5.43316E-04	4.82619E-03	
2	-.14274	.18494	-.35367	-4.98583E-04	3.95251E-03	
3	-9.47881E-02	.11852	-.22674	-4.22722E-04	3.04866E-03	
4	-5.81582E-02	6.86066E-02	-.13210	-2.61935E-04	2.16550E-03	
5	-3.44237E-02	3.70843E-02	-7.18911E-02	-1.52649E-05	1.26571E-03	
6	-.12260	.16514	-.31483	-1.35214E-04	3.89308E-03	
7	-8.03086E-02	.10513	-.20048	-1.18227E-04	3.01877E-03	
8	-4.75400E-02	5.95967E-02	-.11433	-4.33197E-05	2.20423E-03	
9	-2.56923E-02	2.96550E-02	-5.74856E-02	1.32425E-04	1.39952E-03	
10	-1.56037E-02	1.61105E-02	-3.06551E-02	3.69746E-04	7.00677E-04	
11	-6.28793E-02	8.48609E-02	-.16244	1.68240E-04	2.85115E-03	
12	-3.49371E-02	4.58224E-02	-8.83967E-02	1.07571E-04	2.07424E-03	
13	-1.52910E-02	1.87333E-02	-3.67195E-02	1.20734E-04	1.37776E-03	
14	-6.82612E-03	7.05414E-03	-1.39153E-02	3.04113E-04	5.53359E-04	
15	-5.75899E-03	5.51054E-03	-9.99930E-03	4.43879E-04	2.74144E-04	
16	-2.19687E-02	2.99757E-02	-5.83494E-02	1.55761E-04	1.74026E-03	
17	-6.79311E-03	9.33664E-03	-1.84791E-02	2.56960E-05	1.05668E-03	
18	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000	

442	-4.01931E-03	1.52021E-03	-2.08652E-03	-1.02661E-04	7.10936E-05	
9.22068E-05						
443	-2.06018E-03	-6.40212E-04	-9.18883E-05	-7.27832E-05	4.95323E-05	
7.58997E-05						
444	-1.61310E-03	-1.89521E-03	1.61859E-03	-8.87742E-05	8.64377E-06	-
9.96093E-06						
445	-3.65558E-03	-1.69808E-03	5.65694E-04	-7.03207E-05	-2.16717E-04	-
1.22233E-04						
446	-1.02003E-02	1.84734E-03	-8.20172E-03	-4.04586E-05	-7.52842E-04	-
4.23774E-04						
447	-2.63301E-02	1.32707E-02	-3.44429E-02	2.22644E-04	-1.41478E-03	-
8.71619E-04						
448	-5.11272E-02	3.28105E-02	-7.54249E-02	4.28236E-04	-1.79897E-03	-
1.15309E-03						
449	-8.02004E-02	5.65825E-02	-.12329	4.99566E-04	-1.91609E-03	-
1.20764E-03						
451	-3.25880E-03	1.23641E-03	-1.54970E-03	-8.83431E-05	7.99448E-05	
9.78931E-05						
452	-1.28391E-03	-7.23709E-04	1.74381E-04	-5.55471E-05	5.34612E-05	
7.32549E-05						
453	-5.94077E-04	-1.87193E-03	2.08460E-03	-7.50915E-05	1.66057E-05	
3.70684E-06						
454	-9.03597E-04	-1.75964E-03	1.73329E-03	-6.47651E-05	-2.14055E-04	-
9.06493E-05						
455	-3.40737E-03	6.24915E-04	-3.63225E-03	-6.83606E-05	-6.04051E-04	-
3.06005E-04						
456	-1.56597E-02	1.12508E-02	-2.81252E-02	2.68873E-04	-1.38366E-03	-
8.30249E-04						
457	-3.77759E-02	3.05200E-02	-6.77238E-02	4.92831E-04	-1.76423E-03	-
1.15420E-03						
458	-6.43900E-02	5.38069E-02	-.11382	5.47303E-04	-1.87436E-03	-
1.21980E-03						
460	-1.94805E-03	1.27211E-03	-1.26389E-03	-4.87085E-05	6.84702E-05	
7.46447E-05						
461	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000	
.00000						
462	3.19175E-04	-1.51808E-03	2.43284E-03	-7.59787E-05	4.77902E-05	
1.95132E-05						
463	6.85301E-04	-1.64237E-03	2.61750E-03	-3.44642E-05	-9.50139E-05	-
4.37051E-05						
464	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000	
.00000						
465	-9.02271E-03	1.00361E-02	-2.38994E-02	3.93327E-04	-1.33083E-03	-
8.37017E-04						
466	-2.93587E-02	2.92914E-02	-6.29187E-02	5.04858E-04	-1.73239E-03	-
1.14767E-03						
467	-5.42335E-02	5.25089E-02	-.10809	5.71492E-04	-1.84079E-03	-
1.23708E-03						
470	2.39457E-04	-3.47147E-05	3.52739E-04	-8.73425E-05	6.83095E-05	
1.45329E-05						
471	9.56645E-04	-1.29714E-03	3.28514E-03	-9.50725E-05	6.27209E-05	
4.04684E-05						
472	1.62468E-03	-2.02985E-03	4.66050E-03	-1.22631E-04	-1.08093E-04	-
2.31219E-05						
473	8.34306E-04	-2.75238E-04	8.17636E-04	1.19353E-04	-3.41657E-04	-
1.78345E-04						
474	-6.56506E-03	7.61007E-03	-1.87460E-02	2.36590E-04	-1.37153E-03	-
8.30605E-04						
475	-2.46345E-02	2.69320E-02	-5.74685E-02	4.79072E-04	-1.74204E-03	-
1.17809E-03						

476 -4.70835E-02 5.12287E-02 -.10317 5.83594E-04 -1.83837E-03 -
 1.26707E-03

S O L U T I O N T I M E L O G I N S E C
 FOR PROBLEM

TIME FOR INPUT PHASE = 1
 TIME FOR CALCULATION OF STRUCTURE STIFFNESS MATRIX = 1
 TRIANGULARIZATION OF STIFFNESS MATRIX = 1
 TIME FOR LOAD CASE SOLUTIONS = 0
 T O T A L S O L U T I O N T I M E = 3

S T R E S S E V A L U A T I O N F O R S T A T I C A N A L Y S I S
 STRESS OUTPUT FOR ELEMENT GROUP 1 CASE NO. 1

ELEMENT NUMBER= 1

CNTR FRC	MX	MY	MX Y	VX	VY	NX	NY
(ECS:-1)	-4.23E+02	8.31E+01	1.77E+01	0.00E+00	0.00E+00	4.52E+00	2.40E+00
1.63E+01							
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	-2.490E+01	5.227E+00	2.692E+00	0.000E+00	0.000E+00	2.82743E+01	
(STRAIN)	-1.261E-04	6.047E-05	3.333E-05	0.000E+00	0.000E+00		
BOT	2.581E+01	-4.748E+00	5.644E-01	0.000E+00	0.000E+00	2.84975E+01	
(STRAIN)	1.297E-04	-5.948E-05	6.988E-06	0.000E+00	0.000E+00		

ELEMENT NUMBER= 2

CNTR FRC	MX	MY	MX Y	VX	VY	NX	NY
(ECS:-1)	-3.73E+02	7.01E+00	-1.55E+02	0.00E+00	0.00E+00	-4.00E+01	9.06E+00
1.79E+01							
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	-2.638E+01	1.326E+00	-7.541E+00	0.000E+00	0.000E+00	3.00568E+01	
(STRAIN)	-1.275E-04	4.401E-05	-9.337E-05	0.000E+00	0.000E+00		
BOT	1.839E+01	4.848E-01	1.112E+01	0.000E+00	0.000E+00	2.64601E+01	
(STRAIN)	8.686E-05	-2.396E-05	1.376E-04	0.000E+00	0.000E+00		

ELEMENT NUMBER= 3

CNTR FRC	MX	MY	MX Y	VX	VY	NX	NY
(ECS:-1)	-4.41E+02	1.97E+01	2.75E+01	0.00E+00	0.00E+00	-2.65E+01	-3.06E+00
1.37E+00							
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	-2.912E+01	8.786E-01	1.785E+00	0.000E+00	0.000E+00	2.97311E+01	
(STRAIN)	-1.399E-04	4.579E-05	2.210E-05	0.000E+00	0.000E+00		
BOT	2.382E+01	-1.491E+00	-1.511E+00	0.000E+00	0.000E+00	2.47401E+01	
(STRAIN)	1.156E-04	-4.113E-05	-1.870E-05	0.000E+00	0.000E+00		

ELEMENT NUMBER= 4

CNTR FRC	MX	MY	MX Y	VX	VY	NX	NY
(ECS:-1)	-3.86E+02	6.56E-01	-1.46E+02	0.00E+00	0.00E+00	-6.22E+01	8.01E+00
1.16E+01							
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	-2.938E+01	8.402E-01	-7.575E+00	0.000E+00	0.000E+00	3.25641E+01	
(STRAIN)	-1.411E-04	4.597E-05	-9.379E-05	0.000E+00	0.000E+00		
BOT	1.693E+01	7.614E-01	9.900E+00	0.000E+00	0.000E+00	2.38364E+01	
(STRAIN)	7.951E-05	-2.055E-05	1.226E-04	0.000E+00	0.000E+00		

ELEMENT NUMBER= 5

CNTR FRC	MX	MY	MXY	VX	VY	NX	NY
NXY							
(ECS:-1)	-4.57E+02	-3.59E+01	5.10E+01	0.00E+00	0.00E+00	-3.80E+01	3.79E-01
8.48E-01							
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	-3.125E+01	-2.113E+00	3.147E+00	0.000E+00	0.000E+00	3.07349E+01	
(STRAIN)	-1.458E-04	3.458E-05	3.896E-05	0.000E+00	0.000E+00		
BOT	2.365E+01	2.189E+00	-2.977E+00	0.000E+00	0.000E+00	2.32160E+01	
(STRAIN)	1.095E-04	-2.336E-05	-3.686E-05	0.000E+00	0.000E+00		

ELEMENT NUMBER= 6

CNTR FRC	MX	MY	MXY	VX	VY	NX	NY
NXY							
(ECS:-1)	-4.13E+02	-2.13E+01	-1.17E+02	0.00E+00	0.00E+00	-6.87E+01	6.75E+00
5.38E+00							
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	-3.166E+01	-6.026E-01	-6.452E+00	0.000E+00	0.000E+00	3.32907E+01	
(STRAIN)	-1.499E-04	4.235E-05	-7.989E-05	0.000E+00	0.000E+00		
BOT	1.791E+01	1.953E+00	7.528E+00	0.000E+00	0.000E+00	2.14417E+01	
(STRAIN)	8.251E-05	-1.629E-05	9.321E-05	0.000E+00	0.000E+00		

ELEMENT NUMBER= 7

CNTR FRC	MX	MY	MXY	VX	VY	NX	NY
NXY							
(ECS:-1)	-4.48E+02	-4.71E+01	7.51E+01	0.00E+00	0.00E+00	-4.25E+01	1.24E+01
-2.17E+00							
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	-3.110E+01	-1.584E+00	4.289E+00	0.000E+00	0.000E+00	3.12357E+01	
(STRAIN)	-1.458E-04	3.689E-05	5.311E-05	0.000E+00	0.000E+00		
BOT	2.260E+01	4.068E+00	-4.723E+00	0.000E+00	0.000E+00	2.24136E+01	
(STRAIN)	1.018E-04	-1.292E-05	-5.848E-05	0.000E+00	0.000E+00		

ELEMENT NUMBER= 8

CNTR FRC	MX	MY	MXY	VX	VY	NX	NY
NXY							
(ECS:-1)	-4.09E+02	-3.69E+01	-7.67E+01	0.00E+00	0.00E+00	-6.31E+01	7.03E+00
-7.32E+00							
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	-3.088E+01	-1.510E+00	-5.335E+00	0.000E+00	0.000E+00	3.15372E+01	
(STRAIN)	-1.449E-04	3.692E-05	-6.606E-05	0.000E+00	0.000E+00		
BOT	1.825E+01	2.917E+00	3.871E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.82564E+01	
(STRAIN)	8.274E-05	-1.218E-05	4.793E-05	0.000E+00	0.000E+00		

ELEMENT NUMBER= 9

CNTR FRC	MX	MY	MXY	VX	VY	NX	NY
NXY							
(ECS:-1)	-4.31E+02	5.74E+01	-1.10E+01	0.00E+00	0.00E+00	3.40E+01	-1.26E+00
1.58E+01							
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	-2.247E+01	3.319E+00	9.214E-01	0.000E+00	0.000E+00	2.43521E+01	
(STRAIN)	-1.117E-04	4.790E-05	1.141E-05	0.000E+00	0.000E+00		
BOT	2.927E+01	-3.570E+00	2.246E+00	0.000E+00	0.000E+00	3.14538E+01	
(STRAIN)	1.445E-04	-5.882E-05	2.781E-05	0.000E+00	0.000E+00		

ELEMENT NUMBER= 10

CNTR FRC	MX	MY	MXY	VX	VY	NX	NY
NXY							
(ECS:-1)	-3.87E+02	-8.50E+01	-1.63E+02	0.00E+00	0.00E+00	1.95E+01	5.90E+00
1.01E+01							
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	-2.126E+01	-4.510E+00	-8.770E+00	0.000E+00	0.000E+00	2.46428E+01	
(STRAIN)	-9.480E-05	8.898E-06	-1.086E-04	0.000E+00	0.000E+00		
BOT	2.515E+01	5.690E+00	1.079E+01	0.000E+00	0.000E+00	2.95103E+01	
(STRAIN)	1.116E-04	-8.835E-06	1.335E-04	0.000E+00	0.000E+00		

ELEMENT NUMBER= 11

CNTR FRC	MX	MY	MXY	VX	VY	NX	NY
NXY							
(ECS:-1)	-4.23E+02	-2.92E+01	-4.90E+00	0.00E+00	0.00E+00	6.73E+00	-3.88E+00
4.67E+00							
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	-2.472E+01	-2.138E+00	1.725E-01	0.000E+00	0.000E+00	2.37224E+01	
(STRAIN)	-1.146E-04	2.513E-05	2.136E-06	0.000E+00	0.000E+00		
BOT	2.606E+01	1.361E+00	7.608E-01	0.000E+00	0.000E+00	2.54440E+01	
(STRAIN)	1.222E-04	-3.075E-05	9.419E-06	0.000E+00	0.000E+00		

ELEMENT NUMBER= 12

CNTR FRC	MX	MY	MXY	VX	VY	NX	NY
NXY							
(ECS:-1)	-3.88E+02	-1.35E+02	-1.25E+02	0.00E+00	0.00E+00	-1.97E+00	6.42E+00
3.42E+00							
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	-2.346E+01	-7.448E+00	-7.160E+00	0.000E+00	0.000E+00	2.41866E+01	
(STRAIN)	-1.011E-04	-1.947E-06	-8.864E-05	0.000E+00	0.000E+00		
BOT	2.307E+01	8.731E+00	7.843E+00	0.000E+00	0.000E+00	2.43213E+01	
(STRAIN)	9.738E-05	8.619E-06	9.711E-05	0.000E+00	0.000E+00		

ELEMENT NUMBER= 13

CNTR FRC	MX	MY	MXY	VX	VY	NX	NY
NXY							
(ECS:-1)	-5.19E+02	-1.33E+02	2.47E+01	0.00E+00	0.00E+00	-2.23E+00	1.96E+01
-9.63E-03							
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	-3.134E+01	-6.015E+00	1.481E+00	0.000E+00	0.000E+00	2.89203E+01	
(STRAIN)	-1.406E-04	1.613E-05	1.833E-05	0.000E+00	0.000E+00		
BOT	3.089E+01	9.937E+00	-1.483E+00	0.000E+00	0.000E+00	2.74354E+01	
(STRAIN)	1.329E-04	3.188E-06	-1.836E-05	0.000E+00	0.000E+00		

ELEMENT NUMBER= 14

CNTR FRC	MX	MY	MXY	VX	VY	NX	NY
NXY							
(ECS:-1)	-4.37E+02	-2.03E+02	-8.23E+01	0.00E+00	0.00E+00	-8.72E+00	1.15E+01
8.38E+00							
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	-2.707E+01	-1.101E+01	-5.776E+00	0.000E+00	0.000E+00	2.56135E+01	
(STRAIN)	-1.132E-04	-1.376E-05	-7.152E-05	0.000E+00	0.000E+00		
BOT	2.533E+01	1.332E+01	4.101E+00	0.000E+00	0.000E+00	2.30632E+01	
(STRAIN)	1.016E-04	2.725E-05	5.077E-05	0.000E+00	0.000E+00		

ELEMENT NUMBER= 319

CNTR FRC	MX	MY	MXY	VX	VY	NX	NY
NXY							
(ECS:-1)	-6.19E+00	-3.63E+01	-1.86E+01	0.00E+00	0.00E+00	1.25E+02	-3.91E+00
5.07E+00							
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	1.210E+01	-2.568E+00	-6.082E-01	0.000E+00	0.000E+00	1.36042E+01	
(STRAIN)	6.127E-05	-2.951E-05	-7.530E-06	0.000E+00	0.000E+00		
BOT	1.284E+01	1.786E+00	1.621E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.23684E+01	
(STRAIN)	5.858E-05	-9.838E-06	2.008E-05	0.000E+00	0.000E+00		

ELEMENT NUMBER= 320

CNTR FRC	MX	MY	MXY	VX	VY	NX	NY
NXY							
(ECS:-1)	6.52E+00	6.12E+01	-5.27E+01	0.00E+00	0.00E+00	6.62E+02	-3.45E+01
-9.32E+01							
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	6.664E+01	2.178E-01	-1.249E+01	0.000E+00	0.000E+00	6.99555E+01	
(STRAIN)	3.170E-04	-9.416E-05	-1.546E-04	0.000E+00	0.000E+00		
BOT	6.585E+01	-7.124E+00	-6.159E+00	0.000E+00	0.000E+00	7.05017E+01	
(STRAIN)	3.238E-04	-1.280E-04	-7.625E-05	0.000E+00	0.000E+00		

ELEMENT NUMBER= 321

CNTR FRC	MX	MY	MXY	VX	VY	NX	NY
NXY							
(ECS:-1)	-1.55E+02	-1.04E+02	6.96E+01	0.00E+00	0.00E+00	1.49E+02	-1.01E+01
1.99E+00							
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	5.624E+00	-7.255E+00	4.374E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.35070E+01	
(STRAIN)	3.714E-05	-4.258E-05	5.415E-05	0.000E+00	0.000E+00		
BOT	2.418E+01	5.229E+00	-3.976E+00	0.000E+00	0.000E+00	2.30839E+01	
(STRAIN)	1.077E-04	-9.640E-06	-4.923E-05	0.000E+00	0.000E+00		

ELEMENT NUMBER= 322

CNTR FRC	MX	MY	MXY	VX	VY	NX	NY
NXY							
(ECS:-1)	-1.99E+02	5.51E+01	-5.34E+01	0.00E+00	0.00E+00	6.97E+02	-3.23E+01
-8.37E+01							
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	5.782E+01	7.661E-02	-1.157E+01	0.000E+00	0.000E+00	6.11547E+01	
(STRAIN)	2.752E-04	-8.223E-05	-1.433E-04	0.000E+00	0.000E+00		
BOT	8.168E+01	-6.539E+00	-5.163E+00	0.000E+00	0.000E+00	8.56069E+01	
(STRAIN)	3.983E-04	-1.478E-04	-6.392E-05	0.000E+00	0.000E+00		

ELEMENT NUMBER= 323

CNTR FRC	MX	MY	MXY	VX	VY	NX	NY
NXY							
(ECS:-1)	-2.96E+02	-1.61E+02	1.56E+02	0.00E+00	0.00E+00	1.67E+02	-1.91E+01
2.27E+00							
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	-1.091E+00	-1.154E+01	9.582E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.99332E+01	
(STRAIN)	1.130E-05	-5.342E-05	1.186E-04	0.000E+00	0.000E+00		
BOT	3.444E+01	7.732E+00	-9.128E+00	0.000E+00	0.000E+00	3.50663E+01	
(STRAIN)	1.530E-04	-1.238E-05	-1.130E-04	0.000E+00	0.000E+00		

ELEMENT NUMBER= 654

CNTR FRC	MX	MY	MX Y	VX	VY	NX	NY
NXY							
(ECS:-1)	7.14E+01	-1.89E+01	-4.13E+01	0.00E+00	0.00E+00	-9.43E+00	3.17E+00
	-9.25E+00						
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	3.339E+00	-8.157E-01	-3.401E+00	0.000E+00	0.000E+00	7.01696E+00	
(STRAIN)	1.706E-05	-8.654E-06	-4.211E-05	0.000E+00	0.000E+00		
BOT	-5.224E+00	1.451E+00	1.550E+00	0.000E+00	0.000E+00	6.64688E+00	
(STRAIN)	-2.695E-05	1.437E-05	1.919E-05	0.000E+00	0.000E+00		

ELEMENT NUMBER= 655

CNTR FRC	MX	MY	MX Y	VX	VY	NX	NY
NXY							
(ECS:-1)	1.23E+02	1.20E+02	-6.76E+01	0.00E+00	0.00E+00	-5.54E+01	-6.89E+00
	1.36E+01						
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	1.817E+00	6.488E+00	-2.698E+00	0.000E+00	0.000E+00	7.44600E+00	
(STRAIN)	-6.163E-07	2.830E-05	-3.340E-05	0.000E+00	0.000E+00		
BOT	-1.290E+01	-7.866E+00	5.410E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.46472E+01	
(STRAIN)	-5.017E-05	-1.904E-05	6.698E-05	0.000E+00	0.000E+00		

ELEMENT NUMBER= 656

CNTR FRC	MX	MY	MX Y	VX	VY	NX	NY
NXY							
(ECS:-1)	-4.22E+01	-2.59E+02	5.40E+01	0.00E+00	0.00E+00	-5.75E+01	2.88E+01
	-1.29E+01						
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	-8.277E+00	-1.264E+01	1.949E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.16194E+01	
(STRAIN)	-2.136E-05	-4.836E-05	2.413E-05	0.000E+00	0.000E+00		
BOT	-3.218E+00	1.839E+01	-4.531E+00	0.000E+00	0.000E+00	2.16671E+01	
(STRAIN)	-4.160E-05	9.219E-05	-5.609E-05	0.000E+00	0.000E+00		

ELEMENT NUMBER= 657

CNTR FRC	MX	MY	MX Y	VX	VY	NX	NY
NXY							
(ECS:-1)	4.85E+02	3.83E+02	-4.81E+02	0.00E+00	0.00E+00	-1.44E+01	-3.29E+01
	3.10E+01						
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	2.765E+01	1.968E+01	-2.576E+01	0.000E+00	0.000E+00	5.09762E+01	
(STRAIN)	1.036E-04	5.420E-05	-3.190E-04	0.000E+00	0.000E+00		
BOT	-3.053E+01	-2.626E+01	3.196E+01	0.000E+00	0.000E+00	6.23243E+01	
(STRAIN)	-1.079E-04	-8.142E-05	3.957E-04	0.000E+00	0.000E+00		

ELEMENT NUMBER= 658

CNTR FRC	MX	MY	MX Y	VX	VY	NX	NY
NXY							
(ECS:-1)	8.71E+02	3.96E+02	-3.76E+02	0.00E+00	0.00E+00	-1.42E+02	-2.77E+01
	5.32E+01						
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	3.807E+01	2.100E+01	-1.722E+01	0.000E+00	0.000E+00	4.44973E+01	
(STRAIN)	1.513E-04	4.563E-05	-2.132E-04	0.000E+00	0.000E+00		
BOT	-6.645E+01	-2.654E+01	2.785E+01	0.000E+00	0.000E+00	7.53910E+01	
(STRAIN)	-2.785E-04	-3.146E-05	3.448E-04	0.000E+00	0.000E+00		

ELEMENT NUMBER= 659

CNTR FRC	MX	MY	MXY	VX	VY	NX	NY
NXY							
(ECS:-1)	1.96E+02	1.14E+02	-2.02E+02	0.00E+00	0.00E+00	-2.90E+01	1.25E+01
-5.90E+00							
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	8.873E+00	8.092E+00	-1.269E+01	0.000E+00	0.000E+00	2.35636E+01	
(STRAIN)	3.069E-05	2.586E-05	-1.571E-04	0.000E+00	0.000E+00		
BOT	-1.467E+01	-5.591E+00	1.151E+01	0.000E+00	0.000E+00	2.36976E+01	
(STRAIN)	-6.187E-05	-5.666E-06	1.424E-04	0.000E+00	0.000E+00		

ELEMENT NUMBER= 660

CNTR FRC	MX	MY	MXY	VX	VY	NX	NY
NXY							
(ECS:-1)	3.33E+02	9.94E+01	-9.42E+01	0.00E+00	0.00E+00	-9.09E+01	6.98E+00
1.55E+01							
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	1.090E+01	6.661E+00	-4.106E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.18816E+01	
(STRAIN)	4.239E-05	1.615E-05	-5.084E-05	0.000E+00	0.000E+00		
BOT	-2.908E+01	-5.265E+00	7.200E+00	0.000E+00	0.000E+00	2.95899E+01	
(STRAIN)	-1.309E-04	1.647E-05	8.914E-05	0.000E+00	0.000E+00		

ELEMENT NUMBER= 661

CNTR FRC	MX	MY	MXY	VX	VY	NX	NY
NXY							
(ECS:-1)	9.15E+01	1.94E+01	-4.98E+01	0.00E+00	0.00E+00	-1.83E+01	5.18E+00
3.54E-01							
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	3.664E+00	1.680E+00	-2.950E+00	0.000E+00	0.000E+00	6.01658E+00	
(STRAIN)	1.505E-05	2.767E-06	-3.652E-05	0.000E+00	0.000E+00		
BOT	-7.318E+00	-6.438E-01	3.021E+00	0.000E+00	0.000E+00	8.75418E+00	
(STRAIN)	-3.393E-05	7.389E-06	3.740E-05	0.000E+00	0.000E+00		

ELEMENT NUMBER= 662

CNTR FRC	MX	MY	MXY	VX	VY	NX	NY
NXY							
(ECS:-1)	1.03E+02	5.72E+01	-1.07E+01	0.00E+00	0.00E+00	-4.66E+01	5.06E+00
1.32E+01							
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	1.541E+00	3.939E+00	6.729E-01	0.000E+00	0.000E+00	3.63067E+00	
(STRAIN)	1.709E-06	1.656E-05	8.331E-06	0.000E+00	0.000E+00		
BOT	-1.085E+01	-2.927E+00	1.961E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.03032E+01	
(STRAIN)	-4.751E-05	1.567E-06	2.428E-05	0.000E+00	0.000E+00		

ELEMENT NUMBER= 663

CNTR FRC	MX	MY	MXY	VX	VY	NX	NY
NXY							
(ECS:-1)	2.54E+01	-4.30E+01	4.92E+01	0.00E+00	0.00E+00	4.21E+00	2.20E+00
3.88E-01							
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	1.948E+00	-2.359E+00	2.993E+00	0.000E+00	0.000E+00	6.38899E+00	
(STRAIN)	1.265E-05	-1.401E-05	3.705E-05	0.000E+00	0.000E+00		
BOT	-1.106E+00	2.799E+00	-2.915E+00	0.000E+00	0.000E+00	6.13555E+00	
(STRAIN)	-9.265E-06	1.491E-05	-3.609E-05	0.000E+00	0.000E+00		

ELEMENT NUMBER= 664

CNTR FRC	MX	MY	MX Y	VX	VY	NX	NY
(ECS:-1)	1.56E+01	1.13E+02	1.82E+01	0.00E+00	0.00E+00	-1.38E+01	1.30E+01
1.61E+01							
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	-4.507E-01	8.082E+00	2.701E+00	0.000E+00	0.000E+00	9.54143E+00	
(STRAIN)	-1.369E-05	3.913E-05	3.343E-05	0.000E+00	0.000E+00		
BOT	-2.318E+00	-5.483E+00	5.224E-01	0.000E+00	0.000E+00	4.85277E+00	
(STRAIN)	-3.206E-06	-2.280E-05	6.468E-06	0.000E+00	0.000E+00		

SOLUTION TIME LOG IN SEC FOR STRESS CALCULATIONS

READING GENERAL INFORMATION AND ELEMENT DATA . . . =	0
STRESS CALCULATION AND PRINTOUT =	0
UPDATING DATABASE =	0
TOTAL SOLUTION TIME =	0

```

*****
*****
*
*
*           C O S M O S / M
*
*           VERSION:   1.60
*
*           DISTRIBUTED BY:
*
*           STRUCTURAL RESEARCH AND ANALYSIS CORPORATION
*
*           1661 LINCOLN BLVD. #200
*
*           SANTA MONICA, CALIFORNIA 90404
*
*           TEL. NO.   (213) 452-2158
*
*           COPYRIGHT 1988 S. R. A. C.
*
*****
*****

```

DATE: 9/13/2000 TIME: 0:12:14

TITLE : LAMELLAR MOULDBOARD 35

SUBTITLE : ANALIZA STATICA A TENSIUNILOR

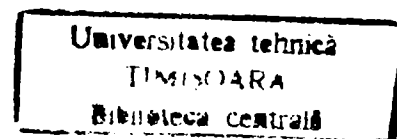
C O N T R O L I N F O R M A T I O N

```

NUMBER OF LOAD CASES . . . . . (NLCASE) = 1
SOLUTION MODE . . . . . (MODEX) = 0
  EQ. 0, STATIC ANALYSIS
  EQ. 1, BUCKLING ANALYSIS
  EQ. 2, DYNAMIC ANALYSIS
THERMAL LOADING FLAG . . . . . (ITHERM) = 0
  EQ. 0, NO THERMAL EFFECTS CONSIDERED
  EQ. 1, ADD TEMPERATURE EFFECT
GRAVITY LOADING FLAG . . . . . (IGRAV) = 0
  EQ. 0, NO GRAVITY LOADING CONSIDERED
  EQ. 1, ADD GRAVITY LOADING EFFECT
CENTRIFUGAL LOADING FLAG . . . . . (ICNTRF) = 0
  EQ. 0, NO CENTRIFUGAL LOADING CONSIDERED
  EQ. 1, ADD CENTRIFUGAL LOADING EFFECT
IN-PLANE STIFFENING FLAG . . . . . (INPLN) = 0
  EQ. 0, NO IN-PLANE EFFECTS CONSIDERED
  EQ. 1, IN-PLANE EFFECTS CONSIDERED
SOFT SPRING ADDITION FLAG . . . . . (ISOFT) = 0
  EQ. 0, NO SOFT SPRING OPTION
  EQ. 1, SOFT SPRING ADDED

SAVE DECOMPOSED STIFFNESS MATRIX FLAG . . . (ISAVK) = 0
  EQ. 0, DO NOT SAVE DECOMPOSED K
  EQ. 1, SAVE DECOMPOSED K
FORM STIFFNESS MATRIX FLAG . . . . . (IFORMK) = 0
  EQ. 0, FORM STIFFNESS MATRIX
  EQ. 1, USE EXIST DECOMPOSED STIFFNESS MATRIX

```



T O T A L S Y S T E M D A T A

NUMBER OF EQUATIONS (NEQ) = 2616
 NUMBER OF MATRIX ELEMENTS (NWK) = 124284
 MAXIMUM HALF BANDWIDTH (MK) = 144
 MEAN HALF BANDWIDTH (MM) = 47
 NUMBER OF ELEMENTS (NUME) = 664
 NUMBER OF NODAL POINTS (NUMNP) = 453
 SIZE OF EACH BLOCK (MTBLK) = 8000
 NUMBER OF BLOCKS (NBLK) = 16

MAXIMUM DIAGONAL STIFFNESS MATRIX VALUE = .273864E+10
 MINIMUM DIAGONAL STIFFNESS MATRIX VALUE = .554710E+06

LOAD CASE NUMBER = 1

TOTAL STRAIN ENERGY = .206902E+04

D I S P L A C E M E N T S

NODE	X-DISPL.	Y-DISPL.	Z-DISPL.	XX-ROT.	YY-ROT.	ZZ-ROT.
1	-6.08097E-02	7.87801E-02	-.15616	-3.43023E-05	1.52339E-03	
2	-4.41624E-02	5.54659E-02	-.10950	-2.10125E-05	1.24067E-03	
3	-3.06887E-02	3.69216E-02	-7.29200E-02	9.18004E-06	9.50051E-04	
4	-2.10198E-02	2.39281E-02	-4.71065E-02	9.84802E-05	6.70313E-04	
5	-1.59493E-02	1.74870E-02	-3.34672E-02	2.56316E-04	3.86948E-04	
6	-3.62741E-02	4.75423E-02	-9.41073E-02	9.94857E-05	1.22261E-03	
7	-2.45528E-02	3.09052E-02	-6.13901E-02	1.03259E-04	9.44516E-04	
8	-1.57895E-02	1.87671E-02	-3.74926E-02	1.37282E-04	6.96718E-04	
9	-1.06074E-02	1.17073E-02	-2.31955E-02	2.45230E-04	4.58266E-04	
10	-9.58567E-03	1.04042E-02	-1.94628E-02	4.07549E-04	2.58817E-04	
11	-1.76602E-02	2.30727E-02	-4.65795E-02	1.84425E-04	8.77563E-04	
12	-1.03633E-02	1.28651E-02	-2.63607E-02	1.53542E-04	6.45118E-04	
13	-5.34220E-03	5.98374E-03	-1.24576E-02	1.55476E-04	4.46666E-04	
14	-3.90479E-03	3.92515E-03	-7.84199E-03	2.80127E-04	2.15226E-04	
15	-5.22651E-03	5.57437E-03	-1.02109E-02	4.10637E-04	1.53323E-04	
16	-5.36710E-03	7.22814E-03	-1.53118E-02	1.18852E-04	5.04056E-04	
17	-1.71328E-03	2.25855E-03	-4.95670E-03	4.94265E-05	3.13475E-04	
18	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000	

442	-2.97463E-03	1.11624E-03	-1.55448E-03	-7.16976E-05	6.01497E-05	6.91357E-05
443	-1.47482E-03	-5.27600E-04	5.48661E-06	-5.03721E-05	4.37622E-05	5.75068E-05
444	-1.07485E-03	-1.52793E-03	1.38817E-03	-6.14546E-05	1.69239E-05	5.26788E-06
445	-2.50493E-03	-1.47960E-03	7.27844E-04	-4.35062E-05	-1.45976E-04	8.83990E-05
446	-7.24733E-03	1.02143E-03	-5.66077E-03	-1.48222E-05	-5.35848E-04	3.10955E-04
447	-1.90176E-02	9.28731E-03	-2.49700E-02	1.86973E-04	-1.01945E-03	6.41639E-04
448	-3.71879E-02	2.35467E-02	-5.52233E-02	3.49022E-04	-1.29720E-03	8.51988E-04
449	-5.85230E-02	4.09381E-02	-9.05872E-02	4.10884E-04	-1.37685E-03	8.94111E-04
451	-2.44271E-03	9.29838E-04	-1.19136E-03	-6.20148E-05	6.79379E-05	7.47694E-05
452	-9.38029E-04	-5.58525E-04	1.67562E-04	-3.84529E-05	4.51997E-05	5.53822E-05
453	-3.85757E-04	-1.45153E-03	1.67242E-03	-5.18017E-05	2.08352E-05	3.92983E-06
454	-5.81882E-04	-1.40234E-03	1.46244E-03	-4.03338E-05	-1.48213E-04	6.70290E-05
455	-2.43417E-03	3.56503E-04	-2.54391E-03	-3.73787E-05	-4.34348E-04	2.28897E-04
456	-1.14585E-02	8.18270E-03	-2.07545E-02	2.21122E-04	-1.00541E-03	6.16846E-04
457	-2.78652E-02	2.24775E-02	-5.03012E-02	4.03190E-04	-1.27861E-03	8.62702E-04
458	-4.76401E-02	3.97709E-02	-8.47020E-02	4.55447E-04	-1.34891E-03	9.12566E-04
460	-1.49060E-03	9.75964E-04	-1.03588E-03	-3.37120E-05	5.88521E-05	5.74336E-05
461	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000
462	2.47583E-04	-1.14272E-03	1.85693E-03	-5.32304E-05	4.10783E-05	1.46464E-05
463	5.27298E-04	-1.23855E-03	2.00398E-03	-1.95173E-05	-6.51841E-05	3.39449E-05
464	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000
465	-6.77034E-03	7.55496E-03	-1.80012E-02	3.20045E-04	-9.76069E-04	6.32073E-04
466	-2.20604E-02	2.20432E-02	-4.73901E-02	4.19442E-04	-1.26110E-03	8.67185E-04
467	-4.07616E-02	3.95021E-02	-8.13716E-02	4.83832E-04	-1.32641E-03	9.34855E-04
470	1.68276E-04	-1.74381E-05	2.19683E-04	-6.43438E-05	5.43842E-05	1.16398E-05
471	6.99722E-04	-9.53119E-04	2.39589E-03	-6.66052E-05	5.09451E-05	3.00019E-05
472	1.19759E-03	-1.49748E-03	3.42828E-03	-8.93478E-05	-7.72204E-05	1.78066E-05
473	5.74106E-04	-1.47983E-04	4.57496E-04	1.04692E-04	-2.56636E-04	1.39864E-04
474	-5.16444E-03	5.95073E-03	-1.46277E-02	2.12279E-04	-1.01382E-03	6.35421E-04
475	-1.89406E-02	2.06672E-02	-4.40117E-02	4.08637E-04	-1.27402E-03	8.98302E-04

476 -3.60239E-02 3.91473E-02 -7.85717E-02 5.02792E-04 -1.32776E-03 -
9.65860E-04

S O L U T I O N T I M E L O G I N S E C
FOR PROBLEM

TIME FOR INPUT PHASE = 0
TIME FOR CALCULATION OF STRUCTURE STIFFNESS MATRIX = 0
TRIANGULARIZATION OF STIFFNESS MATRIX = 0
TIME FOR LOAD CASE SOLUTIONS = 0
T O T A L S O L U T I O N T I M E = 0

S T R E S S E V A L U A T I O N F O R S T A T I C A N A L Y S I S

STRESS OUTPUT FOR ELEMENT GROUP 1 CASE NO. 1

ELEMENT NUMBER= 1

CNTR FRC	MX	MY	MX Y	VX	VY	NX	NY
(ECS:-1)	-1.34E+02	2.88E+01	5.81E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.46E+00	4.94E-01
5.29E+00							
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	-7.918E+00	1.776E+00	8.771E-01	0.000E+00	0.000E+00	9.06764E+00	
BOT	8.211E+00	-1.677E+00	1.803E-01	0.000E+00	0.000E+00	9.17068E+00	

ELEMENT NUMBER= 2

CNTR FRC	MX	MY	MX Y	VX	VY	NX	NY
(ECS:-1)	-1.18E+02	4.51E+00	-5.00E+01	0.00E+00	0.00E+00	-1.28E+01	2.82E+00
5.86E+00							
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	-8.392E+00	5.526E-01	-2.417E+00	0.000E+00	0.000E+00	9.63834E+00	
BOT	5.825E+00	1.132E-02	3.588E+00	0.000E+00	0.000E+00	8.51460E+00	

ELEMENT NUMBER= 3

CNTR FRC	MX	MY	MX Y	VX	VY	NX	NY
(ECS:-1)	-1.39E+02	-4.34E-01	1.09E+01	0.00E+00	0.00E+00	-8.61E+00	-1.02E+00
6.03E-01							
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	-9.228E+00	-1.285E-01	7.125E-01	0.000E+00	0.000E+00	9.24698E+00	
BOT	7.506E+00	-7.637E-02	-5.920E-01	0.000E+00	0.000E+00	7.61341E+00	

ELEMENT NUMBER= 4

CNTR FRC	MX	MY	MX Y	VX	VY	NX	NY
(ECS:-1)	-1.22E+02	4.16E+00	-4.37E+01	0.00E+00	0.00E+00	-2.02E+01	2.47E+00
3.88E+00							
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	-9.322E+00	4.969E-01	-2.233E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.03309E+01	
BOT	5.276E+00	-2.182E-03	3.008E+00	0.000E+00	0.000E+00	7.41605E+00	

ELEMENT NUMBER= 5

CNTR FRC	MX	MY	MXY	VX	VY	NX	NY
NXY							
(ECS:-1)	-1.51E+02	-4.31E+01	2.67E+01	0.00E+00	0.00E+00	-1.20E+01	3.59E-01
	-2.01E-03						
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	-1.026E+01	-2.552E+00	1.601E+00	0.000E+00	0.000E+00	9.66248E+00	
BOT	7.867E+00	2.624E+00	-1.601E+00	0.000E+00	0.000E+00	7.47144E+00	

ELEMENT NUMBER= 6

CNTR FRC	MX	MY	MXY	VX	VY	NX	NY
NXY							
(ECS:-1)	-1.40E+02	-7.04E+00	-2.47E+01	0.00E+00	0.00E+00	-2.23E+01	1.97E+00
	1.85E+00						
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	-1.060E+01	-2.253E-01	-1.299E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.07277E+01	
BOT	6.146E+00	6.197E-01	1.669E+00	0.000E+00	0.000E+00	6.53509E+00	

ELEMENT NUMBER= 7

CNTR FRC	MX	MY	MXY	VX	VY	NX	NY
NXY							
(ECS:-1)	-1.51E+02	-5.95E+01	4.37E+01	0.00E+00	0.00E+00	-1.20E+01	6.39E+00
	-2.29E+00						
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	-1.025E+01	-2.934E+00	2.392E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.00375E+01	
BOT	7.847E+00	4.211E+00	-2.849E+00	0.000E+00	0.000E+00	8.40352E+00	

ELEMENT NUMBER= 8

CNTR FRC	MX	MY	MXY	VX	VY	NX	NY
NXY							
(ECS:-1)	-1.51E+02	-2.33E+01	4.37E-01	0.00E+00	0.00E+00	-1.92E+01	2.90E+00
	-2.56E+00						
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	-1.101E+01	-1.105E+00	-2.295E-01	0.000E+00	0.000E+00	1.05065E+01	
BOT	7.165E+00	1.686E+00	-2.818E-01	0.000E+00	0.000E+00	6.50674E+00	

ELEMENT NUMBER= 9

CNTR FRC	MX	MY	MXY	VX	VY	NX	NY
NXY							
(ECS:-1)	-1.34E+02	1.72E+01	-7.98E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.04E+01	-8.85E-01
	5.51E+00						
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	-7.008E+00	9.459E-01	7.221E-02	0.000E+00	0.000E+00	7.52690E+00	
BOT	9.095E+00	-1.123E+00	1.030E+00	0.000E+00	0.000E+00	9.86753E+00	

ELEMENT NUMBER= 10

CNTR FRC	MX	MY	MXY	VX	VY	NX	NY
NXY							
(ECS:-1)	-1.23E+02	-3.87E+01	-5.16E+01	0.00E+00	0.00E+00	6.07E+00	2.05E+00
	3.01E+00						
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	-6.791E+00	-2.117E+00	-2.795E+00	0.000E+00	0.000E+00	7.72368E+00	
BOT	8.004E+00	2.527E+00	3.398E+00	0.000E+00	0.000E+00	9.21204E+00	

ELEMENT NUMBER= 11

CNTR FRC	MX	MY	MXY	VX	VY	NX	NY
(ECS:-1)	-1.28E+02	-2.18E+01	-5.76E+00	0.00E+00	0.00E+00	9.28E-01	-1.18E+00
2.27E+00							
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	-7.577E+00	-1.428E+00	-1.186E-01	0.000E+00	0.000E+00	6.97606E+00	
BOT	7.762E+00	1.193E+00	5.727E-01	0.000E+00	0.000E+00	7.30758E+00	

ELEMENT NUMBER= 12

CNTR FRC	MX	MY	MXY	VX	VY	NX	NY
(ECS:-1)	-1.25E+02	-6.64E+01	-3.23E+01	0.00E+00	0.00E+00	-1.14E+00	1.88E+00
9.64E-02							
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	-7.585E+00	-3.796E+00	-1.928E+00	0.000E+00	0.000E+00	7.36878E+00	
BOT	7.356E+00	4.172E+00	1.947E+00	0.000E+00	0.000E+00	7.22538E+00	

ELEMENT NUMBER= 13

CNTR FRC	MX	MY	MXY	VX	VY	NX	NY
(ECS:-1)	-1.77E+02	-1.07E+02	1.40E+01	0.00E+00	0.00E+00	-3.45E-01	1.11E+01
-1.71E+00							
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	-1.068E+01	-5.336E+00	6.711E-01	0.000E+00	0.000E+00	9.32112E+00	
BOT	1.061E+01	7.559E+00	-1.012E+00	0.000E+00	0.000E+00	9.62211E+00	

ELEMENT NUMBER= 14

CNTR FRC	MX	MY	MXY	VX	VY	NX	NY
(ECS:-1)	-1.54E+02	-9.91E+01	-5.36E+00	0.00E+00	0.00E+00	-1.39E+00	4.97E+00
-5.35E+00							
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	-9.368E+00	-5.451E+00	-8.569E-01	0.000E+00	0.000E+00	8.28307E+00	
BOT	9.089E+00	6.446E+00	-2.133E-01	0.000E+00	0.000E+00	8.10596E+00	

ELEMENT NUMBER= 15

CNTR FRC	MX	MY	MXY	VX	VY	NX	NY
(ECS:-1)	-1.37E+02	-1.03E+02	1.89E+01	0.00E+00	0.00E+00	-2.85E+00	1.41E+01
-7.66E+00							
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	-8.506E+00	-4.792E+00	3.692E-01	0.000E+00	0.000E+00	7.41366E+00	
BOT	7.936E+00	7.621E+00	-1.902E+00	0.000E+00	0.000E+00	8.45146E+00	

ELEMENT NUMBER= 16

CNTR FRC	MX	MY	MXY	VX	VY	NX	NY
(ECS:-1)	-1.37E+02	-1.19E+02	2.08E+01	0.00E+00	0.00E+00	-1.20E-01	1.47E+00
-1.05E+01							
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	-8.220E+00	-6.993E+00	1.932E-01	0.000E+00	0.000E+00	7.68777E+00	
BOT	8.196E+00	7.287E+00	-2.301E+00	0.000E+00	0.000E+00	8.74330E+00	

ELEMENT NUMBER= 17

CNTR FRC	MX	MY	MXY	VX	VY	NX	NY
NXY							
(ECS:-1)	-1.40E+02	-3.37E+01	-3.81E+01	0.00E+00	0.00E+00	7.98E+00	4.33E+00
	4.75E+00						
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	-7.584E+00	-1.586E+00	-1.814E+00	0.000E+00	0.000E+00	7.60725E+00	
BOT	9.179E+00	2.453E+00	2.763E+00	0.000E+00	0.000E+00	9.52197E+00	

ELEMENT NUMBER= 305

CNTR FRC	MX	MY	MXY	VX	VY	NX	NY
NXY							
(ECS:-1)	1.49E+01	1.58E+01	-1.36E+00	0.00E+00	0.00E+00	6.10E+00	-6.12E+00
	-3.69E+00						
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	1.504E+00	3.346E-01	-4.501E-01	0.000E+00	0.000E+00	1.57404E+00	
BOT	-2.844E-01	-1.558E+00	-2.870E-01	0.000E+00	0.000E+00	1.52103E+00	

ELEMENT NUMBER= 306

CNTR FRC	MX	MY	MXY	VX	VY	NX	NY
NXY							
(ECS:-1)	-4.18E+01	-3.51E+01	3.22E+01	0.00E+00	0.00E+00	2.36E+00	1.00E+01
	1.84E+01						
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	-2.271E+00	-1.100E+00	3.774E+00	0.000E+00	0.000E+00	6.82709E+00	
BOT	2.744E+00	3.108E+00	-8.488E-02	0.000E+00	0.000E+00	2.94635E+00	

ELEMENT NUMBER= 307

CNTR FRC	MX	MY	MXY	VX	VY	NX	NY
NXY							
(ECS:-1)	-1.72E+02	-1.41E+02	7.33E+01	0.00E+00	0.00E+00	-6.21E+01	-2.46E+01
	1.32E+02						
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	-1.650E+01	-1.089E+01	1.761E+01	0.000E+00	0.000E+00	3.37843E+01	
BOT	4.086E+00	5.969E+00	8.815E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.61576E+01	

ELEMENT NUMBER= 308

CNTR FRC	MX	MY	MXY	VX	VY	NX	NY
NXY							
(ECS:-1)	-1.37E+02	-5.54E+01	3.28E+01	0.00E+00	0.00E+00	-6.58E+01	-2.81E+01
	-1.04E+02						
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	-1.477E+01	-6.136E+00	-8.455E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.94841E+01	
BOT	1.613E+00	5.156E-01	-1.240E+01	0.000E+00	0.000E+00	2.15173E+01	

ELEMENT NUMBER= 309

CNTR FRC	MX	MY	MXY	VX	VY	NX	NY
NXY							
(ECS:-1)	4.24E+01	4.61E+01	-3.16E+01	0.00E+00	0.00E+00	-4.74E+01	-1.60E+01
	6.90E+01						
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	-2.203E+00	1.164E+00	5.001E+00	0.000E+00	0.000E+00	9.15407E+00	
BOT	-7.287E+00	-4.372E+00	8.790E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.64975E+01	

ELEMENT NUMBER= 310

CNTR FRC	MX	MY	MXY	VX	VY	NX	NY
NXY							
(ECS:-1)	7.39E+01	-3.61E+01	2.36E+01	0.00E+00	0.00E+00	6.23E+01	-3.10E+01
-1.10E+02							
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	1.066E+01	-5.266E+00	-9.574E+00	0.000E+00	0.000E+00	2.17360E+01	
BOT	1.796E+00	-9.391E-01	-1.240E+01	0.000E+00	0.000E+00	2.16170E+01	

ELEMENT NUMBER= 647

CNTR FRC	MX	MY	MXY	VX	VY	NX	NY
NXY							
(ECS:-1)	6.75E+00	-1.26E+01	3.24E+01	0.00E+00	0.00E+00	1.38E+01	-1.32E+01
1.17E+01							
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	1.790E+00	-2.072E+00	3.117E+00	0.000E+00	0.000E+00	6.35231E+00	
BOT	9.795E-01	-5.658E-01	-7.684E-01	0.000E+00	0.000E+00	1.89865E+00	

ELEMENT NUMBER= 648

CNTR FRC	MX	MY	MXY	VX	VY	NX	NY
NXY							
(ECS:-1)	-3.37E+01	4.15E+01	9.20E+00	0.00E+00	0.00E+00	-1.94E+01	7.74E+00
2.40E+01							
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	-3.962E+00	3.266E+00	2.956E+00	0.000E+00	0.000E+00	8.09488E+00	
BOT	7.727E-02	-1.718E+00	1.852E+00	0.000E+00	0.000E+00	3.65811E+00	

ELEMENT NUMBER= 649

CNTR FRC	MX	MY	MXY	VX	VY	NX	NY
NXY							
(ECS:-1)	-1.87E+01	1.36E+01	-1.44E+01	0.00E+00	0.00E+00	1.96E+01	-4.00E+00
1.86E+01							
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	8.386E-01	4.141E-01	9.936E-01	0.000E+00	0.000E+00	1.86785E+00	
BOT	3.077E+00	-1.214E+00	2.726E+00	0.000E+00	0.000E+00	6.07965E+00	
CALCULATION OF STRESS FOR ELEMENT GROUP				7			

ELEMENT NUMBER= 650

CNTR FRC	MX	MY	MXY	VX	VY	NX	NY
NXY							
(ECS:-1)	3.51E+01	2.00E+01	-1.46E+01	0.00E+00	0.00E+00	-3.11E+01	-7.38E+00
2.29E+01							
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	-9.991E-01	4.611E-01	1.411E+00	0.000E+00	0.000E+00	2.76525E+00	
BOT	-5.215E+00	-1.937E+00	3.160E+00	0.000E+00	0.000E+00	7.12728E+00	

ELEMENT NUMBER= 651

CNTR FRC	MX	MY	MXY	VX	VY	NX	NY
NXY							
(ECS:-1)	-3.60E+01	2.01E+01	1.25E+01	0.00E+00	0.00E+00	2.11E+01	5.48E+00
-8.65E+00							
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	-4.417E-02	1.755E+00	-1.178E-01	0.000E+00	0.000E+00	1.78914E+00	
BOT	4.271E+00	-6.598E-01	-1.612E+00	0.000E+00	0.000E+00	5.41217E+00	

ELEMENT NUMBER= 652

CNTR FRC	MX	MY	MX Y	VX	VY	NX	NY
NXY							
(ECS:-1)	-2.26E+01	-4.17E+01	9.97E+00	0.00E+00	0.00E+00	5.47E+01	4.06E+00
	-1.22E+01						
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	4.108E+00	-2.095E+00	-6.175E-01	0.000E+00	0.000E+00	5.56912E+00	
BOT	6.825E+00	2.908E+00	-1.813E+00	0.000E+00	0.000E+00	6.71238E+00	

ELEMENT NUMBER= 653

CNTR FRC	MX	MY	MX Y	VX	VY	NX	NY
NXY							
(ECS:-1)	2.22E+01	7.74E+01	-4.59E+01	0.00E+00	0.00E+00	-1.07E+01	-2.75E+00
	-2.26E+00						
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	2.625E-01	4.371E+00	-2.983E+00	0.000E+00	0.000E+00	6.68724E+00	
BOT	-2.404E+00	-4.921E+00	2.531E+00	0.000E+00	0.000E+00	6.11380E+00	

ELEMENT NUMBER= 654

CNTR FRC	MX	MY	MX Y	VX	VY	NX	NY
NXY							
(ECS:-1)	5.24E+01	-1.77E+01	-3.06E+01	0.00E+00	0.00E+00	-7.07E+00	2.34E+00
	-7.10E+00						
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	2.439E+00	-8.275E-01	-2.547E+00	0.000E+00	0.000E+00	5.30146E+00	
BOT	-3.852E+00	1.296E+00	1.127E+00	0.000E+00	0.000E+00	5.03228E+00	

ELEMENT NUMBER= 655

CNTR FRC	MX	MY	MX Y	VX	VY	NX	NY
NXY							
(ECS:-1)	9.62E+01	9.07E+01	-5.13E+01	0.00E+00	0.00E+00	-4.17E+01	-5.28E+00
	1.03E+01						
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	1.607E+00	4.912E+00	-2.049E+00	0.000E+00	0.000E+00	5.60457E+00	
BOT	-9.940E+00	-5.968E+00	4.106E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.12103E+01	

ELEMENT NUMBER= 656

CNTR FRC	MX	MY	MX Y	VX	VY	NX	NY
NXY							
(ECS:-1)	-2.37E+01	-1.86E+02	4.13E+01	0.00E+00	0.00E+00	-4.30E+01	2.18E+01
	-9.82E+00						
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	-5.720E+00	-8.987E+00	1.494E+00	0.000E+00	0.000E+00	8.29301E+00	
BOT	-2.871E+00	1.334E+01	-3.458E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.61365E+01	

ELEMENT NUMBER= 657

CNTR FRC	MX	MY	MX Y	VX	VY	NX	NY
NXY							
(ECS:-1)	3.80E+02	2.86E+02	-3.55E+02	0.00E+00	0.00E+00	-1.10E+01	-2.49E+01
	2.32E+01						
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	2.171E+01	1.465E+01	-1.900E+01	0.000E+00	0.000E+00	3.80879E+01	
BOT	-2.391E+01	-1.963E+01	2.365E+01	0.000E+00	0.000E+00	4.65327E+01	

ELEMENT NUMBER= 658

CNTR FRC	MX	MY	MX Y	VX	VY	NX	NY
NXY							
(ECS:-1)	6.53E+02	2.97E+02	-2.67E+02	0.00E+00	0.00E+00	-1.08E+02	-2.09E+01
3.99E+01							
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	2.842E+01	1.570E+01	-1.205E+01	0.000E+00	0.000E+00	3.23055E+01	
BOT	-4.999E+01	-1.988E+01	2.003E+01	0.000E+00	0.000E+00	5.57097E+01	

ELEMENT NUMBER= 659

CNTR FRC	MX	MY	MX Y	VX	VY	NX	NY
NXY							
(ECS:-1)	1.56E+02	7.45E+01	-1.45E+02	0.00E+00	0.00E+00	-2.18E+01	9.41E+00
-4.48E+00							
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	7.197E+00	5.412E+00	-9.123E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.70835E+01	
BOT	-1.156E+01	-3.531E+00	8.227E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.75602E+01	

ELEMENT NUMBER= 660

CNTR FRC	MX	MY	MX Y	VX	VY	NX	NY
NXY							
(ECS:-1)	2.51E+02	7.35E+01	-5.95E+01	0.00E+00	0.00E+00	-6.89E+01	5.17E+00
1.14E+01							
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	8.163E+00	4.930E+00	-2.424E+00	0.000E+00	0.000E+00	8.26578E+00	
BOT	-2.194E+01	-3.895E+00	4.712E+00	0.000E+00	0.000E+00	2.18586E+01	

ELEMENT NUMBER= 661

CNTR FRC	MX	MY	MX Y	VX	VY	NX	NY
NXY							
(ECS:-1)	7.74E+01	4.21E+00	-3.02E+01	0.00E+00	0.00E+00	-1.40E+01	3.92E+00
2.40E-01							
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	3.244E+00	6.444E-01	-1.787E+00	0.000E+00	0.000E+00	4.29277E+00	
BOT	-6.040E+00	1.392E-01	1.835E+00	0.000E+00	0.000E+00	6.88790E+00	

ELEMENT NUMBER= 662

CNTR FRC	MX	MY	MX Y	VX	VY	NX	NY
NXY							
(ECS:-1)	7.85E+01	4.62E+01	3.04E+00	0.00E+00	0.00E+00	-3.51E+01	3.78E+00
9.43E+00							
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	1.192E+00	3.151E+00	1.126E+00	0.000E+00	0.000E+00	3.37554E+00	
BOT	-8.222E+00	-2.394E+00	7.605E-01	0.000E+00	0.000E+00	7.44199E+00	

ELEMENT NUMBER= 663

CNTR FRC	MX	MY	MX Y	VX	VY	NX	NY
NXY							
(ECS:-1)	2.48E+01	-4.58E+01	4.92E+01	0.00E+00	0.00E+00	3.58E+00	1.53E+00
5.36E-01							
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	1.847E+00	-2.596E+00	3.003E+00	0.000E+00	0.000E+00	6.48081E+00	
BOT	-1.132E+00	2.901E+00	-2.896E+00	0.000E+00	0.000E+00	6.17585E+00	

ELEMENT NUMBER= 664

CNTR FRC	MX	MY	MX Y	VX	VY	NX	NY
(ECS:-1)	9.99E+00	1.01E+02	2.24E+01	0.00E+00	0.00E+00	-9.81E+00	1.24E+01
1.22E+01							
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	-3.813E-01	7.291E+00	2.561E+00	0.000E+00	0.000E+00	8.70446E+00	
BOT	-1.580E+00	-4.804E+00	-1.279E-01	0.000E+00	0.000E+00	4.24685E+00	

S O L U T I O N T I M E L O G I N S E C F O R S T R E S S C A L C U L A T I O N S

READING GENERAL INFORMATION AND ELEMENT DATA. . . =	0
STRESS CALCULATION AND PRINTOUT =	0
UPDATING DATABASE =	0
T O T A L S O L U T I O N T I M E =	0

PROGRAM - CORMANĂ LAMELARĂ "MAT Craiova " - "COSMOS"

C*

C* Problem : **Cormana lamelara 30-35** Date : 9-20-100 Time : 11:12:32

C*

PT,1,0,668,0,
PT,2,-160,668,58,
PT,3,-244,668,126,
PT,4,-294,668,223,
PT,5,-307,668,297,
PT,6,-375,603,370,
PT,7,-410,565,395,
PT,8,-470,504,430,
PT,9,-564,386,468,
PT,10,-606,335,474,
PT,11,-639,302,474,
PT,12,-675,270,472,
PT,13,-580,382,406,
PT,14,-500,483,352,
PT,15,-378,598,273,
PT,16,-377,591,234,
PT,17,-520,457,312,
PT,18,-634,345,378,
PT,19,-770,210,462,
PT,20,-826,165,445,
PT,21,-706,280,370,
PT,22,-551,426,284,
PT,23,-371,584,188,
PT,24,-366,576,163,
PT,25,-491,466,208,
PT,26,-735,231,316,
PT,27,-844,100,380,
PT,28,-855,90,357,
PT,29,-856,90,334,
PT,30,-758,210,277,
PT,31,-510,435,173,
PT,32,-354,560,123,
PT,33,-344,550,102,
PT,34,-463,460,137,
PT,35,-584,359,180,
PT,36,-729,2341,238,
PT,36,-729,231,238,
PT,37,-645,289,176,
PT,38,-559,342,118,
PT,39,-474,390,58,
PT,40,-442,415,58,
PT,41,-318,525,58,
PT,42,-370,340,0,
PT,43,-210,624,58,
PT,44,-287,640,126,
PT,45,-326,648,223,
PT,46,-331,654,331,
PT,47,-264,576,58,

PT, 48, -320, 600, 123,
PT, 49, -354, 620, 234,
PT, 50, -353, 630, 352,
CRLINE, 1, 1, 2,
CR4PT, 2, 2, 3, 4, 5,
CR4PT, 3, 43, 44, 45, 46,
CR4PT, 4, 47, 48, 49, 50,
CR4PT, 5, 41, 24, 15, 6,
CR4PT, 6, 5, 46, 50, 6,
CRLINE, 7, 2, 41,
CR4PT, 8, 6, 7, 8, 9,
CR4PT, 9, 9, 10, 11, 12,
CR4PT, 10, 12, 13, 14, 15,
CRLINE, 11, 15, 6,
CR4PT, 12, 16, 17, 18, 19,
CRLINE, 13, 19, 20,
CR4PT, 14, 20, 21, 22, 23,
CRLINE, 15, 23, 16,
CR4PT, 16, 24, 25, 26, 27,
CRCONIC, 17, 27, 29, 28, 0.8,
CR4PT, 18, 29, 30, 31, 32,
CRLINE, 19, 32, 24,
CR4PT, 20, 33, 34, 35, 36,
CR4PT, 21, 36, 37, 38, 39,
CRLINE, 22, 39, 41,
CRLINE, 23, 41, 33,
CRLINE, 24, 40, 42,
CRLINE, 25, 42, 1,
CRLINE, 26, 2, 40,
SF4CR, 1, 1, 26, 24, 25, 0,
SF16PT, 2, 41, 24, 15, 6, 47, 48, 49, 50, 43, 44, 45, 46, 2, 3, 4, 5,
SF4CR, 3, 8, 9, 10, 11, 0,
SF4CR, 4, 12, 13, 14, 15, 0,
SF4CR, 5, 16, 17, 18, 19, 0,
SF4CR, 6, 20, 21, 22, 23, 0,
MPROP, 1, NUXY, .3,
MPROP, 1, EX, 2.1E5,
RCONST, 1, 1, 1, 1, 7,
EGROUP, 1, SHELL3, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,
M_SF, 1, 1, 1, 3, 3, 8, 1, 1,
M_SF, 2, 2, 1, 3, 4, 10, 1, 1,
M_SF, 3, 3, 1, 3, 10, 4, 1, 1,
M_SF, 4, 4, 1, 3, 12, 3, 1, 1,
M_SF, 5, 5, 1, 3, 16, 3, 1, 1,
M_SF, 6, 6, 1, 3, 6, 4, 1, 1,
NMERGE, 1, 301, 1, 0.0001, 0, 1, 0,
DND, 10, ALL, 0, 10, 1,
DND, 18, ALL, 0, 18, 1,
DND, 26, ALL, 0, 26, 1,
DND, 116, ALL, 0, 116, 1,
DND, 134, ALL, 0, 134, 1,
DND, 49, ALL, 0, 49, 1,
DND, 78, ALL, 0, 78, 1,
DND, 164, ALL, 0, 164, 1,
DND, 184, ALL, 0, 184, 1,

DND,221,ALL,0,221,1,
DND,230,ALL,0,230,1,
DND,275,ALL,0,275,1,
DND,286,ALL,0,286,1,

FND,4,ALL,-160,4,1,
FND,17,ALL,-90,36,1,
FND,37,ALL,-40,91,1,
FND,92,ALL,-78,146,1, - VARIANTA I-a (a = 30 [cm])
FND,147,ALL,97,198,1,
FND,199,ALL,-50,266,1,
FND,267,ALL,-48,300,1,

FND,4,ALL,-500,4,1,
FND,17,ALL,-93,17,1,
FND,37,ALL,-60,37,1,
FND,92,ALL,-195,92,1, - VARIANTA II-a (a = 35 [cm])
FND,147,ALL,-120,147,1,
FND,199,ALL,-55,199,1,
FND,267,ALL,-55,267,1,

T O T A L S Y S T E M D A T A

NUMBER OF EQUATIONS (NEQ) = 1710
 NUMBER OF MATRIX ELEMENTS (NWK) = 56133
 MAXIMUM HALF BANDWIDTH (MK) = 84
 MEAN HALF BANDWIDTH (MM) = 32
 NUMBER OF ELEMENTS (NUME) = 424
 NUMBER OF NODAL POINTS (NUMNP) = 298
 SIZE OF EACH BLOCK (MTBLK) = 8000
 NUMBER OF BLOCKS (NBLK) = 8

MAXIMUM DIAGONAL STIFFNESS MATRIX VALUE = .689162E+10
 MINIMUM DIAGONAL STIFFNESS MATRIX VALUE = .877076E+05

LOAD CASE NUMBER = 1

TOTAL STRAIN ENERGY = .732945E+03

D I S P L A C E M E N T S

NODE	X-DISPL.	Y-DISPL.	Z-DISPL.	XX-ROT.	YY-ROT.	ZZ-ROT.
1	-9.48072E-03	9.22983E-03	-2.30101E-02	5.02080E-05	1.06200E-03	
2	-4.55365E-02	5.06843E-02	-.12442	-1.51788E-04	2.59309E-03	
3	-.10732	.12001	-.29627	-6.55965E-04	3.80841E-03	
4	-.19091	.21087	-.52959	-1.30671E-03	4.90923E-03	
5	2.26970E-03	-3.13768E-03	7.29753E-03	1.49328E-04	6.60470E-04	
6	-1.45004E-02	1.59495E-02	-3.89942E-02	-1.84262E-04	1.51547E-03	
7	-5.08808E-02	5.65178E-02	-.13887	-5.21158E-04	2.53430E-03	
8	-.10476	.11587	-.28659	-1.06949E-03	3.49044E-03	
9	3.36089E-03	-4.07589E-03	9.48698E-03	2.29447E-04	1.32191E-04	
10	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000	
11	-1.51332E-02	1.65225E-02	-4.07588E-02	-1.70386E-04	1.40191E-03	
12	-4.40004E-02	4.84642E-02	-.11945	-7.26449E-04	2.10378E-03	
13	1.70810E-03	-2.17415E-03	5.05042E-03	1.60770E-04	7.02551E-06	
14	4.10275E-04	-6.51445E-04	1.27045E-03	2.07076E-04	1.51820E-04	
15	-3.68632E-03	3.69175E-03	-9.50630E-03	2.56141E-04	4.18906E-04	
16	-1.37974E-02	1.48580E-02	-3.68752E-02	-4.41583E-05	7.71151E-04	
17	7.46266E-04	-1.35240E-03	2.47537E-03	5.88709E-06	5.65459E-05	
18	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000

281	-4.40719E-03	3.40559E-03	-2.72542E-03	1.42825E-06	1.15077E-05	
4.20712E-05						
282	-1.34092E-02	1.15726E-02	-1.05172E-02	4.27116E-05	2.71891E-04	
3.35413E-04						
283	-2.80154E-02	2.57218E-02	-2.24350E-02	5.64042E-05	1.84185E-04	
1.90174E-04						
284	-2.89916E-02	2.72924E-02	-2.37804E-02	9.04411E-05	-6.26928E-05	-
1.65671E-04						
285	-1.51173E-02	1.43166E-02	-1.24977E-02	1.30783E-04	-2.55061E-04	-
4.26746E-04						
286	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000	
.00000						
287	-5.62931E-03	4.90664E-03	-7.58037E-03	-6.17106E-05	1.99612E-04	
2.15165E-04						
288	-2.07186E-02	1.79084E-02	-1.54057E-02	6.71010E-05	2.15063E-04	
2.69388E-04						
289	-2.94761E-02	2.71654E-02	-2.31663E-02	1.02587E-04	1.74145E-04	
1.66158E-04						
290	-3.07639E-02	2.89560E-02	-2.49125E-02	1.22397E-04	-9.28223E-06	-
1.03928E-04						
291	-2.23570E-02	2.09771E-02	-1.83360E-02	1.54281E-04	-1.82464E-04	-
3.63417E-04						
292	-8.74117E-03	7.53377E-03	-6.85609E-03	1.64075E-04	-1.65835E-04	-
3.60452E-04						
293	-2.05236E-03	9.42210E-04	-1.89725E-03	6.89550E-05	1.52086E-04	
7.66684E-05						
294	-6.66502E-03	5.45753E-03	-8.41270E-03	-1.41054E-05	1.58319E-04	
1.52693E-04						
295	-3.39046E-02	3.19517E-02	-2.59936E-02	1.71836E-04	8.62152E-05	
1.70487E-05						
296	-3.12952E-02	3.00393E-02	-2.51570E-02	1.79723E-04	-2.86100E-05	-
1.68290E-04						
297	-2.46791E-02	2.37005E-02	-2.02832E-02	1.90215E-04	-1.56235E-04	-
3.37456E-04						
298	-1.51717E-02	1.36696E-02	-1.21888E-02	1.97731E-04	-2.18649E-04	-
4.29157E-04						
299	-6.91362E-03	4.66513E-03	-5.05052E-03	1.72213E-04	-6.26087E-05	-
2.41883E-04						
300	-5.00439E-03	2.93353E-03	-4.73179E-03	8.77793E-05	1.82736E-04	
8.92396E-05						

S O L U T I O N T I M E L O G I N S E C
FOR PROBLEM

TIME FOR INPUT PHASE	=	0
TIME FOR CALCULATION OF STRUCTURE STIFFNESS MATRIX	=	0
TRIANGULARIZATION OF STIFFNESS MATRIX	=	0
TIME FOR LOAD CASE SOLUTIONS	=	0
T O T A L S O L U T I O N T I M E	=	0

S T R E S S E V A L U A T I O N F O R S T A T I C A N A L Y S I S

STRESS OUTPUT FOR ELEMENT GROUP 1 CASE NO. 1

ELEMENT NUMBER= 1

CNTR	FRC	MX	MY	MXY	VX	VY	NX	NY
NXY								
(ECS:-1)		-7.97E+00	-1.08E+02	1.62E+01	0.00E+00	0.00E+00	-3.84E+00	-8.81E+00
		-4.64E+00						

CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES
TOP	-1.525E+00	-1.443E+01	1.322E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.39178E+01
BOT	4.273E-01	1.191E+01	-2.648E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.25686E+01

ELEMENT NUMBER= 2

CNTR FRC	MX	MY	MX Y	VX	VY	NX	NY
NXY							
(ECS:-1)	-1.81E+02	-2.89E+01	3.18E+01	0.00E+00	0.00E+00	1.45E+01	4.06E+00
3.34E+00							
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	-2.007E+01	-2.961E+00	4.366E+00	0.000E+00	0.000E+00	2.02306E+01	
BOT	2.423E+01	4.121E+00	-3.411E+00	0.000E+00	0.000E+00	2.32148E+01	

ELEMENT NUMBER= 3

CNTR FRC	MX	MY	MX Y	VX	VY	NX	NY
NXY							
(ECS:-1)	9.72E+00	-1.40E+02	1.26E+01	0.00E+00	0.00E+00	1.14E+00	-4.78E-01
-1.68E+00							
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	1.352E+00	-1.725E+01	1.298E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.81040E+01	
BOT	-1.028E+00	1.711E+01	-1.778E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.79160E+01	

ELEMENT NUMBER= 4

CNTR FRC	MX	MY	MX Y	VX	VY	NX	NY
NXY							
(ECS:-1)	-1.42E+02	-1.50E+01	5.55E+01	0.00E+00	0.00E+00	9.60E+00	1.75E+00
-1.52E-01							
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	-1.607E+01	-1.582E+00	6.769E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.93109E+01	
BOT	1.882E+01	2.082E+00	-6.812E+00	0.000E+00	0.000E+00	2.14127E+01	

ELEMENT NUMBER= 5

CNTR FRC	MX	MY	MX Y	VX	VY	NX	NY
NXY							
(ECS:-1)	1.78E+01	-1.45E+02	-1.90E+01	0.00E+00	0.00E+00	1.70E+00	-1.95E+00
-2.21E+00							
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	2.426E+00	-1.803E+01	-2.640E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.98885E+01	
BOT	-1.940E+00	1.747E+01	2.009E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.88434E+01	

ELEMENT NUMBER= 6

CNTR FRC	MX	MY	MX Y	VX	VY	NX	NY
NXY							
(ECS:-1)	-1.24E+02	-5.72E+00	6.57E+01	0.00E+00	0.00E+00	-2.08E+00	-8.47E+00
7.59E+00							
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	-1.548E+01	-1.911E+00	9.124E+00	0.000E+00	0.000E+00	2.15249E+01	
BOT	1.488E+01	-5.100E-01	-6.955E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.93502E+01	

ELEMENT NUMBER= 7

CNTR FRC	MX	MY	MX Y	VX	VY	NX	NY
NXY							
(ECS:-1)	3.28E+01	-3.07E+01	-1.59E+01	0.00E+00	0.00E+00	-2.49E+00	-3.17E+00
-2.87E+00							
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	

TOP 3.658E+00 -4.207E+00 -2.356E+00 0.000E+00 0.000E+00 7.94539E+00
 BOT -4.369E+00 3.303E+00 1.537E+00 0.000E+00 0.000E+00 7.17732E+00
 ELEMENT NUMBER= 8

CNTR FRC MX MY MXY VX VY NX NY
 NXY
 (ECS:-1) -1.32E+02 -4.71E+01 6.77E+01 0.00E+00 0.00E+00 2.49E-01 -6.57E+00
 2.85E+00

CNTR STR SIGMA-X SIGMA-Y TAU-XY TAU-XZ TAU-YZ VON MISES
 TOP -1.613E+01 -6.711E+00 8.694E+00 0.000E+00 0.000E+00 2.05820E+01
 BOT 1.620E+01 4.834E+00 -7.881E+00 0.000E+00 0.000E+00 1.98422E+01

ELEMENT NUMBER= 9

CNTR FRC MX MY MXY VX VY NX NY
 NXY
 (ECS:-1) -9.92E+01 -2.00E+02 5.61E-01 0.00E+00 0.00E+00 1.53E+00 -7.50E+00
 3.75E-01

CNTR STR SIGMA-X SIGMA-Y TAU-XY TAU-XZ TAU-YZ VON MISES
 TOP -1.193E+01 -2.562E+01 1.223E-01 0.000E+00 0.000E+00 2.22067E+01
 BOT 1.237E+01 2.348E+01 -1.509E-02 0.000E+00 0.000E+00 2.03432E+01

ELEMENT NUMBER= 10

CNTR FRC MX MY MXY VX VY NX NY
 NXY
 (ECS:-1) -1.45E+02 -6.60E+01 4.68E+01 0.00E+00 0.00E+00 -1.79E+00 3.34E+00
 2.15E+00

CNTR STR SIGMA-X SIGMA-Y TAU-XY TAU-XZ TAU-YZ VON MISES
 TOP -1.797E+01 -7.610E+00 6.043E+00 0.000E+00 0.000E+00 1.88076E+01
 BOT 1.746E+01 8.565E+00 -5.428E+00 0.000E+00 0.000E+00 1.78076E+01

ELEMENT NUMBER= 11

CNTR FRC MX MY MXY VX VY NX NY
 NXY
 (ECS:-1) -1.21E+01 -1.28E+02 -4.05E+01 0.00E+00 0.00E+00 2.55E+00 -5.34E+00
 -1.85E+00

CNTR STR SIGMA-X SIGMA-Y TAU-XY TAU-XZ TAU-YZ VON MISES
 TOP -1.123E+00 -1.639E+01 -5.217E+00 0.000E+00 0.000E+00 1.82518E+01
 BOT 1.852E+00 1.486E+01 4.690E+00 0.000E+00 0.000E+00 1.62114E+01

ELEMENT NUMBER= 12

CNTR FRC MX MY MXY VX VY NX NY
 NXY
 (ECS:-1) -1.24E+02 -4.14E+01 6.98E+01 0.00E+00 0.00E+00 -9.03E+00 -6.92E+00
 6.50E+00

CNTR STR SIGMA-X SIGMA-Y TAU-XY TAU-XZ TAU-YZ VON MISES
 TOP -1.651E+01 -6.052E+00 9.478E+00 0.000E+00 0.000E+00 2.18822E+01
 BOT 1.393E+01 4.075E+00 -7.622E+00 0.000E+00 0.000E+00 1.81155E+01

ELEMENT NUMBER= 13

CNTR FRC MX MY MXY VX VY NX NY
 NXY
 (ECS:-1) 1.40E+00 -2.39E+01 2.04E-01 0.00E+00 0.00E+00 -9.88E-01 4.90E-01
 -1.32E+00

CNTR STR SIGMA-X SIGMA-Y TAU-XY TAU-XZ TAU-YZ VON MISES
 TOP 3.087E-02 -2.855E+00 -1.637E-01 0.000E+00 0.000E+00 2.88418E+00
 BOT -3.132E-01 2.995E+00 -2.137E-01 0.000E+00 0.000E+00 3.18446E+00

ELEMENT NUMBER= 14

CNTR FRC	MX	MY	MX Y	VX	VY	NX	NY
NXY							
(ECS:-1)	1.18E+01	7.14E+00	1.80E+01	0.00E+00	0.00E+00	2.81E+00	-5.03E-02
-2.24E+00							
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	1.848E+00	8.675E-01	1.878E+00	0.000E+00	0.000E+00	3.62625E+00	
BOT	-1.045E+00	-8.819E-01	-2.519E+00	0.000E+00	0.000E+00	4.47089E+00	

ELEMENT NUMBER= 15

CNTR FRC	MX	MY	MX Y	VX	VY	NX	NY
NXY							
(ECS:-1)	-4.47E+01	-3.24E+01	1.66E+01	0.00E+00	0.00E+00	5.09E+00	-6.98E-01
3.20E+00							
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	-4.747E+00	-4.071E+00	2.489E+00	0.000E+00	0.000E+00	6.19452E+00	
BOT	6.202E+00	3.871E+00	-1.575E+00	0.000E+00	0.000E+00	6.07350E+00	

ELEMENT NUMBER= 16

CNTR FRC	MX	MY	MX Y	VX	VY	NX	NY
NXY							
(ECS:-1)	-1.86E+02	-1.23E+02	4.84E+01	0.00E+00	0.00E+00	-5.15E+00	4.03E+00
1.46E+00							
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	-2.350E+01	-1.445E+01	6.134E+00	0.000E+00	0.000E+00	2.31148E+01	
BOT	2.203E+01	1.560E+01	-5.717E+00	0.000E+00	0.000E+00	2.19763E+01	

ELEMENT NUMBER= 17

CNTR FRC	MX	MY	MX Y	VX	VY	NX	NY
NXY							
(ECS:-1)	-3.43E+01	-1.11E+02	-4.16E+01	0.00E+00	0.00E+00	1.71E+00	-2.94E+00
2.22E-01							
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	-3.954E+00	-1.397E+01	-5.057E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.52373E+01	
BOT	4.443E+00	1.312E+01	5.121E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.45725E+01	

ELEMENT NUMBER= 18

CNTR FRC	MX	MY	MX Y	VX	VY	NX	NY
NXY							
(ECS:-1)	-1.05E+02	-9.53E+01	7.84E+01	0.00E+00	0.00E+00	-5.25E+00	-2.45E+00
3.35E+00							
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	-1.363E+01	-1.202E+01	1.008E+01	0.000E+00	0.000E+00	2.17058E+01	
BOT	1.213E+01	1.132E+01	-9.121E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.96874E+01	

ELEMENT NUMBER= 19

CNTR FRC	MX	MY	MX Y	VX	VY	NX	NY
NXY							
(ECS:-1)	2.59E+01	2.01E+01	1.24E+01	0.00E+00	0.00E+00	-3.49E-01	4.34E+00
1.55E+00							
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	3.119E+00	3.079E+00	1.733E+00	0.000E+00	0.000E+00	4.31500E+00	
BOT	-3.219E+00	-1.841E+00	-1.291E+00	0.000E+00	0.000E+00	3.58157E+00	

ELEMENT NUMBER= 217

CNTR FRC	MX	MY	MXY	VX	VY	NX	NY
NXY							
(ECS:-1)	-6.03E+01	-5.80E+01	7.56E+01	0.00E+00	0.00E+00	-1.27E+02	-4.25E+01
	6.19E+01						
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	-2.553E+01	-1.316E+01	1.811E+01	0.000E+00	0.000E+00	3.83784E+01	
BOT	-1.077E+01	1.035E+00	-4.096E-01	0.000E+00	0.000E+00	1.13430E+01	

ELEMENT NUMBER= 218

CNTR FRC	MX	MY	MXY	VX	VY	NX	NY
NXY							
(ECS:-1)	-3.58E+01	1.54E+01	1.16E+01	0.00E+00	0.00E+00	-3.13E+02	1.46E+01
	-5.74E+01						
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	-4.911E+01	3.962E+00	-6.780E+00	0.000E+00	0.000E+00	5.25376E+01	
BOT	-4.034E+01	1.984E-01	-9.616E+00	0.000E+00	0.000E+00	4.37364E+01	

ELEMENT NUMBER= 219

CNTR FRC	MX	MY	MXY	VX	VY	NX	NY
NXY							
(ECS:-1)	1.08E+01	8.10E+00	-1.07E+01	0.00E+00	0.00E+00	-7.15E+01	3.07E+00
	1.09E+01						
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	-8.889E+00	1.431E+00	2.544E-01	0.000E+00	0.000E+00	9.69423E+00	
BOT	-1.153E+01	-5.535E-01	2.868E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.23089E+01	

ELEMENT NUMBER= 220

CNTR FRC	MX	MY	MXY	VX	VY	NX	NY
NXY							
(ECS:-1)	7.59E+01	1.22E+01	-3.76E+00	0.00E+00	0.00E+00	-1.23E+02	8.65E+00
	-3.72E+01						
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	-8.313E+00	2.724E+00	-5.768E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.41066E+01	
BOT	-2.690E+01	-2.525E-01	-4.848E+00	0.000E+00	0.000E+00	2.80589E+01	

ELEMENT NUMBER= 221

CNTR FRC	MX	MY	MXY	VX	VY	NX	NY
NXY							
(ECS:-1)	6.44E+01	3.16E+01	-4.49E+01	0.00E+00	0.00E+00	-4.80E+00	2.40E+01
	-2.42E+01						
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	7.195E+00	7.308E+00	-8.957E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.71254E+01	
BOT	-8.567E+00	-4.380E-01	2.039E+00	0.000E+00	0.000E+00	9.07287E+00	

ELEMENT NUMBER= 222

CNTR FRC	MX	MY	MXY	VX	VY	NX	NY
NXY							
(ECS:-1)	9.81E+01	6.69E+00	-1.42E+01	0.00E+00	0.00E+00	2.18E+01	5.07E+00
	-2.77E+01						
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	1.513E+01	1.543E+00	-5.699E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.74792E+01	
BOT	-8.899E+00	-9.562E-02	-2.227E+00	0.000E+00	0.000E+00	9.65527E+00	

ELEMENT NUMBER= 409

CNTR FRC	MX	MY	MX Y	VX	VY	NX	NY
(ECS:-1)	-5.48E+01	-6.46E+01	-8.95E-01	0.00E+00	0.00E+00	1.67E+01	1.08E+01
NXY	-1.02E+01						
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	-4.324E+00	-6.366E+00	-1.572E+00	0.000E+00	0.000E+00	6.25340E+00	
BOT	9.101E+00	9.454E+00	-1.353E+00	0.000E+00	0.000E+00	9.57373E+00	

ELEMENT NUMBER= 410

CNTR FRC	MX	MY	MX Y	VX	VY	NX	NY
(ECS:-1)	-1.06E+02	-5.65E+01	-7.36E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.99E+01	9.58E+00
NXY	-2.46E+01						
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	-8.727E+00	-5.552E+00	-4.410E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.08108E+01	
BOT	1.728E+01	8.288E+00	-2.608E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.56356E+01	

ELEMENT NUMBER= 411

CNTR FRC	MX	MY	MX Y	VX	VY	NX	NY
(ECS:-1)	-4.45E+01	-6.76E+01	3.71E+00	0.00E+00	0.00E+00	-6.55E+00	9.56E+00
NXY	-6.44E+00						
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	-6.383E+00	-6.916E+00	-4.650E-01	0.000E+00	0.000E+00	6.71415E+00	
BOT	4.512E+00	9.647E+00	-1.374E+00	0.000E+00	0.000E+00	8.69242E+00	

ELEMENT NUMBER= 412

CNTR FRC	MX	MY	MX Y	VX	VY	NX	NY
(ECS:-1)	-2.36E+01	-3.47E+01	9.54E-01	0.00E+00	0.00E+00	-8.45E+00	-2.65E-01
NXY	-1.52E+00						
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	-4.095E+00	-4.289E+00	-1.002E-01	0.000E+00	0.000E+00	4.19861E+00	
BOT	1.680E+00	4.213E+00	-3.339E-01	0.000E+00	0.000E+00	3.71857E+00	

ELEMENT NUMBER= 413

CNTR FRC	MX	MY	MX Y	VX	VY	NX	NY
(ECS:-1)	2.67E+01	-5.09E-01	-4.92E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.55E+01	1.22E+00
NXY	-7.29E-01						
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	6.916E+00	1.123E-01	-7.071E-01	0.000E+00	0.000E+00	6.96919E+00	
BOT	3.756E-01	2.369E-01	4.988E-01	0.000E+00	0.000E+00	9.24451E-01	

ELEMENT NUMBER= 414

CNTR FRC	MX	MY	MX Y	VX	VY	NX	NY
(ECS:-1)	3.05E+01	-1.12E+00	2.83E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.10E+01	-9.81E+00
NXY	1.26E+01						
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	5.302E+00	-1.538E+00	2.139E+00	0.000E+00	0.000E+00	7.23619E+00	
BOT	-2.161E+00	-1.264E+00	1.447E+00	0.000E+00	0.000E+00	3.13277E+00	

ELEMENT NUMBER= 415

CNTR FRC	MX	MY	MXY	VX	VY	NX	NY
NXY							
(ECS:-1)	3.43E+01	4.29E+00	-4.89E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.12E+01	9.33E+00
-1.03E+01							
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	7.229E+00	1.858E+00	-2.069E+00	0.000E+00	0.000E+00	7.42416E+00	
BOT	-1.171E+00	8.078E-01	-8.718E-01	0.000E+00	0.000E+00	2.29145E+00	

ELEMENT NUMBER= 416

CNTR FRC	MX	MY	MXY	VX	VY	NX	NY
NXY							
(ECS:-1)	3.96E+01	1.87E+00	6.77E+00	0.00E+00	0.00E+00	9.87E+00	-9.40E+00
3.96E+00							
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	6.258E+00	-1.114E+00	1.395E+00	0.000E+00	0.000E+00	7.29419E+00	
BOT	-3.438E+00	-1.572E+00	-2.630E-01	0.000E+00	0.000E+00	3.01535E+00	

ELEMENT NUMBER= 417

CNTR FRC	MX	MY	MXY	VX	VY	NX	NY
NXY							
(ECS:-1)	2.70E+01	6.15E-02	-5.15E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.59E+01	1.71E+01
-1.35E+01							
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	5.583E+00	2.455E+00	-2.560E+00	0.000E+00	0.000E+00	6.56917E+00	
BOT	-1.040E+00	2.440E+00	-1.300E+00	0.000E+00	0.000E+00	3.82609E+00	

ELEMENT NUMBER= 418

CNTR FRC	MX	MY	MXY	VX	VY	NX	NY
NXY							
(ECS:-1)	2.86E+01	9.32E+00	-2.24E-01	0.00E+00	0.00E+00	1.21E+01	1.87E+00
-2.65E+00							
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	5.225E+00	1.409E+00	-4.055E-01	0.000E+00	0.000E+00	4.73520E+00	
BOT	-1.778E+00	-8.731E-01	-3.508E-01	0.000E+00	0.000E+00	1.65558E+00	

ELEMENT NUMBER= 419

CNTR FRC	MX	MY	MXY	VX	VY	NX	NY
NXY							
(ECS:-1)	-1.56E+01	-2.43E+01	-4.16E-01	0.00E+00	0.00E+00	1.26E+01	1.57E+01
-1.30E+01							
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	-1.157E-01	-7.332E-01	-1.905E+00	0.000E+00	0.000E+00	3.37002E+00	
BOT	3.703E+00	5.206E+00	-1.803E+00	0.000E+00	0.000E+00	5.59414E+00	

ELEMENT NUMBER= 420

CNTR FRC	MX	MY	MXY	VX	VY	NX	NY
NXY							
(ECS:-1)	-2.38E+01	2.76E+00	-1.25E+01	0.00E+00	0.00E+00	1.88E+01	1.03E+01
-7.64E+00							
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	-2.323E-01	1.805E+00	-2.624E+00	0.000E+00	0.000E+00	4.93813E+00	
BOT	5.592E+00	1.128E+00	4.398E-01	0.000E+00	0.000E+00	5.17873E+00	

ELEMENT NUMBER= 421

CNTR FRC	MX	MY	MX Y	VX	VY	NX	NY
(ECS:-1)	-6.86E+01	-4.19E+01	1.09E+01	0.00E+00	0.00E+00	1.09E+01	6.22E+00
-1.01E+01							
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	-6.839E+00	-4.244E+00	-1.172E-01	0.000E+00	0.000E+00	5.98293E+00	
BOT	9.959E+00	6.020E+00	-2.780E+00	0.000E+00	0.000E+00	9.93217E+00	

ELEMENT NUMBER= 422

CNTR FRC	MX	MY	MX Y	VX	VY	NX	NY
(ECS:-1)	-8.59E+01	-2.67E+01	-1.02E+01	0.00E+00	0.00E+00	2.16E+01	6.64E+00
-1.01E+01							
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	-7.437E+00	-2.325E+00	-2.686E+00	0.000E+00	0.000E+00	8.06625E+00	
BOT	1.360E+01	4.223E+00	-1.905E-01	0.000E+00	0.000E+00	1.20649E+01	

ELEMENT NUMBER= 423

CNTR FRC	MX	MY	MX Y	VX	VY	NX	NY
(ECS:-1)	-1.09E+01	-5.33E+00	1.17E+01	0.00E+00	0.00E+00	-1.83E+00	5.76E-01
-4.16E+00							
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	-1.602E+00	-5.704E-01	8.389E-01	0.000E+00	0.000E+00	2.02190E+00	
BOT	1.079E+00	7.351E-01	-2.027E+00	0.000E+00	0.000E+00	3.63829E+00	

ELEMENT NUMBER= 424

CNTR FRC	MX	MY	MX Y	VX	VY	NX	NY
(ECS:-1)	2.85E+00	-2.76E+01	1.39E+01	0.00E+00	0.00E+00	-6.88E+00	-7.19E+00
1.21E+00							
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	-6.340E-01	-4.405E+00	1.872E+00	0.000E+00	0.000E+00	5.24654E+00	
BOT	-1.332E+00	2.351E+00	-1.526E+00	0.000E+00	0.000E+00	4.17355E+00	

S O L U T I O N T I M E L O G I N S E C F O R S T R E S S C A L C U L A T I O N S

READING GENERAL INFORMATION AND ELEMENT DATA . . .	=	0
STRESS CALCULATION AND PRINTOUT	=	0
UPDATING DATABASE	=	0
TOTAL SOLUTION TIME	=	0

T O T A L S Y S T E M D A T A

NUMBER OF EQUATIONS (NEQ) = 1710
 NUMBER OF MATRIX ELEMENTS (NWK) = 56133
 MAXIMUM HALF BANDWIDTH (MK) = 84
 MEAN HALF BANDWIDTH (MM) = 32
 NUMBER OF ELEMENTS (NUME) = 424
 NUMBER OF NODAL POINTS (NUMNP) = 298
 SIZE OF EACH BLOCK (MTBLK) = 8000
 NUMBER OF BLOCKS (NBLK) = 8

MAXIMUM DIAGONAL STIFFNESS MATRIX VALUE = .689162E+10
 MINIMUM DIAGONAL STIFFNESS MATRIX VALUE = .877076E+05

LOAD CASE NUMBER = 1

TOTAL STRAIN ENERGY = .150058E+04

D I S P L A C E M E N T S

NODE	X-DISPL.	Y-DISPL.	Z-DISPL.	XX-ROT.	YY-ROT.	ZZ-ROT.
1	-3.06150E-02	3.07936E-02	-7.63956E-02	9.65715E-05	3.42074E-03	
2	-.14449	.16125	-.39598	-6.43644E-04	8.12845E-03	
3	-.33783	.37815	-.93379	-2.26228E-03	1.19123E-02	
4	-.59938	.66235	-1.6638	-4.30538E-03	1.53642E-02	
5	6.48574E-03	-8.63149E-03	2.02623E-02	4.23183E-04	1.99913E-03	
6	-4.57080E-02	5.06077E-02	-.12369	-7.05463E-04	4.70633E-03	
7	-.15869	.17661	-.43401	-1.84107E-03	7.89824E-03	
8	-.32662	.36149	-.89445	-3.57825E-03	1.09176E-02	
9	9.04674E-03	-1.07205E-02	2.53887E-02	6.14759E-04	3.20552E-04	
10	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000	
11	-4.47089E-02	4.90723E-02	-.12082	-8.54458E-04	4.26407E-03	
12	-.13287	.14649	-.36115	-2.60228E-03	6.55718E-03	
13	4.10567E-03	-5.01647E-03	1.18859E-02	4.10331E-04	-8.25811E-05	
14	2.19948E-03	-2.80187E-03	6.39452E-03	3.58777E-04	2.37195E-04	
15	-5.41971E-03	5.19295E-03	-1.35419E-02	2.20942E-04	1.08425E-03	
16	-3.21360E-02	3.45495E-02	-8.58118E-02	-7.73282E-04	2.33624E-03	
17	8.14066E-04	-1.51414E-03	2.75625E-03	7.07196E-05	2.65433E-05	
18	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000

281	-5.05844E-03	3.90624E-03	-3.12670E-03	1.84109E-06	1.35264E-05	
4.86302E-05						
282	-1.53931E-02	1.32782E-02	-1.20576E-02	4.97909E-05	3.12048E-04	
3.84298E-04						
283	-3.21132E-02	2.94695E-02	-2.56806E-02	6.62072E-05	2.11354E-04	
2.16800E-04						
284	-3.31717E-02	3.12056E-02	-2.71575E-02	1.05668E-04	-7.15050E-05	-
1.91423E-04						
285	-1.72526E-02	1.63129E-02	-1.42114E-02	1.51376E-04	-2.89340E-04	-
4.87167E-04						
286	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000	
.00000						
287	-7.83306E-03	6.86980E-03	-9.90539E-03	-6.51881E-05	2.80219E-04	
2.88700E-04						
288	-2.37888E-02	2.05582E-02	-1.76696E-02	7.81362E-05	2.47202E-04	
3.08643E-04						
289	-3.38191E-02	3.11566E-02	-2.65454E-02	1.19218E-04	2.00181E-04	
1.89608E-04						
290	-3.52657E-02	3.31708E-02	-2.85083E-02	1.42359E-04	-1.00131E-05	-
1.20555E-04						
291	-2.55993E-02	2.39824E-02	-2.09340E-02	1.79148E-04	-2.07517E-04	-
4.17107E-04						
292	-1.00054E-02	8.56698E-03	-7.78426E-03	1.90349E-04	-1.87307E-04	-
4.12546E-04						
293	-2.72399E-03	1.36407E-03	-2.46399E-03	8.05928E-05	2.06123E-04	
1.20035E-04						
294	-9.37329E-03	7.82960E-03	-1.11922E-02	-9.27576E-06	2.31756E-04	
2.19020E-04						
295	-3.89222E-02	3.66716E-02	-2.97943E-02	1.98669E-04	9.95532E-05	
1.86354E-05						
296	-3.59139E-02	3.44530E-02	-2.88146E-02	2.07880E-04	-3.19463E-05	-
1.93839E-04						
297	-2.83176E-02	2.71554E-02	-2.32090E-02	2.19836E-04	-1.77956E-04	-
3.87673E-04						
298	-1.74350E-02	1.56420E-02	-1.39396E-02	2.27678E-04	-2.48080E-04	-
4.90990E-04						
299	-8.15693E-03	5.47128E-03	-5.93533E-03	1.97284E-04	-5.75313E-05	-
2.62800E-04						
300	-6.63688E-03	4.14315E-03	-6.24875E-03	1.02302E-04	2.50219E-04	
1.43132E-04						

S O L U T I O N T I M E L O G I N S E C
FOR PROBLEM

TIME FOR INPUT PHASE	=	0
TIME FOR CALCULATION OF STRUCTURE STIFFNESS MATRIX=		0
TRIANGULARIZATION OF STIFFNESS MATRIX	=	0
TIME FOR LOAD CASE SOLUTIONS	=	0
T O T A L S O L U T I O N T I M E	=	0

S T R E S S E V A L U A T I O N F O R S T A T I C A N A L Y S I S

STRESS OUTPUT FOR ELEMENT GROUP 1 CASE NO. 1

ELEMENT NUMBER= 1

CNTR FRC	MX	MY	MXY	VX	VY	NX	NY
NXY							
(ECS:-1)	-1.69E+01	-3.47E+02	4.98E+01	0.00E+00	0.00E+00	-1.13E+01	-2.28E+01
-1.14E+01							
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	

TOP	-3.686E+00	-4.581E+01	4.464E+00	0.000E+00	0.000E+00	4.47532E+01
BOT	4.556E-01	3.929E+01	-7.721E+00	0.000E+00	0.000E+00	4.12897E+01

ELEMENT NUMBER= 2

CNTR FRC	MX	MY	MX Y	VX	VY	NX	NY
NXY							
(ECS:-1)	-5.55E+02	-8.45E+01	1.09E+02	0.00E+00	0.00E+00	4.09E+01	1.27E+01
8.51E+00							
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	-6.210E+01	-8.521E+00	1.456E+01	0.000E+00	0.000E+00	6.35290E+01	
BOT	7.378E+01	1.216E+01	-1.213E+01	0.000E+00	0.000E+00	7.16643E+01	

ELEMENT NUMBER= 3

CNTR FRC	MX	MY	MX Y	VX	VY	NX	NY
NXY							
(ECS:-1)	3.60E+01	-4.44E+02	3.52E+01	0.00E+00	0.00E+00	1.84E+00	8.03E-01
-4.86E+00							
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	4.673E+00	-5.426E+01	3.617E+00	0.000E+00	0.000E+00	5.70858E+01	
BOT	-4.147E+00	5.449E+01	-5.004E+00	0.000E+00	0.000E+00	5.73359E+01	

ELEMENT NUMBER= 4

CNTR FRC	MX	MY	MX Y	VX	VY	NX	NY
NXY							
(ECS:-1)	-4.42E+02	-4.22E+01	1.77E+02	0.00E+00	0.00E+00	2.95E+01	5.03E+00
-8.74E-01							
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	-4.990E+01	-4.451E+00	2.159E+01	0.000E+00	0.000E+00	6.07092E+01	
BOT	5.833E+01	5.887E+00	-2.184E+01	0.000E+00	0.000E+00	6.72630E+01	

ELEMENT NUMBER= 5

CNTR FRC	MX	MY	MX Y	VX	VY	NX	NY
NXY							
(ECS:-1)	5.80E+01	-4.57E+02	-5.97E+01	0.00E+00	0.00E+00	5.08E+00	-5.69E+00
-6.83E+00							
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	7.831E+00	-5.682E+01	-8.291E+00	0.000E+00	0.000E+00	6.27748E+01	
BOT	-6.379E+00	5.519E+01	6.339E+00	0.000E+00	0.000E+00	5.96600E+01	

ELEMENT NUMBER= 6

CNTR FRC	MX	MY	MX Y	VX	VY	NX	NY
NXY							
(ECS:-1)	-3.87E+02	-1.56E+01	2.06E+02	0.00E+00	0.00E+00	-6.49E+00	-2.65E+01
2.37E+01							
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	-4.834E+01	-5.701E+00	2.858E+01	0.000E+00	0.000E+00	6.74164E+01	
BOT	4.649E+01	-1.874E+00	-2.181E+01	0.000E+00	0.000E+00	6.06495E+01	

ELEMENT NUMBER= 7

CNTR FRC	MX	MY	MX Y	VX	VY	NX	NY
NXY							
(ECS:-1)	9.95E+01	-1.10E+02	-4.57E+01	0.00E+00	0.00E+00	-6.69E+00	-9.02E+00
-7.75E+00							
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	1.122E+01	-1.473E+01	-6.707E+00	0.000E+00	0.000E+00	2.53603E+01	
BOT	-1.314E+01	1.215E+01	4.494E+00	0.000E+00	0.000E+00	2.32468E+01	

ELEMENT NUMBER= 8

CNTR FRC	MX	MY	MXY	VX	VY	NX	NY
NXY							
(ECS:-1)	-4.22E+02	-1.57E+02	2.15E+02	0.00E+00	0.00E+00	1.24E+00	-1.43E+01
	6.42E+00						
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	-5.156E+01	-2.130E+01	2.723E+01	0.000E+00	0.000E+00	6.51020E+01	
BOT	5.191E+01	1.721E+01	-2.540E+01	0.000E+00	0.000E+00	6.35017E+01	

ELEMENT NUMBER= 9

CNTR FRC	MX	MY	MXY	VX	VY	NX	NY
NXY							
(ECS:-1)	-2.74E+02	-6.21E+02	-1.40E+01	0.00E+00	0.00E+00	3.44E+00	-1.63E+01
	2.16E+00						
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	-3.305E+01	-7.839E+01	-1.402E+00	0.000E+00	0.000E+00	6.82099E+01	
BOT	3.404E+01	7.374E+01	2.018E+00	0.000E+00	0.000E+00	6.40228E+01	

ELEMENT NUMBER= 10

CNTR FRC	MX	MY	MXY	VX	VY	NX	NY
NXY							
(ECS:-1)	-4.42E+02	-1.86E+02	1.58E+02	0.00E+00	0.00E+00	-4.91E+00	7.40E+00
	5.96E+00						
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	-5.477E+01	-2.169E+01	2.022E+01	0.000E+00	0.000E+00	5.92357E+01	
BOT	5.337E+01	2.380E+01	-1.852E+01	0.000E+00	0.000E+00	5.63288E+01	

ELEMENT NUMBER= 11

CNTR FRC	MX	MY	MXY	VX	VY	NX	NY
NXY							
(ECS:-1)	-2.31E+01	-4.10E+02	-1.23E+02	0.00E+00	0.00E+00	6.62E+00	-1.57E+01
	-6.12E+00						
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	-1.880E+00	-5.239E+01	-1.598E+01	0.000E+00	0.000E+00	5.84447E+01	
BOT	3.772E+00	4.791E+01	1.423E+01	0.000E+00	0.000E+00	5.23166E+01	

ELEMENT NUMBER= 12

CNTR FRC	MX	MY	MXY	VX	VY	NX	NY
NXY							
(ECS:-1)	-3.86E+02	-1.15E+02	2.19E+02	0.00E+00	0.00E+00	-2.82E+01	-2.24E+01
	2.04E+01						
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	-5.132E+01	-1.723E+01	2.978E+01	0.000E+00	0.000E+00	6.86097E+01	
BOT	4.325E+01	1.083E+01	-2.394E+01	0.000E+00	0.000E+00	5.69133E+01	

ELEMENT NUMBER= 13

CNTR FRC	MX	MY	MXY	VX	VY	NX	NY
NXY							
(ECS:-1)	2.90E+01	-5.20E+01	-6.56E-01	0.00E+00	0.00E+00	-3.25E+00	-1.78E+00
	-3.04E+00						
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	3.089E+00	-6.621E+00	-5.141E-01	0.000E+00	0.000E+00	8.63837E+00	
BOT	-4.018E+00	6.113E+00	-3.534E-01	0.000E+00	0.000E+00	8.85754E+00	

ELEMENT NUMBER= 14

CNTR FRC	MX	MY	MXY	VX	VY	NX	NY
(ECS:-1)	3.15E+01	4.73E+01	6.52E+01	0.00E+00	0.00E+00	5.89E+00	-1.53E+00
NXY							
(ECS:-1)	3.15E+01	4.73E+01	6.52E+01	0.00E+00	0.00E+00	5.89E+00	-1.53E+00
-4.51E+00							
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	4.703E+00	5.578E+00	7.335E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.37263E+01	
BOT	-3.021E+00	-6.015E+00	-8.623E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.58176E+01	

ELEMENT NUMBER= 15

CNTR FRC	MX	MY	MXY	VX	VY	NX	NY
(ECS:-1)	-6.48E+01	-8.98E+01	3.42E+01	0.00E+00	0.00E+00	8.53E+00	-2.34E+00
NXY							
(ECS:-1)	-6.48E+01	-8.98E+01	3.42E+01	0.00E+00	0.00E+00	8.53E+00	-2.34E+00
6.15E+00							
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	-6.715E+00	-1.133E+01	5.071E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.32111E+01	
BOT	9.154E+00	1.066E+01	-3.315E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.15263E+01	

ELEMENT NUMBER= 16

CNTR FRC	MX	MY	MXY	VX	VY	NX	NY
(ECS:-1)	-5.43E+02	-3.08E+02	1.67E+02	0.00E+00	0.00E+00	-1.39E+01	4.59E+00
NXY							
(ECS:-1)	-5.43E+02	-3.08E+02	1.67E+02	0.00E+00	0.00E+00	-1.39E+01	4.59E+00
3.53E+00							
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	-6.848E+01	-3.702E+01	2.090E+01	0.000E+00	0.000E+00	6.95335E+01	
BOT	6.450E+01	3.833E+01	-1.989E+01	0.000E+00	0.000E+00	6.59096E+01	

ELEMENT NUMBER= 17

CNTR FRC	MX	MY	MXY	VX	VY	NX	NY
(ECS:-1)	-6.82E+01	-3.56E+02	-1.26E+02	0.00E+00	0.00E+00	3.24E+00	-9.39E+00
NXY							
(ECS:-1)	-6.82E+01	-3.56E+02	-1.26E+02	0.00E+00	0.00E+00	3.24E+00	-9.39E+00
-1.49E+00							
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	-7.890E+00	-4.497E+01	-1.569E+01	0.000E+00	0.000E+00	4.96843E+01	
BOT	8.817E+00	4.229E+01	1.527E+01	0.000E+00	0.000E+00	4.68218E+01	

ELEMENT NUMBER= 18

CNTR FRC	MX	MY	MXY	VX	VY	NX	NY
(ECS:-1)	-3.28E+02	-2.58E+02	2.46E+02	0.00E+00	0.00E+00	-1.67E+01	-1.10E+01
NXY							
(ECS:-1)	-3.28E+02	-2.58E+02	2.46E+02	0.00E+00	0.00E+00	-1.67E+01	-1.10E+01
1.18E+01							
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	-4.257E+01	-3.318E+01	3.183E+01	0.000E+00	0.000E+00	6.73736E+01	
BOT	3.779E+01	3.003E+01	-2.846E+01	0.000E+00	0.000E+00	6.02099E+01	

ELEMENT NUMBER= 205

CNTR FRC	MX	MY	MX Y	VX	VY	NX	NY
(ECS:-1)	-1.33E+01	8.36E+01	-7.42E+01	0.00E+00	0.00E+00	-6.87E+01	7.60E-01
-3.06E+01							
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	-1.143E+01	1.034E+01	-1.346E+01	0.000E+00	0.000E+00	2.99944E+01	
BOT	-8.187E+00	-1.012E+01	4.719E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.23879E+01	

ELEMENT NUMBER= 206

CNTR FRC	MX	MY	MX Y	VX	VY	NX	NY
(ECS:-1)	9.17E+01	9.38E+00	-7.29E+01	0.00E+00	0.00E+00	1.26E+01	2.31E+01
-6.14E+01							
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	1.302E+01	4.454E+00	-1.770E+01	0.000E+00	0.000E+00	3.27335E+01	
BOT	-9.436E+00	2.156E+00	1.453E-01	0.000E+00	0.000E+00	1.06815E+01	

ELEMENT NUMBER= 207

CNTR FRC	MX	MY	MX Y	VX	VY	NX	NY
(ECS:-1)	1.29E+02	4.65E+01	-2.86E+01	0.00E+00	0.00E+00	-2.85E+01	-1.12E+01
5.39E+01							
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	1.178E+01	4.099E+00	4.199E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.26527E+01	
BOT	-1.991E+01	-7.286E+00	1.120E+01	0.000E+00	0.000E+00	2.60935E+01	

ELEMENT NUMBER= 208

CNTR FRC	MX	MY	MX Y	VX	VY	NX	NY
(ECS:-1)	6.26E+01	6.83E+00	6.27E+00	0.00E+00	0.00E+00	-2.04E+01	-2.28E+00
1.27E+01							
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	4.753E+00	5.111E-01	2.580E+00	0.000E+00	0.000E+00	6.35577E+00	
BOT	-1.057E+01	-1.162E+00	1.046E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.02054E+01	

ELEMENT NUMBER= 209

CNTR FRC	MX	MY	MX Y	VX	VY	NX	NY
(ECS:-1)	5.11E+01	2.94E+01	-3.67E+01	0.00E+00	0.00E+00	3.80E+01	2.63E+01
-3.39E+01							
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	1.168E+01	7.363E+00	-9.345E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.91490E+01	
BOT	-8.272E-01	1.613E-01	-3.501E-01	0.000E+00	0.000E+00	1.10066E+00	

ELEMENT NUMBER= 210

CNTR FRC	MX	MY	MX Y	VX	VY	NX	NY
(ECS:-1)	1.44E+02	-3.91E+00	-4.81E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.26E+02	2.79E+00
-3.41E+01							
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	3.562E+01	-8.001E-02	-5.461E+00	0.000E+00	0.000E+00	3.68905E+01	
BOT	4.462E-01	8.773E-01	-4.283E+00	0.000E+00	0.000E+00	7.45792E+00	

ELEMENT NUMBER= 409

CNTR FRC	MX	MY	MXY	VX	VY	NX	NY
NX Y							
(ECS:-1)	-6.57E+01	-7.54E+01	-1.59E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.81E+01	1.23E+01
	-1.16E+01						
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	-5.468E+00	-7.467E+00	-1.855E+00	0.000E+00	0.000E+00	7.42649E+00	
BOT	1.063E+01	1.099E+01	-1.467E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.11119E+01	

ELEMENT NUMBER= 410

CNTR FRC	MX	MY	MXY	VX	VY	NX	NY
NX Y							
(ECS:-1)	-1.26E+02	-6.92E+01	-9.18E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.46E+01	1.02E+01
	-3.11E+01						
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	-1.055E+01	-7.006E+00	-5.566E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.33920E+01	
BOT	2.043E+01	9.929E+00	-3.317E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.86055E+01	

ELEMENT NUMBER= 411

CNTR FRC	MX	MY	MXY	VX	VY	NX	NY
NX Y							
(ECS:-1)	-5.81E+01	-8.04E+01	3.55E+00	0.00E+00	0.00E+00	-1.33E+01	1.07E+01
	-7.68E+00						
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	-9.011E+00	-8.319E+00	-6.621E-01	0.000E+00	0.000E+00	8.76138E+00	
BOT	5.215E+00	1.138E+01	-1.532E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.02173E+01	

ELEMENT NUMBER= 412

CNTR FRC	MX	MY	MXY	VX	VY	NX	NY
NX Y							
(ECS:-1)	-3.17E+01	-4.35E+01	-7.87E-01	0.00E+00	0.00E+00	-1.40E+01	-2.02E+00
	-5.50E+00						
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	-5.884E+00	-5.611E+00	-8.826E-01	0.000E+00	0.000E+00	5.95224E+00	
BOT	1.888E+00	5.034E+00	-6.898E-01	0.000E+00	0.000E+00	4.56413E+00	

ELEMENT NUMBER= 413

CNTR FRC	MX	MY	MXY	VX	VY	NX	NY
NX Y							
(ECS:-1)	3.06E+01	-5.83E-01	-5.68E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.90E+01	1.40E+00
	-8.36E-01						
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	7.895E+00	1.287E-01	-8.151E-01	0.000E+00	0.000E+00	7.95773E+00	
BOT	3.942E-01	2.714E-01	5.763E-01	0.000E+00	0.000E+00	1.05762E+00	

ELEMENT NUMBER= 414

CNTR FRC	MX	MY	MXY	VX	VY	NX	NY
NX Y							
(ECS:-1)	3.50E+01	-1.23E+00	3.21E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.24E+01	-1.13E+01
	1.42E+01						
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	6.064E+00	-1.770E+00	2.424E+00	0.000E+00	0.000E+00	8.26224E+00	
BOT	-2.510E+00	-1.468E+00	1.638E+00	0.000E+00	0.000E+00	3.58039E+00	

ELEMENT NUMBER= 415

CNTR FRC	MX	MY	MXY	VX	VY	NX	NY
NXY							
(ECS:-1)	3.93E+01	4.88E+00	-5.63E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.39E+01	1.07E+01
	-1.17E+01						
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	8.229E+00	2.129E+00	-2.355E+00	0.000E+00	0.000E+00	8.44795E+00	
BOT	-1.391E+00	9.335E-01	-9.770E-01	0.000E+00	0.000E+00	2.63946E+00	

ELEMENT NUMBER= 416

CNTR FRC	MX	MY	MXY	VX	VY	NX	NY
NXY							
(ECS:-1)	4.54E+01	2.31E+00	7.69E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.11E+01	-1.08E+01
	4.34E+00						
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	7.143E+00	-1.261E+00	1.561E+00	0.000E+00	0.000E+00	8.30226E+00	
BOT	-3.979E+00	-1.826E+00	-3.223E-01	0.000E+00	0.000E+00	3.49451E+00	

ELEMENT NUMBER= 417

CNTR FRC	MX	MY	MXY	VX	VY	NX	NY
NXY							
(ECS:-1)	3.08E+01	-1.82E-01	-5.86E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.76E+01	1.96E+01
	-1.52E+01						
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	6.284E+00	2.780E+00	-2.887E+00	0.000E+00	0.000E+00	7.39922E+00	
BOT	-1.247E+00	2.824E+00	-1.453E+00	0.000E+00	0.000E+00	4.40278E+00	

ELEMENT NUMBER= 418

CNTR FRC	MX	MY	MXY	VX	VY	NX	NY
NXY							
(ECS:-1)	3.26E+01	1.10E+01	-3.68E-01	0.00E+00	0.00E+00	1.35E+01	2.07E+00
	-3.38E+00						
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	5.923E+00	1.640E+00	-5.274E-01	0.000E+00	0.000E+00	5.37543E+00	
BOT	-2.060E+00	-1.049E+00	-4.373E-01	0.000E+00	0.000E+00	1.93856E+00	

ELEMENT NUMBER= 419

CNTR FRC	MX	MY	MXY	VX	VY	NX	NY
NXY							
(ECS:-1)	-1.96E+01	-2.85E+01	-4.05E-01	0.00E+00	0.00E+00	1.33E+01	1.78E+01
	-1.43E+01						
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	-4.991E-01	-9.370E-01	-2.092E+00	0.000E+00	0.000E+00	3.71409E+00	
BOT	4.297E+00	6.032E+00	-1.993E+00	0.000E+00	0.000E+00	6.39100E+00	

ELEMENT NUMBER= 420

CNTR FRC	MX	MY	MXY	VX	VY	NX	NY
NXY							
(ECS:-1)	-2.90E+01	3.16E+00	-1.50E+01	0.00E+00	0.00E+00	2.11E+01	1.20E+01
	-9.44E+00						
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	-5.287E-01	2.100E+00	-3.188E+00	0.000E+00	0.000E+00	6.02478E+00	
BOT	6.570E+00	1.326E+00	4.918E-01	0.000E+00	0.000E+00	6.07754E+00	

ELEMENT NUMBER= 421

CNTR FRC	MX	MY	MX Y	VX	VY	NX	NY
(ECS:-1)	-8.43E+01	-4.92E+01	1.25E+01	0.00E+00	0.00E+00	1.01E+01	6.54E+00
-1.05E+01							
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	-8.873E+00	-5.087E+00	2.829E-02	0.000E+00	0.000E+00	7.71212E+00	
BOT	1.176E+01	6.954E+00	-3.037E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.15162E+01	

ELEMENT NUMBER= 422

CNTR FRC	MX	MY	MX Y	VX	VY	NX	NY
(ECS:-1)	-1.05E+02	-3.22E+01	-1.36E+01	0.00E+00	0.00E+00	2.38E+01	8.22E+00
-1.31E+01							
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	-9.508E+00	-2.772E+00	-3.532E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.04478E+01	
BOT	1.632E+01	5.121E+00	-2.029E-01	0.000E+00	0.000E+00	1.44596E+01	

ELEMENT NUMBER= 423

CNTR FRC	MX	MY	MX Y	VX	VY	NX	NY
(ECS:-1)	-1.58E+01	-5.05E+00	1.29E+01	0.00E+00	0.00E+00	-1.17E+01	-1.01E+00
-2.24E+00							
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	-3.602E+00	-7.618E-01	1.257E+00	0.000E+00	0.000E+00	3.94319E+00	
BOT	2.725E-01	4.740E-01	-1.897E+00	0.000E+00	0.000E+00	3.31183E+00	

ELEMENT NUMBER= 424

CNTR FRC	MX	MY	MX Y	VX	VY	NX	NY
(ECS:-1)	1.29E+00	-3.41E+01	1.47E+01	0.00E+00	0.00E+00	-1.46E+01	-1.31E+01
-6.44E+00							
CNTR STR	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	TAU-XZ	TAU-YZ	VON MISES	
TOP	-1.925E+00	-6.047E+00	8.814E-01	0.000E+00	0.000E+00	5.56415E+00	
BOT	-2.242E+00	2.310E+00	-2.721E+00	0.000E+00	0.000E+00	6.14471E+00	

S O L U T I O N T I M E L O G I N S E C F O R S T R E S S C A L C U L A T I O N S

READING GENERAL INFORMATION AND ELEMENT DATA . . .	=	0
STRESS CALCULATION AND PRINTOUT	=	0
UPDATING DATABASE	=	0
T O T A L S O L U T I O N T I M E	=	0

BIBLIOGRAFIE

1. **AHMED ALI ELHASSAN ABDULLA** – “Contribuții teoretice și experimentale privind reducerea rezistenței la tracțiune și mărirea vitezei de lucru a plugurilor”, Teză de doctorat, I.P.T.V, Timișoara, 1980;
2. **AL-JALIL, H.F; MARLEY, S.J; BUCHELE, W.F** – “Spring domper control of lateral cutting angle for a variable – speed moaldboard plow”, Transaction of the ASAE, nr. 22(3), pag. 497-499;
3. **ALĂMOREANU, ELENA; BUZDUGAN, G** – “Îndrumător de calcul în ingineria mecanică”, Editura Tehnică, București, 1996;
4. **ALĂMOREANU, ELENA; CHIRIȚĂ, R** – “Bare și plăci din materiale compozite”, Editura Tehnică, București, 1997;
5. **ANDRINGA, J.T** – “Demonstratie wentelploegen op kleiground”, Landbouwmechanisatie(L.M.), nr. 1, januari 1981, pag. 45-49;
6. **ANGHEL, ȘTEFAN** - "Organe de mașini", vol. I + II, Lito. Universitatea "Eftimie Murgu" Reșița, 1996;
7. **ASHBY, W** – “A method of comparing plow bottom shapes”, Agricultural Engineering, nr. 12, 1931, pag. 411-412;
8. **BABEU, T; DUMITRU, I. și colectivul** – “Lucrări de laborator de rezistența materialelor”, Editura I.P.T.V, Timișoara, 1990;
9. **BABEU, T** – “Rezistența materialelor”, vol. I + II, Lito. I.P.T.V. Timișoara, 1980;
10. **BABEU, T** – “Rezistența materialelor”, Vol. I + II, Lito. U.T.Timișoara, 1991;
11. **BABEU, T** – “Teoria elementară a rezistenței materialelor”, Editura Mirton, Timișoara, 1998;
12. **BABICIU, P; SIMION, D** – “Contribuții la realizarea plugului purtat PP – 4 – 30 pentru tractoarele pe roți de 65 CP”, Rev. “Mecanizarea și electrificarea agriculturii”, nr. 4, București, 1968;
13. **BABICIU, P; BIRIȘ, S** – “Antecormana - Un nou organ de lucru pentru pluguri”, Conferința “TransAgra Tech 98”, Tractoare și Mașini agricole, vol. I, Cluj, 1998, pag. 39-42;
14. **BABICIU, P; BIRIȘ, S** – “Metoda grafică de proiectare a unei antecormane”, Conferința “TransAgra Tech 98”, Tractoare și Mașini agricole, vol. I, Cluj, 1998, pag. 57-60;
15. **BABICIU, P; BIRIȘ, S** – “Teoria procesului de lucru a antecormanei”, Conferința “TransAgra Tech 98”, Tractoare și Mașini agricole, vol. I, Cluj, 1998, pag. 43-50;
16. **BABICIU, P** – “Realizarea familiei de pluguri cu lățimea de lucru variabilă – condiție a efectuării unor lucrări de calitate superioară și a reducerii consumului de combustibil la arat”, Rev. “Mecanizarea agriculturii”, nr. 10, București, 1987;

17. **BABICIU, P; BIRIȘ, S** – “Programe de inițiere în AUTOLISP cu aplicații în construcția de mașini agricole”, Editura Printech, București 1998;
18. **BANHAZI, J; LEHOEZKI, L** – “Untersuchungen au Pflugen mit Kunststoffstreichblechen”, Rev. “Agrartechnik”, nr. 3, 1995;
19. **BANHAZI, J** – “Novenytermesztési gépek”, Egyetemi jegyzet, Gödölö, ATE, 1981;
20. **BARALDI, GUALTIERO; PEZZI, FABIO** – “Lavorazione terreno”, Rev. “Terra e vita”, nr. 24, 1982, pag. 37-52;
21. **BARBA, V; WOLF, C** – “Studiul și realizarea aparaturii pentru prelucrarea diagramelor”, Lucrări științifice I.C.M.A, vol. IX, București, 1965;
22. **BARBA, V; TOMA, D** – “Studiul și realizarea aparaturii pentru măsurarea presiunilor exercitate de sol asupra diferitelor organe active ale plugului”, Lucrări științifice, vol. X, Redacția Revistelor Agricole, București, 1965, pag. 453-477;
23. **BARBA, V; PANĂ, ȘT. ș.a.** – “Realizarea și experimentarea laboratorului mobil pentru efectuarea măsurătorilor pe cale electrică a mărimilor neelectrice la tractoare și mașini agricole la lucrările din câmp”, Lucrări științifice, vol. X, Redacția Revistelor Agricole, București, 1965, pag. 421-451;
24. **BARBA, V; PANĂ, ȘT** – “Studii privind realizarea și adaptarea aparaturii pentru echiparea unui laborator tensiometric mobil cu 12 canale de măsurare”, Lucrări științifice, vol. XII, Redacția Revistelor Agricole, București, 1968, pag. 207-228;
25. **BARBA, V; EBENSTEIN, H. ș.a.** – “Realizarea și adaptarea dispozitivelor și aparaturii de măsurare, necesară electrotensometrării mașinilor, tractoarelor și instalațiilor agricole”, Lucrări științifice, vol. XII, Redacția Revistelor Agricole, București, 1968, pag. 229-245;
26. **BARBA, V; ILIESCU, I; ERHAN, I. ș.a.** – “Studii și cercetări privind stabilirea metodelor, adaptarea și realizarea aparaturii și dispozitivelor de măsurări complexe necesare experimentării tractoarelor, mașinilor și instalațiilor agricole”, Lucrări științifice, vol. XVI, Editura Ceres, București, 1970, pag. 369-391;
27. **BARBA, V; ILIESCU, I** – “Cercetări privind realizarea de aparatură pentru electrotensometrie în construcție tranzistorizată”, Lucrări științifice, vol. XV, Editura Ceres, București, 1970, pag. 389-399;
28. **BARBA, V; ERHAN, I. ș.a.** – “Studii și cercetări privind stabilirea metodelor de măsurare și execuție a măsurătorilor complexe la tractoare, mașini și instalații agricole”, Lucrări științifice, vol. XV, Editura Ceres, București, 1970, pag. 411-418;
29. **BARBA, V; PANĂ, ȘT. ș.a.** – “Cercetări privind realizarea și adaptarea aparaturii și dispozitivelor de măsurare, necesare experimentării în câmp a tractoarelor, mașinilor și instalațiilor agricole”, Lucrări științifice, vol. XV, Editura Ceres, București, 1970, pag. 419-428;
30. **BARRET, F.M** - “A helical design for plough mouldboard”, Journal of Agricultural Engineering Research, nr. 12(3), 1967, pag. 178-183;

31. **BARTA, L; FULÖP, G; JÖRI, J.I** – “A nagyteljesítményű traktorok talajművelő gépei”(Mașinile de lucrat solul pentru tractoarele de putere mare – limba maghiară), Mezogazdasági, Kiado, Budapest, 1980;

32. **BARTELD, G; SCHLIEKELMANN, R.I** – “Progress in Advanced Materials and Processes – Durability, Reliability and Quality Control”(Progrese în domeniul materialelor și tehnologiilor avansate – durabilitate, fiabilitate, asigurarea calității), Amsterdam Elsevier(nr. 29 al colecției monografii din „Știința materialelor”), 1985;

33. **BENEŠ, PETR** – “Agritechnica ’99 – Exkluzivní návštěva u firmy Pöttinger”, Rev. “Mechanizace zemědělství”, Praha, nr. 11, 1999, pag. 20 – 21;

34. **BERNAKI, H; HAMAN, J** – “Grundloggen der Bodenbearbeitung und pflugbau”, Veb Verlag Technik, Berlin, 1972;

35. **BERNAKI, H ș.a.** – “Agricultural Machines, Theory and Construction”(Mașini agricole, Teorie și Construcție), vol. I, Varșovia, 1972;

36. **BIRIȘ, S; BABICIU, P** – “Metoda analitică de proiectare a unei antecormane”, Conferința “TransAgra Tech 98”, Tractoare și Mașini agricole, vol. I, Cluj, 1998, pag. 51-56;

37. **BLUMENFELD, M ș.a.** – “Metoda elementelor finite(Aplicații și programe introductive)”, Editura I.P. București, 1992;

38. **BLUMENFELD, M** – “Introducere în metoda elementelor finite”, Editura Tehnică, București, 1995;

39. **BOLTINSKI, N.V** – “Încercări comparative în condiții de producție a agregatelor de mașini agricole, la viteze de 5 – 9 km/oră și 9 – 15 km/oră”, Revista “Mehanizacia I Elektrizacia soșialisticeskogo selskogo hoziaistva”, nr. 5, 1964;

40. **BOSI, ANA MARIA** – “Challenger grandi potenze su cingoli in gomma”, Rev. italiană “m & ma”(Macchine e motori agricole), nr. 2, 1998, pag. 69-70;

41. **BOWERS, W** – “Agricultural field equipment” – In Energy in World Agricultura”, vol. 6, Elsevier London, 1992, pag. 117-129;

42. **BROZMAN, DUŠAN; BALLA, JOSEF** – “Meranie A Počítačová simulácia tvaru reznej hrany nástroja pri penetrácii do pôdy”(A computer model and measurement of a shape of ploughshare cutting edge at penetrating through soil), Acta Technologica Agriculturae(Vedecký časopis pre mechanizáciu poľnohospodárstva), The scientific Journal for Agricultural Engineering), Ročník 2, 1999, Slovakia, pag. 46 – 50;

43. **BRUNOTT’E, JOACHIM** – “Trends der Bodenbearbeitung”, Rev. “LandTechnik”, Agricultural Engineering, nr. 6, November 1999, pag. 362 – 363;

44. **BRZKOVSKÝ, KAREL** – “Orat či neorat”, ČVUT – fakulta strojní, Praha, Rev. “Mechanizace zemědělství”, nr. 9, 1999, pag. 33 - 34;

45. **BUNGESCU, S** – “Stadiul actual al cercetărilor și realizărilor în domeniul cormanelor plugurilor mecanice”, Referat nr. 1 al Tezei de doctorat, Universitatea POLITEHNICA Timișoara, 1997;

46. **BUNGESCU, S** – “Considerații teoretice privind distribuția tensiunilor pe suprafața cormanelor plugurilor mecanice”, Referat nr. 2 al Tezei de doctorat, Universitatea POLITEHNICA Timișoara, 1998;

47. **BUNGESCU, S** – “Cercetări experimentale privind distribuția tensiunilor pe suprafața cormanei de tip lamelar”, Referat nr. 3 al Tezei de doctorat, Universitatea POLITEHNICA Timișoara, 1999;

48. **BUNGESCU, S; ȘTEFAN, C** – “Necesitatea utilizării plugurilor cu cormane lamelare în agricultura Banatului”, Rev. “Agricultura Banatului”, nr. 8-9, 1997, pag. 10;

49. **BUNGESCU, S; ȘTEFAN, C; TONEA, CORNELIA** – “Regarding the utilization prospect of the mouldboards with lamellas in the ploughes design”, Scientifical Research Horticulture, Genetics Engineering, Editura Agroprint, Timișoara, 1998, pag. 135-144;

50. **BUNGESCU, S; ȘTEFAN, C** – “Cu privire la evoluția materialelor utilizate în construcția cormanelor plugurilor mecanice”, Simpozionul “Tinerii și cercetarea multidisciplinară”, Editura Sudura, Timișoara, 1998, pag. 245-254;

51. **BUNGESCU, S; FAUR NICOLAE; ȘTEFAN CONSTANTIN**: “Analiza numerică a stării de tensiune în cormana de tip lamelar.”, Lucrările celui de al II-lea Simpozion Regional “Tinerii și cercetarea multidisciplinară”, 9 – 10 Decembrie 1999. Editura Mirton, Timișoara, pag. 344 – 351;

52. **BUNGESCU, S; ȘTEFAN, C; TONEA, CORNELIA** – “Studiu privind utilizarea materialelor compozite în construcția cormanelor plugurilor mecanice”, Lucrare prezentată în cadrul “Sesiunii anuale de comunicări și referate științifice”, U.S.A.M.V.B, Timișoara, 1998;

53. **BUNGESCU, S; ȘTEFAN, C; POP, NICOLAE; LUPEA MIRCEA** - "Determinarea eforturilor unitare de pe cormana de plug", Contract - S.C. PROMT S.A., 10.12.1999;

54. **BUNGESCU, S; ȘTEFAN, C; TONEA, CORNELIA** – “Studiul procesului de lucru a plugurilor echipate cu cormane lamelare”, Buletinul Științific al Universității "POLITEHNICA" din Timișoara, Tom 45(59), Mecanica, 2000;

55. **BUNGESCU, S; MAGYAR, M. ZOLTAN, ȘTEFAN, C; TONEA CORNELIA** - "Cercetări experimentale privind comportarea unor pluguri cu cormane lamelare pe soluri tip "lăcoviște", Simpozionul "1990 - 2000 - 10 Ani de învățământ superior Horticol în Banat" - 12 - 14 octombrie 2000, Cercetări științifice seria a IV - a, Horticultură, Inginerie Genetică, U.S.A.M.V.B., Editura Agroprint, Timișoara, 2000;

56. **BUNGESCU S.; ȘTEFAN C.** - "Cercetări experimentale privind distribuția tensiunilor pe suprafața cormanei de tip lamelar în vederea optimizării construcției", Al IV-lea Simpozion Internațional „Cercetarea Multidisciplinară Regională” Timișoara, 16 -18 noiembrie, 2000;

57. **BUZDUGAN, GH; BLUMENFELD, M** – “Tensometrie electrică rezistivă”, Editura Tehnică, București, 1966;

58. **BUZDUGAN, GH** – “Rezistența materialelor”, Editura Tehnică, București, 1980;
59. **CANARACHE, A; ȘERBĂNESCU, I; TEACI, D; SAVOPOL, I** – “Îndrumător pentru studiul solului pe teren și în laborator”, Editura Agro – Silvică, București, 1967, pag. 126-130;
60. **CARP, V; MIHĂEȘI, V** – “Elemente de știința și tehnologia materialelor”, Editura Tehnică, București, 1998;
61. **CĂPROIU, ȘT. ș.a.** – “Mașini agricole pentru lucrările solului”, Lucrări de laborator, Timișoara, 1969;
62. **CĂPROIU, ȘT. ș.a.** – “Cercetări experimentale privind reducerea rezistenței la tracțiune și mărirea vitezei de lucru a plugurilor purtate”, Rev. “Mecanizarea și electrificarea agriculturii”, nr. 10, București, 1971;
63. **CĂPROIU, ȘT; BIZADEA, S; FITERO, LUCIA** – “Contribuții privind construcția suprafeței de lucru a unei cormne destinată plugurilor purtate pentru viteze mărite”, Rev. “Mecanizarea și electrificarea agriculturii”, nr. 7, București, 1972;
64. **CĂPROIU, ȘT. ș.a.** – “Reducerea rezistenței plugurilor în vederea mării vitezelor de lucru”, Rev. “Studii și cercetări de mecanică agricolă”, nr. 2; vol. 15, București, 1972;
65. **CĂPROIU, ȘT; SCRIPNIC, V; DUMITRU, I** – “Curs de teoria, calculul și construcția mașinilor agricole pentru lucrările solului”, vol. I, Editura I.P.T.V., Timișoara, 1973;
66. **CĂPROIU, ȘT; DUMITRU, ION ș.a.** – “Teoria, calculul și construcția mașinilor agricole pentru lucrările solului. Calculul și proiectarea plugurilor de tractor”, vol. I, Editura I.P.T.V., Timișoara, 1973;
67. **CĂPROIU, ȘT; SCRIPNIC, V. ș.a.** – “Mașini agricole de lucrat solul, semănat și întreținere a culturilor”, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1982;
68. **CĂPROIU, ȘT. ș.a.** – “Mașini agricole de lucrat solul”, Lucrări de laborator, Editura I.P.Timșoara, 1981;
69. **CÂRDEI, P; MURARU, V ș.a.** – “Contribuții ale analizei structurale în cercetarea și proiectarea mașinilor agricole”, Sesiunea științifică “Prezent și viitor în domeniul mașinilor și instalațiilor destinate agriculturii și industriei alimentare”, vol. I, I.N.M.A București, 1997, pag. 118-125;
70. **CÂRDEI, P; MURARU, V** – “Cercetări privind utilizarea analizei structurale în expertiza cedării unor cuțite ale combinelor de recoltata cereale și elaborarea soluțiilor tehnice corespunzătoare”, Sesiunea științifică “Prezent și viitor în domeniul mașinilor și instalațiilor destinate agriculturii și industriei alimentare”, vol. I, I.N.M.A București, 1997, pag. 394-401;
71. **CÂRDEI, P; MOROȘANU, V** – “Optimizarea structurilor de rezistență ale mașinilor agricole prin metoda programării euristice”, Conferința “TransAgra Tech 98”, Tractoare și Mașini agricole, vol. I, Cluj, 1998, pag. 213-219;
72. **CARLSON, E.C** – “Plow and Computers”, Journal of Agricultural Engineering, 1961;

73. **CASHMORE, W.H** – “Performanțele plugurilor la viteze mărite”, *Journal of Farm Mechanization*, nr. 206, vol. 18, 1966;
74. **CHI, L; KUSHWAHA, R.L** – “Three – Dimensional, Finite element interaction between soil and tillage tool”, *ASAE*, vol. 34(2): March – April 1991, pag. 361-366;
75. **CHIRIAC, VASILIU** – “Teoria, calculul și construcția mașinilor agricole”, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1962;
76. **CIOARĂ, GH. TITUS** – “Tehnici experimentale în ingineria mecanică”, “Traductoare și senzori”, Editura Politehnica, Timișoara, 1999;
77. **COJOCARU, I; GÂNGU, V. ș.a.** – “Cercetări privind realizarea de noi tipuri de pluguri”, Conferința “TransAgra Tech 98”, Tractoare și Mașini agricole, vol. I, 1998, pag. 71-76;
78. **CLAUSING, F** – “Weiterentwicklung auf dem Sektor – Bodenbearbeitung”, *Maschinentechnik, Rev. Agrartechnik international*, nr. 25, august 1975, pag. 8-9;
79. **CODDELAU, D.P.** – “Welchen Pflug soll ich mir anschaffen?”, *Rev DLZ*, nr. 10, 1985, pag. 1555-1557;
80. **CONSTANTINESCU, I.N. ș.a.** – “Măsurarea mărimilor mecanice cu ajutorul tensometriei”, Editura Tehnică, București, 1989;
81. **CONSTANTINESCU, I, DĂNEȚ, G** – “Metode noi pentru calcule de rezistență”, Editura Tehnică, București, 1989;
82. **COOPER, A.W; McCreery, W.F** – “Plastic surfaces for tillage tools”, *ASAE. Papers*, no. 61, 649 St. Joseph M.I. ASAE, 1961;
83. **COOPER, A.W; GILL, W.R; VANDEN, G.E; REAVERS, L.A** – “Rotary Tiller and Mouldboard Plow Performance”, National Tillage Machinery Laboratory, U.S. Departament of Agriculture, 1963;
84. **CORDUNEANU, I** – “Cercetări privind mecanizarea lucrărilor solului pe pante”, Teză de doctorat, U.T. “GH. ASACHI” Iași, Fac. De Mecanică, 1997;
85. **CRĂCIUN, V** – “Instalație pentru lubrefierea plugurilor”, *Rev. “Mecanizarea Agriculturii”*, nr. 2, Redacția S.C. AGRIS, București, 1992, pag. 31-33;
86. **CRĂCIUN, V** – “Contribuții teoretico – experimentale la concepția și tehnologia de execuție a unor scule de lucrat solul”, Teză de doctorat, U.T. “GH. ASACHI” Iași, 1994;
87. **CRĂCIUN, V; LEON, D; BĂLAN, O** – “Metoda analitică și program pentru calculator pentru identificarea rapidă a geometriei suprafețelor de lucru ale corpurilor de plug”, Prezent și viitor în domeniul mașinilor și instalațiilor destinate agriculturii și industriei alimentare, Sesiune științifică cu participare internațională, *Lucrări științifice*, vol. I, I.N.M.A, București, 1997, pag. 104-111;
88. **CRĂCIUN, V; LEON, D** – “Contributions analitycal description of the mouldboard plough surfaces”, *Bul. Universității Tehnice Iași, Seria Tehnică*, 1993;
89. **CRĂCIUNESCU, C** – “Materiale compozite”, Editura Sedona, Timișoara, 1998;

90. **CRAVCENCO, V** – “Îndumătorul inginerului mecanic agricol”, Redacția materialelor de propagandă agricolă, București, 1976;
91. **CRAVCENCO, V** – “Stabilirea factorilor pentru aprecierea stabilității în lucru a agregatelor formate cu tractoare și mașini agricole purtate”, Redacția Revistelor Agricole, București, 1966;
92. **CUTEANU, E; MARINOV, R** – “Metoda elementelor finite în proiectarea structurilor”, Editura Facla, Timișoara, 1980;
93. **DALLEINNE, E et BILLOT, J.F** – “Evolution des matériels classiques de travail du sol”, Bulletin Technique d’Information, nr. 302 – 303, 1975, pag. 521-537;
94. **DALLEINNE, E et BILLOT, J.F** – “Evolution recente des matériels de travail du sol”, Bulletin Technique d’Information, nr. 367 – 368, 1982, pag. 131-142;
95. **DANKERT, J** – “Numerische Methoden der Mechanik”, Veb. Fachbuchverlag LEIPZIG, 1977;
96. **DEMO, MILAN a kolektiv** – “Obrábanie Pôdy”, Vysoká škola pol’nohospodárska v Nitre, Slovakia, 1995;
97. **DESAI, C.S; ABEL, J.F** – “Introduction to the Finite Element Method”. New York, Van Nostrand Co, 1972;
98. **DESBIOLLES, M.A; GODWIN, R.J. ș.a.** – “A Novel Approach to the Prediction of Tillage Tool Draught using a Standard Tine”, Journal Agric. Engng. Res. nr. 66, pag. 295-309;
99. **DEUTSCH, I** – “Rezistența materilelor”, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1980;
100. **DOGANOVSKII, M.G; NUGIS, E** – “Bazele proiectării cormanelor lamelare pentru pluguri de defrișat”, Tractori i selihozmașinî(Tractoare și Mașini agricole), nr. 12, 1973, pag. 18-20;
101. **DUMITRU, I; FAUR, N** – “Rezistența materialelor(Bazele teoretice în Oboseala Materialelor, Mecanica Ruperii, Materiale Compozite și Metode Numerice)”, Centrul de multiplicare: Universitatea POLITEHNICA Timișoara, 1997;
102. **DUMITRU, I** - "Oboseala la șoc a materialelor", Editura Mirton, Timișoara, 1998;
103. **ERHAN, I; GUGUI, FL** – “Măsurări tensiometrice rezistive efectuate la încercarea tractoarelor și mașinilor agricole”, Editura Agro – Silvică, București, 1966;
104. **FAUR, N; TRIPA, P** – “Metode teoretice și experimentale pentru determinarea stării de tensiune și deformație”, Lito. U.T.T, 1994;
105. **FAUR, N** – “Cercetări privind reducerea rezistenței de lucru a solului prin utilizarea efectelor vibratorii”, Teză de doctorat, Timișoara, 1994;
106. **FAUR, N; DUMITRU, I; POPA, M** – “Asupra modelării solicitărilor care apar în cormana unui plug”, Sesiunea “Cercetarea științifică și tehnică în sprijinul dezvoltării și restructurării agriculturii”, Timișoara, 1995;
107. **FAUR, N; DUMITRU, I** - "Diferențe finite și elemente finite în rezistența materialelor", Editura Mirton, Timișoara, 1997;

108. **FINK, K; RORBAH, H** – “Măsurarea tensiunilor și deformațiilor”, Moscova, 1961;
109. **FLEGON, A** – “Mașinile agricole de-a lungul veacurilor”, Editura Tineretului, 1956;
110. **FLORESCU, I; ROȘ, V; STOICA, V** – “Studiu analitic asupra suprafețelor active de la cormanele cilindrice”, Revista “Studii și cercetări de mecanică agricolă”, nr. 2 – 3, vol. 11, București, 1968, pag. 91-103;
111. **FLUIT, J** – “Gebruik en afstelling von meerscharige ploegen”, Landbouwmecanisatie(L.M.), nr. 11, november 1981, pag. 1051-1053;
112. **FOX, W.R; BOCKHOP, C.W** – “Characteristics of a Teflon – Covered simple Tillage Tool”, Amer. Soc. Engin, Paper 62-609, 1962;
113. **FRANČÁK, JÁN; KOVÁČ, ŠTEFAN** – “Mechanizácia. Pol’nohospodárskej Výroby – Návodý na cvičenia, Tretie nezmenené vydanie”, Mechanizačná Fakulta, Katedra strojov A Výrobných Systémov, Vydala Slovenská Pol’nohospodárska Univerzita v Nitre, Vo Vydavateľ’skom a edičnom stredisku SPU, 1999;
114. **FRAUDEN, J** – “Handbook of Modern sensors, Physics, Designs, and Applications”, 2nd editions A.I.P. Press, New York, 1997;
115. **FRITZ, CLAUSING** – “Weiterentwicklung auf dem sektor bodenbearbeitung”, Agrartechnik International, nr. 10-11, 1975;
116. **GÂNGU, V; MURARU, V; CÂRDEI, P; MURARU, CORNELIA** – “Cercetări privind integrarea sistemelor în cercetarea și proiectarea asistată de calculator a mașinilor agricole”, Sesiunea științifică “Prezent și viitor în domeniul mașinilor și instalațiilor destinate agriculturii și industrie alimentare”, vol. I, I.N.M.A. București, 1997, pag. 112-117;
117. **GÂRBEA, D** – “Analiză cu elemente finite”, Editura Tehnică, București, 1990;
118. **GEBRESENBET, G** – “Analysis of forces acting on mouldboard ploughs and seed drill coulters in relation to speed, depth, and soil conditions”, Thesis. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, 1991;
119. **GHEREȘ, M** – “Optimizarea parametrilor geometrici ai cormanelor plugurilor”, conferința “TransAgra Tech 98”, Tractoare și Mașini agricole, vol.I, Cluj, 1998, pag. 367-372;
120. **GHEREȘ, M** – “Model matematic pentru analiza cinematicii solului pe suprafața cormanelor”, Conferința “TransAgra Tech 98”, Tractoare și Mașini agricole, vol. I, Cluj, 1998, pag. 207-212;
121. **GILL, W.R; VANDENBERG, G.E** – “Soil Dynamics in Tillage and Traction”, Agricultural Research Services of U.S. Dept. of Agriculture, Washington D.C, 1968;
122. **GILL, W.R** – “Soil Deformation by Simple Tools”, Transactions of ASAE, nr. 2, vol. XII, 1969;
123. **GILL, W.R** – “Lubrication of Soil-Metal Interfaces”, Transactions of ASAE, nr. 5, vol. 18, 1975;

124. **GILL, W.R. ș.a.** – “Lubricated Plows vs Sticky Soil”, Journal of Agricultural Engineering, nr. 10, vol. 58, 1977;
125. **GÖNCZI ATTILA** - "Contribuții la studiul teoretic și experimental al organelor de afânare ale mașinilor agricole pentru lucrat solul, vizând creșterea eficienței consumurilor energetice", Teză de doctorat, Timișoara, 1999;
126. **GRAVE, H.F** – “Măsurarea electrică a mărimilor neelectrice”, Editura Tehnică, București, 1966;
127. **GYACHEV, L.V** – “Teoria cemeshnovo – otval noi poverkhnosti”(Theory share – mouldboard surface), Gosgortekhzdat Zernograd, 1961;
128. **HARALD, KÜHL** – “Theory and handling – Strain Gauges”(Tensometrie), Philips;
129. **HORIN, A** – “Măsurarea pe cale tensiometrică a tensiunilor din organele plugului în lucru”, Proiect de diplomă, I.P.T.V. Timișoara, 1988;
130. **HORN, C** – “Punți tensiometrice”, Moscova, 1962;
131. **HORNBOGEN, E** – “Werkstaffe”, springer – Verlag, 1994;
132. **HOWE, STEPHEN; BISHOP, TERRY** – “Plough Points”, Power Farming, March 1979, pag. 10-14;
133. **HUMAROV, R.T; BURCENKO, P.N** – “Ispolzovanie nemetaceskih materialov na skorostnih plugah”, Rev. “Traktorî i selihozmașinî”, nr. 3, 1971;
134. **HWANG, C** – “3 – D contour drafting using AutoLISP Cadence”, pag. 109-115;
135. **IGNEA, ALIMPIE** – “Măsurarea electrică a mărimilor neelectrice”, Editura de Vest, Timișoara, 1996;
136. **JEFFERSON, T** – “Description of a mouldboard”, London, Philosophical Society Proceedings, 1788, pag. 313-322;
137. **JORI, J. ISTVAN; SOOS, SANDOR** – “Uj eke – megoldasok”(Noi soluții tehnice ale plugurilor), Akademiai Kiado, Budapest, 1985;
138. **JURCA, TRAIAN; STOICIU, DAN** – “Instrumentație de măsură. Structuri și circuite”, Editura de Vest, Timișoara, 1996;
139. **KANAFOJSKI, C** – “Măsurarea vitezelor de lucru la lucrările de câmp. Avantaje și metode de realizare”, Rev. “Deutsche Agrartechnik, nr. 10, vol. XV, 1965;
140. **KAUFMAN, L.C; TOTTEN, D.S** – “Development of an Inverting Mouldboard Plow”, Transactions of ASAE, nr. 1, vol. 15, 1972;
141. **KERN, F. ROY; SUESS, E. MONFRED** – “Stell selection quide for improving performance and profits”, John Willey Sons, New York, Toronto, 1978;
142. **KHALILIAN, A; GARNER T.H; MUSEM, H.L; DODD, R.B; HOLE, S.A** – “Energy for conservation tillage in coastal plain soils”, Transaction of thr ASAE, nr. 31(5), 1988, pag. 1333-1337;
143. **KOTEKI, D.J and OGBORN, J.S** – “Abrasion resistance of iron – based hardfacing alloys”, Welding Journal, The Lincoln Electric Co, vol. 74, nr. 8, Cleveland Ohio, 1995, pag. 269-278;

144. **KRASNICENKO, A.V** – “Manualul constructorului de mașini agricole”, vol I, Editura Tehnică, București, 1963;
145. **KRASNICENKO, A.V** – “Manualul constructorului de mașini agricole”(în limba rusă), vol. IV, Editura “Mașini Agricole”, Moscova, 1969;
146. **KRUTIKOV, N.P; SMIRNOV, I.I. ș.a.** – “Teoria, construcția și calculul mașinilor agricole”, vol. I, Editura Tehnică, București, 1955;
147. **KUIPERS, H** – “Tillage machinery systems as related to cropping systems”, In International conference on soil Dynamics Proceedings, Asburn, Alabama, 1985;
148. **KUKSENOVA, L.I; KUKSENOV, L.I** – “Materiale metalice rezistente la uzare”, Rev. Tehnologii. Calitate. Mașini. Materiale, nr. 3, Editura Tehnică, București, 1988;
149. **KUKTA, G.M** – “Încercarea mașinilor agricole”, Editura “Mașini Agricole”, Moscova, 1964;
150. **LETOȘNEV, M.N** – “Mașini agricole”, Editura Agro – Silvică de Stat, București, 1959;
151. **LIŠKA, EMIL; FÁBRI, ANDREJ** – “Za kosou pluh – to stále platí”, Rev. Naše pole, Piešťany – Slovakia, 1998, pag 15, 19;
152. **LUCHYNSKII, N.D** – “Postroene otvalov po vertikalnym sechenyam”(Construction of moldboards on the basis of vertical planes), Trudy VMIIMSKH. vol. 21, Moskova, 1945;
153. **MAIAUSKAS, I.S** – “Cercetarea repartiției presiunii pe suprafața brăzdarului în timpul aratului”, Revista “Tractoare și Mașini agricole”(în limba rusă), nr. 11, 1958;
154. **MANILOV, IU.P** – “Vâcislitelinaia tenzoizmeritelinaia laboratoria”, Tractorî i selihozmașinî(Tractoare și Mașini agricole), nr. 1, 1969, pag. 39-40;
155. **MARKO, J** – “The application of interactive computing system of mechanics of continuum at tenacity analysis of cutting mechanism knife”(Aplikácia interaktívneho výpočtového systému mechaniky kontinua pri pevnostnej analýze noža rezného mechanizmu), Agricultural Engineering(Zemédělská Técnica), Institute of Agriculture and Food Information, Česká akademie Zemédělských věd, nr. 1, volume 45, Praha, 1999, pag. 15 – 18;
156. **MARȘAVINA, L** - "Metode numerice utilizate în calculul parametrilor din mecanica ruperii", Teză de Doctorat, U.P.Timișoara, 1998;
157. **MIESZKALSKI, LESZEK** – “Mathematical model of a cylindrical mouldboard surface in the balance plough”, Technical Sciences ac Technical Olstenensis, Publishers Art, Olsztyn, Polska, 1998, pag. 5 – 12;
158. **MIHAI, P; TOMESCU, D; MITROI, C** – “Cercetări pentru mărirea rezistenței la uzură a organelor active de la mașinile de prelucrat solul”, Lucrări științifice I.C.M.A, vol X, Editura Agro – Silvică, București, pag. 383 – 417;
159. **MITELEA, I; BUDĂU, V** – “Studiul materialelor. Îndreptar tehnic”, Editura Facla, Timișoara, 1987;

160. **MOCANU, D.R. ș.a.** – “Încercarea materialelor”, vol. I, Editura Tehnică, București, 1982;
161. **MOCANU, D.R; BUGA, M; GEORGESCU, C** – “Determinarea experimentală a eforturilor unitare”, Editura Transporturilor și Telecomunicațiilor, București, 1966;
162. **MOTICA ADRIANA MINERVA** - "Optimizarea structurilor de rezistență ale mașinilor unelte prin proiectarea asistată de calculator cu metode numerice. Aplicații pe strunguri normale"
163. **MULER, K.H; JOST, P** – “Polarisationsoptische Spannungsmessung an Schnellumlaufenden Maschinenteilen, Forschung auf dem Gebiet des Ingenieurwesens”, v. 26, nr. 3, 1960, pag. 80-82;
164. **NANU, A** - "Tehnologia materialelor", Editura Didactică și Pedagogică, București, 1984;
165. **NATTERMAN, JOSEF, LESER, FRANZ** – “Die Landtechnische Zeitschrift. Huard 470E NSM Vierschar”, Vollandrehpflug”, DLZ, Nr. 11, 1986, pag. 1544-1545;
166. **NĂDĂȘAN, ȘT; BOLEANȚU, L** – “Studii și cercetări de rezistență și încercări de materiale”, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1965;
167. **NEUBAUER, K. a kolektiv** – “Stroje pro rostlinnon Výrobu”. Státní Zemědělské Naklada telství, Praha, 1989;
168. **NEUMANN, CAROL** – “Lucrări practice de agricultură – agrofitotehnie – horticultură – zootehnie”, Lito. I.P.T.V, Timișoara, 1981, pag. 1-4;
169. **NEUMANN, CAROL; HELER, FL** – “Îndrumător de lucrări practice la bazele agrobiologice ale mecanizării agriculturii”, Lito. I.P.T.V, Timișoara, 1970, pag. 5-9;
170. **NICHICI, A** - "Tehnologia materialelor", Lito. I.P.T.V. Timișoara, vol I + II, 1981;
171. **NICHOLS, M.L. and KUMMER, T.H** – “A method of analysis of plough mouldboard design based upon dynamic properties of soil”, Agricultural Engineering, nr. 13(11), 1932, pag. 279-285;
172. **NICOLESCU, RODICA; RADULIAN, D** – “Perspective ale noilor materiale și ale înlocuitorilor în construcția de mașini”, Rev. Tehnologii. Calitate. Mașini. Materiale, Editura Tehnică, București, 1988;
173. **NIKIFOROV, P.E** – “Pluguri pentru arat cu viteză mare”, Rev. “Traktorî i selihozmașinî”, nr. 7, 1965;
174. **NIKIFOROV, P.E** – “Influența tipurilor de cormană, a unghiurilor și a vitezei de lucru asupra calității arăturii”, Rev. “Mehanizația i elektrifikația soșialisticeskogo selskogo hozeaistva”, nr. 3, 1967;
175. **NORTON, H.N** – “Handbook of Transducers”, Prentice Hall, Engle Wood Cliffs, New York, 1989;

176. **NOZDROVICKÝ, LADISLAV; RATOJ, VLADIMIR; MIHAL, PETER** – “Mechanizácia Rastlinnej Výroby A jej. Hospodárne Využívanie”, Vydané v rámci poradenských aktivít, Slovenskej poľnohospodárskej a potravinárskej Komory, Bratislava, 1997;

177. **O'CALLAGHAN, J.R** – “Entwicklung eines plugstreichpleches mit einen analytischen verfahren”(Development of mouldboard plow by analytical method), Landtechnische, Forschung, nr. 4, 1965, pag. 112-116;

178. **O'CALLAGHAN, J.R; MCGOY, J.G** – “The handling of soil by mouldboard ploughs”, J. of Agric. Eng. Res, vol. 10, nr. 1, 1965, pag. 23-25;

179. **OPREA, C.V** – “Condițiile de pedogeneză și însușirile morfologice, fizice și chimice ale lăcoviștelor din Câmpia de Vest a R.P.R. Probleme actuale de biologie și științe agricole”, Lucrare dedicată Acad. Prof. G. Ionescu – Sisești cu prilejul împlinirii a 75 de ani, Editura Academiei R.P.R, București, 1960;

180. **OPREA, C.V** – “Contribuții la cunoașterea perioadelor caracteristice de geneză și evoluție a solului din Câmpia de vest a R.P.R.”, Studii și cercetări științifice, t. III, nr. 3 – 4, Timișoara, 1956;

181. **OPREA, C.V; MUREȘEANU, P.L; PETRESCU, C; VÂLCEANU, N** – “Contribuții la cunoașterea procesului de geneză și evoluție a lăcoviștelor din Câmpia de Vest a R.P.R.”, Studii și cercetări de științe agricole, t. V, nr. 1 – 2, Timișoara, 1958;

182. **OPREA, C.V; DRĂGAN, I; CRIȘAN, I; OPRIȘ, L** – “Fondul pedologic al părții de vest a țării și valoarea lui agricolă”, Studii și cercetări științifice, t. IV, nr. 1 – 2, Timișoara, 1957;

183. **ORMEȘAN, N** – “Studii și cercetări privind reducerea frecărilor dintre sol și organele active ale mașinilor agricole cu ajutorul fluidelor sub presiune”, Sesiunea științifică “Prezent și viitor în domeniul mașinilor și instalațiilor destinate agriculturii și industriei alimentare”, vol. I, I.N.M.A București, 1997, pag. 96-103;

184. **OTIMAN, PĂUN ION** - "Restructurarea agriculturii și dezvoltarea rurală a româniei în vederea aderării la Uniunea Europeană" - Editura Agroprint, Timișoara, 2000;

185. **PASCARIU, I** – “Elemente finite(Concepte – Aplicații)”, Editura Militară, București, 1985;

186. **PHILIPS, L.N** – “Advanced composite materials”, Springer Verlag, 1994;

187. **PISSARENKO** – “Aide – memoire de resistance des materiaux”, Editura Mir, Moscova, 1979;

188. **PLANETA, A. and PERI, G** – “A computerized mathematical model of a mouldboard plough surface”, Revista di Ingegneria Agraria, Quaderno No. 10, 1988, pag. 823-829;

189. **POLLOCK, D. and all** – “Finite element analysis of multipass effects of vehicles on soil compaction”, Trans. of the ASAE, vol. 29, nr. 1, 1986;

190. **POMPILIU, A** – “Utilaje noi pentru pregătirea solului”, Revista “Mecanizarea Agriculturii”, nr. 9 – 10, 1985, pag. 24-30;

191. **POPA, A** – “Studii și cercetări aprofundate asupra construcției și proiectării plugurilor echipate cu cormane semielicoidale și cu dispozitive de siguranță automate cu arcuri lamelare multiple”, Disertație, U.P.Timișoara, 1995;

192. **POPA, I** – “Stadiul actual al cercetărilor privind creșterea durabilității organelor active ale mașinilor agricole”, Referat nr. 1 la doctorat, U.P.Timișoara, 1998;

193. **POPA, I** – “Selecția procedeelor de acoperire”, Referat nr. 2 la doctorat, U.P.Timișoara, 1999;

194. **POPA, I** – “Studiu tehnic și de documentare privind realizările actuale ale mașinilor agricole și tendințele de dezvoltare în domeniul propus”, Raport de cercetare, T.E.S. Timișoara, 1995;

195. **POPOVICI, V; LĂNCRĂNGEAN, Z** - "Tehnologie mecanică", Lito I.P.T.V. Timișoara, 1985;

196. **PROCHÁZKA, B. a kolektiv** – “Mechanizácia – rastlinnej výroby”, vydalo Vydavateľstvo Príroda Bratislava, V. spolupráci so štátnim zemědělským nakladatelstvom, Praha, 1986, pag. 15 – 44;

197. **PUIU, ȘT; OANEA, N; CUCUȚĂ, VOLUMINA; BĂRBULESCU, VIORICA, TOMA, C** – “Pedologie”, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1966, pag. 86-89;

198. **RAO, S.S** – “The finite element method in engineering”, Second Edition, Pergamon Press, 1989;

199. **REAVES, C.A; SCAFER, R.L** – “Forces versus width of cut for mouldboard bottoms”, Transactions of ASAE, nr. 5, vol. 18, 1975;

200. **RICHEY, C.B. ș.a.** – “Agricultural Engineers Handbook”, McGraw, Will Book Company, New York, 1961;

201. **RICHEY, S.B; SRIVASTAVA, A.K and SEGERLIND, L.J** – “The use of three dimensional computer graphics to design mouldboard plow surfaces”, Journal of Agricultural Engineering Research, nr. 43(4), 1989, pag. 245 – 258;

202. **ROȘ, V; MARLEY, S.J; SMITH, R.J** – “Analysis of tillage tool geometry”(Analiza geometriei uneltelor agricole), Transactions of the ASAE, nr. 20 – 23, Niles road St. Joseph Michigan, USA, iunie 1993, pag. 1-23;

203. **ROȘ, V** – “Mașini agricole pentru lucrările solului”, Editura I.P.Cluj, 1974;

204. **ROȘ, V; OLARU, D** – “Mașini agricole de lucrat solul și întreținerea culturilor”, I.P.Cluj, 1984;

205. **ROȘ, V** – “Tendințe în construcția mașinilor de prelucrat solul”, I.P.Cluj, 1978;

206. **ROȘ, V; SMITH, S.J; MARLEY, S.J; ERBACH, D.C** – “Mathematical Modeling and Computer Aided Design of Passive Tillage Tools”, Transactions of the ASAE, nr. 38, 1995, pag. 675-683;

207. **ROȘ, V** – “A systemic analysis of tillage tools. Proceedings of International Conference on Agricultural Engineering, Madrid, Spania, 1996;

208. **ROȘ, V** – “A New Approach of Tillage Tools Analysis” Research and Development Conference of the Hungarian Academy of Science, Budapest, Hungary, 1996;
209. **ROȘ, V** – “Model matematic pentru analiza energetică a procesului de prelucrare a solului”, Conferința “TransAgra Tech 98”, Tractoare și Mașini agricole, vol. I, Cluj, 1998, pag. 355-360;
210. **ROȘ, V; GHEREȘ, M** – “Analiza energetică a procesului de arat”, Conferința “TransAgra Tech 98”, Tractoare și Mașini agricole, vol. I, Cluj, 1998, pag. 33-38;
211. **ROȘ, V** – “General Optimization Model for Tillage Tools”, Proceedings of the Fifth International Conference on Mathematics and Mechanics, Cluj – Napoca, 1996;
212. **ROȘ, V; CAROVEI, I; STOICA, A** – “Contribuții la studiul cormanelor cu suprafețe cilindroidale”, Rev. “Construcția de mașini”, nr. 22(6), 1970, pag. 353-357;
213. **ROȘ, V** – “Proiectarea cormanelor cu suprafețe cilindroidale”, Studii și cercetări de Mecanică Agricolă, vol. III, nr. 3, 1973, pag. 197-202;
214. **ROȘ, V** – “Computer Assisted Tillage Tool Design”, ASAE PAPER, Mid – Central Conference of the ASAE, St. Joseph, Missouri. U.S, 1993;
215. **ROȘCA, VALENTINA** – “Studii și cercetări aprofundate asupra construcției și proiectării trupitelor plugurilor echipate cu cormane culturale și cu siguranțe NON – STOP cu arcuri elicoidale”, Disertație, U.T.Timișoara, 1995;
216. **ROWE, R.T** – “Influence of Speed on the Elements of Draft of a Tillage Tool”, Transactions of ASAE, nr. 4, vol. 4, 1961;
217. **RUS, F** – “Mașini agricole pentru lucrările solului și întreținerea culturilor”. Editura Universității din Brașov, 1987;
218. **RUS, F** – “Mașini agricole pentru lucrările solului și întreținerea culturilor”. Îndrumător de lucrări practice, Lito. U.Brașov, 1990;
219. **SAVIL, G** – “Echipe pentru prelucrarea datelor”, Lito. I.P.Timișoara, 1987;
220. **SCHAFFER, R.L; JOHNSON, C.E; ELKINS, C.B. and HENDRICK, J.G** – “Prescription tillage the concept and examples”, Journal of Agricultural Engineering Research, nr. 32, 1985, pag. 123-129;
221. **SCHLLING, E** – “Landmaschinen Lehr – und Handbuch fur den Landmaschinenbau”, BRD, Koln, 1962;
222. **SCRIPNIC, V; BABICIU, P** – “Mașini agricole”, Editura Agrosilvică, București, 1968;
223. **SCRIPNIC, V** – “Mașini agricole”, Editura Agrosilvică, București, 1960;
224. **SERVADIO, PIERANNA; MARSILI, ADOLFO** – “Cingolato CLAAS CHALLENGER 45. Un cingolato to gommato dalle grandi prestazioni”, Rev. italiană “m & ma”(Macchine e motori agricole), nr. 9, 1998, pag. 65-70;
225. **SERVADIO, PIERANNA; MARSILI, ADOLFO** – “Cingolato CLAAS CHALLENGER 45. I risultati ottenuti con tre diversi attrezzi”, Rev. italiană “m & ma”(Macchine e motori agricole), nr. 9, 1998, pag. 71-75;

226. **SHIMERS, K.J; ALCOCK, R** – “Combining Active and Passive Tillage Elements to Reduce Draft Requirements”, Transaction of the ASAE, nr. 33:400, 1990;
227. **SIEG, ROMAN** – “Für jeden Boden die richtige Bearbeitungstechnik”, Rev. germană DLZ, nr. 4, Wieselburg/Österreich, april 1985, pag. 538-541;
228. **SINEAKOV, G.N; PANOV, I.M** – “Teoria și calculul mașinilor de lucrat solul”(în limba rusă), Mașinostroenie, 1977, pag. 238-246;
229. **SITKEI, GYORGY** – “A mezogazdasági gepek talajmechanikai problemái”, Akademiai Kiado, Budapest, 1967;
230. **SMERBURG, H** – “Despre influența formei trupitei de plug asupra rezistenței la tracțiune”, Rev. “Agrartechnik”, nr. 1, vol. 23, 1973;
231. **SOHENE, W** – “Investigation on the shape of plough bodies for high speeds”, Grundlagen der Landtechnik, nr. 11, 1959, pag. 223-230;
232. **SOHENE, W.H; MÖLER. R.T** – “Characterisation of Tillage Tools”, Technische Hochschule München, 1966;
233. **SUMINSTRADO, D.C; KOIKE, M; KONAKO, T** – “A model to determine the trajectory of soil motion on a moldboard plow surface”, Journal of Terramechanics, nr. 27(3),1990, pag. 207-218;
234. **SUN YI, YUAN** – “Mouldboard surfaces design in China”, Conferința “TransAgra Tech 98”, Tractoare și Mașini agricole, vol. I, Cluj, 1998, pag. 1-12;
235. **ȘIȘEȘTI, G.IONESCU** - "Principalele tipuri de sol din România. Răspândire, descriere, compoziție. Starea de fertilitate. Nevoia de îngrășăminte. Experiențele din 1933 - 1936", Editura Imprimeria Națională, București, 1939;
236. **ȘIȘEȘTI, G.IONESCU** - "Agricultura și refacerea. Producția agricolă a României față de a celorlalte țări", Argus, nr. 3200, București, 1923;
237. **ȘIȘEȘTI, G.IONESCU** - "La réforme agraire en Roumanie et ses conséquences." Rapport présenté à la III-ème Section du Congrès International d'agriculture, Paris, Rev. Corespondența economică, vol. V, nr. 7, București, 1923;
238. **ȘTEFAN, CONSTANTIN** – “Îndrumător pentru lucrări la Tehnologia Exploatării Parcului de Mașini Agricole și Tractoare”, Lito. “Institutul Politehnic Timișoara”, Facultatea de Mecanică Agricolă, 1966;
239. **ȘTEFAN, C; GÖNCZII, A** – “Mașini agricole de lucrat solul, semănat și întreținerea culturilor”, vol. I, Ed. U.P.Timișoara, 1993;
240. **ȘTEFAN, C; GÖNCZII, A; IANFULUI, D** – “Progres tehnic în domeniul agregatelor agricole pentru lucrat solul”, Editura Felix, Arad, 1996;
241. **ȘTEFAN, C; JIHIȚA, I; PROȘTEAN, G** – “Unele progrese tehnice ale firmei Lemken aplicate în construcția plugurilor”, Sesiunea internațională de comunicări științifice cu titlul “Cercetări științifice și tehnice în sprijinul dezvoltării și restructurării agriculturii”, 8 – 9 decembrie, Timișoara, 1995, pag. 199-206;
242. **ȘTEFAN, C** – “Compendiu privind evoluția construcției plugurilor cu cormane”, Rev. Agricultura Banatului, An. III, februarie, nr. 1 – 2, Editura U.S.A.M.V.B, Timișoara, 1996;

243. **ȘTEFAN, CONSTANTIN; LĂZUREANU, A; BUNGESCU, S:** “Preocupări pentru adaptarea tehnico – tehnologică a mașinilor agricole de lucrat solul, la progresul tehnologic de cultivare a plantelor”, Cercetări științifice, Horticultură, Editura Agroprint, Timișoara, 1999, pag. 327 – 336;
244. **TATARLĂ, M** – “Mecanizarea lucrărilor de arat la viteze de lucru mărite”, Lucrări științifice, vol. VII – VIII, Editura Agro-Silvică. București, 1963, pag. 13-33;
245. **TECUȘAN, N** – “Încercarea și experimentarea tractoarelor și mașinilor agricole”, Editura I.P.T.V. Timișoara, 1983;
246. **THEOCARIS, P.S; BOLEANȚU, L; ATANASIU, C. ș.a.** – “Analiza experimentală a tensiunilor, vol. I + II, Editura Tehnică, București, 1976;
247. **THOMAS, W; CORBY, JR** – “Frozen – Stress Photoelastic Analysis of Rapid Prototype Stereolithography Models”, Seventh International Conference on Rapid Prototyping, March 31 – April 3, San Francisco, California, 1997;
248. **TOMA, D. ș.a.** – “Tractoare și mașini agricole”, Mașini agricole, vol. II, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1981;
249. **TOMA, L** – “Sisteme de achiziție și prelucrare numerică a semnalelor”, Editura de Vest, Timișoara, 1996;
250. **TOMESCU, D; MANCIU, GH; SCRIPNIC, V** - "Fiabilitatea utilajelor agricole", Editura Ceres, București, 1981, pag. 152-157;
251. **TRUȘCULESCU, M. ș.a.** – “Studiul materialelor. Analize și încercări”, Lito. U.P.Timișoara, 1992;
252. **TURČEK, JOZEF; PEVNÝ, ŠTEFAN** – “Mechanizácia Rastlinnej Výroby, Pre PEF”, Návodý Na Cvičenia, Katedra mechanizácie rastlinnej výroby, Mechanizačna Fakulta Vydala Vysoká Škola polnohospodárska v Nitre v Edičnom stredisku VŠP, Slovakia, 1982;
253. **VASILENCO, I.F** – “Modificarea formei trupeții și a reglajului plugului pentru funcționarea la viteze mărite de lucru”, Mehanizatia i electrificatia seliscogo hoziaistva, nr. 2, Moskova, 1960;
254. **VASILIEV, A.V; RAPPAPORT, D.M** – “Folosirea tensometriei electrice rezistive la încercarea tractoarelor”, Masghiz, Moscova, 1963;
255. **VASILIU, C** – “Teoria, calculul și construcția mașinilor agricole”, vol. I, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1963;
256. **VAUGHAN, J** – “Strain Measurements”, Bruel & Kjaer, Naerum, 1975;
257. **WAINWRIGHT, R.P; BUCHELE, W.F; MARLEY, S.J and BOLDWIN, W.I** – “A variable approach angle moaldboard plow”, Transactions of the ASAE, nr. 26(2), pag. 396-400, nr. 23(6), 1983, pag. 1383-1387;
258. **WANG, J.K; KWANG, L; LIANG, T** – “Predicting Tillage Tool Draft Using four Soil Parameters”, Transactions of ASAE, nr. 1, vol. 15, 1972;
259. **WHITE, E.A** – “A study of the plow bottom and its action on the furrow slice”, Journal of Agricultural Research, nr. 12(4), 1918, pag. 149-182;
260. **WORTHING, A.G; GEFFNER, J** – “Prelucrarea datelor experimentale”, Editura Tehnică, București, 1959;

261. **WU, C.W; CHENG, X.G. and ZHANG, D.J** – “A rational design of high speed plow bodies and its computer implementation”, Proceedings of the International conference of Soil Dynamics, Auburn, Alabama, vol. III, 1985, pag. 592-604;

262. **ZEMAN, ROBERT** – “Studii și cercetări asupra direcțiilor de perfecționare a plugurilor actuale”, Lucrare metodică – științifică pentru obținerea gradului I, Timișoara;

263. **ZIENKIEWICZ, O.C** – “The finite element Method”, New York, McGraw, Hill Book Co, 1977;

264. **ZIENKIEWICZ, O.C; TAYLOR, R.L** – “La methode des elements finis”, AFNOR, Paris, 1991;

265. **ZUBACH, W** – “Tillage without ploughing”, The 9th Conf. ISTRO, Osijek, Jugoslavia, 1982;

266. * * * * - **Raport de încercare/analize** - "Studii și cercetări operaționale de fiabilitate și mentenabilitate a plugurilor destinate tractoarelor de 45CP, 65CP, 195CP" - faza "Colectarea, analiza și interpretarea datelor de fiabilitate și mentenabilitate și stabilirea unor acțiuni eficiente de îmbunătățire a fiabilității și mentenabilității plugurilor", comandă internă 1739, I.C.S.I.T.M.U.A. - S.A.C.T.M.U.A. București, nr certificatului de autorizare 204 din 18.11.1991;

267. * * * * - **Raport de încercări/analize** privind "Fiabilitatea și mentenabilitatea plugurilor destinate tractoarelor de 45 CP, 65CP, 195CP", I.C.S.I.T.M.U.A. - S.A.C.T.M.U.A. București, 1992;

268. * * * * - “Socs et versoirs de charrues”, Motorisation et technique agricole, octombrie 1982, pag. 85-96;

269. * * * * - “Socs et versoirs de charrues”, Motorisation et technique agricole, februarie 1984, pag. 13-26, pag. 252;

270. * * * * - “Règlages des charrues”, "Survol des régions", Motorisation et technique agricole, février 1984, pag. 97-106;

271. * * * * - “Sous de labour. Les Charrues”, "Rétro-Labour", Entreprises Agricoles, nr. 166, mars 1984, pag. 29-33, pag. 44-45;

272. * * * * - “Metode, aparate și dispozitive folosite în încercarea tehnicii agricole”, Moscova, 1961;

273. * * * * - “Oscillographic Recorders – Visicorder – Model 1858”, Test Instruments Division, In USA, P.O. BOX 5227, Denver, CO 80217;

274. * * * * - “Spieder 8 – The friendly alternative for PC – based measurements”, Hottinger Baldwin Messtechnik(HBM), 1997;

275. * * * * - “Jauges d’extensométrie et accessoires – Mesure électrique des grandeurs mécaniques”, Hottinger Baldwin Messtechnik(GMBH), Postfach 4235, Im tiefen See 45 – D – 6100 Darmstadt 1;

276. * * * * - “Strain Gauges”, Hottinger Baldwin Messtechnik(HBM), 1997;

277. * * * * - “M.G.C. – Measuring Amplifier System”, Hottinger Baldwin Messtechnik(HBM), 1997;

278. * * * * - “Mikrotechna – Elektrické Odporové Tensometry”, Vydala Mikrotechna n.p. ve Vydavatelství a nakladatelství Novinář v roce, 1987;
279. * * * * - “Schnellklebstoff × 60 für Dehnungsmeßstreifen(DMS)”, Hottinger Baldwin Messtechnik(GMBH), Postfach 4235 – Im Tiefen See 45 – D – 6100 Darmstadt I;
280. * * * * - “**Raport de încercare nr. 138**”, Laboratorul Polyvac, S.C. U.M.T. S.A, Timișoara, 1998;
281. * * * * - “**Raport de încercare nr. 139**”, Laboratorul Polyvac, S.C. U.M.T. S.A, Timișoara, 1998;
282. * * * * - “**Raport de încercare nr. 141**”, Laboratorul Polyvac, S.C. U.M.T. S.A, Timișoara, 1998;
283. * * * * - **SR 13230**, “Mașini agricole. Pluguri cu cormană. Condiții tehnice de calitate”, 1993;
284. * * * * - **SR ISO 8910**, “Utilaje pentru lucrările solului. Organe de lucru. Pluguri cu cormane. Vocabular”, I.R.S, 1995;
285. * * * * - **SR 13427**, “Mașini agricole. Pluguri cu cormană. Metode de încercare.”, I.R.S, ianuarie 1999;
286. * * * * - **STAS 11385 – 87**, “Mașini agricole. Trupita plugurilor cu cormană. Condiții tehnice generale de calitate;
287. * * * * - **STAS 1600/1 – 79**, “Pluguri. Cormana trupitelor. Condiții tehnice generale de calitate;
288. * * * * - **STAS 1600/2 – 86**, “Pluguri. Cormane tip A(culturale). Dimensiuni”;
289. * * * * - **STAS 1600/3 – 79**, “Pluguri. Cormane tip B(semielicoidale). Dimensiuni”;
290. * * * * - **STAS 1600/4 – 86**, “Pluguri. Cormane tip C(combinate). Dimensiuni”;
291. * * * * - **STAS 880 – 88**, “Oțeluri carbon de calitate pentru tratament termic, destinate construcției de mașini. Mărci și condiții tehnice de calitate”;
292. * * * * - **STAS 7184/1 - 84**, “Soluri. Recoltarea probelor pentru studii pedologice și agrochimice”;
293. * * * * - **STAS 7184/9 - 79**, Soluri. Determinarea umidității;
294. * * * * - **STAS 7184/10 - 79**, Soluri. Determinarea compoziției granulometrice.
295. * * * * - “Borizarea materialelor împotriva uzurii”, Advanced Materials & Processes, vol. 151, nr. 3, 1997, pag. 23-25;
296. * * * * - “Traductor de presiune pentru cilindrii în motor”, Agricultural Engineering, Octombrie, 1961;
297. * * * * - “DAS 1600. User’s Guide”, KEITHLEY, Data Acquisition, 1993;
298. * * * * - “Tech. Note TN – 702 – 1. Introduction to stress Analysis by the Photostress Method, 1997;

299. * * * * - “Referat de încercare în vederea omologării plugului semipurat cu 6 – 8 trupițe cu lățimea de lucru pe trupiță reglabilă de 25 – 30 cm, pentru tractorul de 180 CP(PLV – 8 – 25/30)”, 1980;
300. * * * * - Prospecte ale firmei americane “Real Time Devices”(specializată în construcția plăcilor de achiziții de date), SUA, 1997;
301. * * * * - “Studii asupra geometriei suprafeței de lucru a corpurilor de plug”, Rev. M. i. el., nr. 4, 1986, pag. 29-31;
302. * * * * - “Weltrekord – 127,7 ha in 24 stunden !”, Rev. DLZ, Agrarmagazin, nr. 11, 1995;
303. * * * * - “Aratri a versoio”, Rptorio Delle Macchine Agricole – EIMA, 1997, pag. 99-104;
304. * * * * - “Sonderdienst DLG 82”, Rev. DLZ, Agrarmagazin, nr. 5, mai 1982, pag. 618, 686, 688, 690;
305. * * * * - “Lemken senkt Verschleibteilpreise”, Rev. DLZ, Agrarmagazin, nr. 2, , Januar 2000, pag. 176;
306. * * * * - “Zwei robuste Typen”, Rev. DLZ, Agrarmagazin, nr. 2, Februar 2000, pag. 86 – 93, 103, 211;
307. * * * * - “Der neue Führerschein und seine Tücken”, Rev. DLZ, Agrarmagazin, Traktoren 2000, pag. 38;
308. * * * * - “Pöttinger – Tag: Konkurrenz aus dem Osten”, Rev. LandTechnik, Agricultural Engineering, nr. 10, Oktober 1992, pag. 522 – 523;
309. * * * * - “Agri Technica ’99 Hannover – Kverneland”, Rev. DLZ, agrarmagazin, nr. 11, November 1999, pag. 78;
310. * * * * - “Aufsatteldrehpflug – Rabe Kormoran”, Rev. DLZ, Agrarmagazin, nr. 11, November 1999, pag. 78;
311. * * * * - “Runter mit den Kosten – mit dem neuen Kverneland Anbauvoldrehpflug LM: Einfach und robust!”, Rev. DLZ, Agrarmagazin, nr. 7, Juli 1999, pag 11;
312. * * * * - “RABE – WERK – Rabe Geräte: Technik, die sich bezahlt macht”, Rev. LandTechnik, agricultural engineering, nr. 7/8, 1992, pag. 338 – 339;
313. * * * * - “Zwei robuste Typen – Die beiden Pflüge Meteor 150 S – CX und Megastar 600 CX von Regent im dlz – Dauertest”, Rev. DLZ, Agrarmagazin, nr. 2, February 2000, pag. 86 – 93;
314. * * * * - “Industrie. Vari – Titan”, Lemken, Rev. LandTechnik, Agricultural Engineering, nr. 5, Oktober 1999, pag. 264;
315. * * * * - “Novinky firmy LEMKEN”, Rev. Moderná mechanizácia v pol’nohospodárstve”, nr. 3, 1999, Nitra, Slovakia, pag. 2;
316. * * * * - SF nr. 36 - 94 - înlocuiește CS nr. 44 - 88 - "Table groase de oțel aliat rezistent la abraziune";
317. * * * * - "**COSMOS/M USER GUIDE**", Structural Research and Analisis Corporation, Santa Monica, California, 1990;

318. * * * * "Lemken Schulung. Pflugtechnik. Saatbettbereitung. Stoppelbearbeitung", 1998;

319. * * * * "Lemken -Schmiede 1894", 1998;

320. * * * * **Prospecte ale firmelor producătoare de pluguri:**

❖ **germane:** LEMKEN, RABE – WERK, VOGEL & NOOT, FROST, EBERHARDT, KRONE, FRANK;

❖ **franceze:** KUHN – HUARD; GREGORIE – BESSON; NAUD, GARD, DURO, KONGSKILDE;

❖ **italiene:** NARDI, PIETRO – MORO, ARATRI – MORO, SICIL TILLER, ERMO, SIDER MAN, VIVIANI;

❖ **americane:** JOHN DEER, CASE, MASSEY FERGUSON;

❖ **austriece:** LANDSBERG; REGENT, PÖTTINGER;

❖ **norvegiene:** KVERNELAND;

❖ **suedeze:** ÖVERUM

❖ **daneze:** BOVLUND

❖ **engleze:** BAMFORD

❖ **finlandeze:** FISKARS;

❖ **cehe:** OSTROJ, AGROZET ROUDNICE;

❖ **românești:** MAT Craiova; SEMBRAZI Sibiu; MECANICA Ceahlău; MARIUS Cluj; SUMA Băilești; PREMAGRO Oradea; MECANICA Codlea, I.M.A. Iași, MECANICA Vaslui, AZOMA Arad, UZINA MECANICĂ Orăștie.

321. * * * * **Prospecte ale firmelor producătoare de tractoare:**

❖ **germane:** CLAAS;

❖ **românești:** TRACTORUL U.T.Brașov.