

UNIVERSITATEA "POLITEHNICA" TIMIȘOARA

FACULTATEA DE CONSTRUCȚII

ing. Bogdan Ion Alexandru Gheorghe

TEZĂ DE DOCTORAT

CONTRIBUȚII LA STUDIAREA ȘI ELABORAREA UNOR
PROCEDEE DE ÎMBUNĂTĂȚIRE A CAPACITĂȚII PORTANTE
A TERENURILOR ÎN VEDEREA FUNDĂRII DIRECTE A
CLĂDIRILOR

CONDUCĂTOR ȘTIINȚIFIC
Prof. dr. ing. MARIN PĂUNESCU

UNIVERSITATEA POLITEHNICĂ
TIMIȘOARA
TIMIȘOARA

309 482
300 0

TIMIȘOARA 1997

MULȚUMIRI

Autorul își exprimă, și pe această cale, recunoștința sa față de conducătorul științific prof.dr.ing.MARIN PĂUNESCU, pentru îndrumarea și ajutorul permanent acordat la pregătirea și elaborarea tezei de doctorat, pentru sprijinul complet în formarea mea ca specialist și cadru didactic.

De asemenea, adresez mulțumirile mele tuturor colegilor, cadre didactice și personal tehnic din departament, cu care am colaborat la contracte sau care au contribuit la clarificarea unor aspecte teoretice și practice din temele abordate în cadrul acestei teze de doctorat.

Mulțumesc familiei mele care m-a sprijinit în mod deosebit în elaborarea tezei de doctorat.

Autorul aduce mulțumirile sale conducerii Departamentului de Inginerie Geotehnică și C.C.T pentru înțelegerea acordată și pentru asigurarea condițiilor necesare elaborării prezentei lucrări.

Autorul

CUPRINS

INTRODUCERE	7
CAP. I. SINTEZĂ DOCUMENTARĂ CU PRIVIRE LA ÎMBUNĂTĂȚIREA PĂMÂNTURILOR DIFICILE DE FUNDARE PRIN TEHNICA VIBRĂRII	10
1.1. CATEGORII DE TERENURI SLABE PENTRU FUNDAREA DIRECTĂ, SUSCEPTIBILE DE ÎMBUNĂTĂȚIRE	10
1.1.1. Pământuri sensibile la umezire	10
1.1.2. Pământuri cu compresibilitate mare	12
1.1.2.1. Pământurile argiloase saturate cu apă	12
1.1.2.2. Nisipurile în stare afânată	12
1.1.2.3. Măsuri care se adoptă la fundarea pe pământuri foarte compresibile	14
1.1.3. Necesitatea fundării pe terenuri dificile	15
1.1.4. Concepții privind îmbunătățirea terenurilor dificile de fundare	16
1.2. CÂTEVA UTILAJE VIBRATOARE FOLOSITE LA LUCRĂRILE DE ÎMBUNĂTĂȚIRE A TERENURILOR DIFICILE	17
1.2.1. Agregatul de vibropresare VVPS 20/11	17
1.2.2. Agregatul de vibropresare AVP-1	19
1.2.3. Agregatul de vibropresare percuție AVPP-1	22
1.2.4. Agregatul de vibroînfigere VUB-1M	24
1.3. TEHNOLOGIA DE ÎMBUNĂTĂȚIRE A TERENURILOR CU COLOANE DIN MATERIALE GRANULARE REALIZATE PRIN VIBROPRESARE	26
1.3.1. Domeniul de aplicare	26
1.3.2. Echipamente de lucru	27
1.3.3. Tehnologia de realizare a coloanelor din materiale granulare prin vibropresare	27
1.3.4. Tehnologia de realizare a nucleelor din beton simplu	29
1.3.5. Proiectarea îmbunătățirii terenurilor dificile cu coloane din materiale granulare realizate prin vibropresare	30
1.4. TEHNOLOGIA DE ÎMBUNĂTĂȚIRE A TERENURILOR CU PLOTURI DIN MATERIALE GRANULARE	31
1.4.1. Echipamentul de lucru	31
1.4.2. Tehnologia de realizare a ploturilor prin vibropresare	32

1.4.3. Consideratii privind îmbunătățirea terenurilor cu ploturi realizate prin vibropresare	33
1.4.4. Proiectarea îmbunătățirii terenurilor dificile cu ploturi realizate prin vibropresare	35
1.5. TEHNOLOGIA DE ÎMBUNĂȚĂIRE A NISIPURILOR DIFICILE DE FUNDARE PRIN PROCEDEUL VIBROÎNȚEPĂRII	37
1.5.1. Aspecte generale	37
1.5.2. Domeniul de aplicare	38
1.5.3. Echipamentul de lucru	39
1.5.4. Tehnologia de îmbunătățire a nisipurilor prin vibroînțepare	40
1.5.5. Elemente privind proiectarea îmbunătățirii pământurilor prin vibroînțepare	41
1.6. CONCLUZII ȘI PROPUNERI PRIVIND TEHNOLOGIA DE ÎMBUNĂȚĂIRE A TERENURILOR DIFICILE	42
CAP.2. STUDII EXPERIMENTALE ÎN SCARĂ MARE PRIVIND COMPACTAREA PĂMÂNTURILOR NISOPOASE PRIN METODA VIBROÎNȚEPĂRII	45
2.1. INTRODUCERE	45
2.2. ECHIPAMENTE DE LUCRU UTILIZATE LA EXPERIMENTĂRI	47
2.3. ÎNCERCĂRI EXPERIMENTALE ÎN SCARĂ MARE	48
2.4. REALIZAREA ȘI INTERPRETAREA UNOR ÎNCERCĂRI EXPERIMENTALE	51
2.5. CONCLUZII	69
CAP.3. STUDII EXPERIMENTALE DE TEREN PE AMPLASAMENTUL BLOCULUI DE LOCUINȚE B 20, CALEA AUREL VLAICU ARAD	71
3.1. STUDII COMUNE PENTRU REALIZAREA EXPERIMENTELOR DE VIBROÎNȚEPARE	71
3.1.1. Studii privind identificarea geotehnică a terenului de fundare	71
3.1.2. Încercări experimentale în amplasamentul blocului B 20	77
3.1.3. Studiul și prezentarea tehnologiei de lucru a îmbunătățirii terenului de fundare prin vibroînțepare cu adaos de apă	83

3.2. CERCETĂRI EXPERIMENTALE ASUPRA TERENULUI ÎMBUNĂTĂȚIT LA BLOCUL B 20, Sc.A	85
3.2.1. Studii cu privire la verificarea calității terenului îmbunătățit la blocul B 20, Sc.A.	85
3.2.2. Studii de interpretare a rezultatelor experimentale de teren obținute pe amplasamentul blocului de locuințe B 20, Sc. A	100
3.3. CERCETĂRI EXPERIMENTALE ASUPRA TERENULUI ÎMBUNĂTĂȚIT LA BLOCUL B 20, Sc. A	110
3.3.1. Studii cu privire la verificarea calității terenului îmbunătățit pentru blocul B 20, Sc. B	110
3.3.2. Studii de interpretare a rezultatelor experimentale de teren obținute pe amplasamentul blocului de locuințe B 20, Sc.B	127
3.4. CONCLUZII CU PRIVIRE LA REZULTATELE OBȚINUTE PRIN VIBROÎNȚEPARE PENTRU TERENUL DE FUNDARE AL BLOCULUI DE LOCUINȚE B 20, Sc. A ȘI Sc.B	131
CAP.4. STUDII EXPERIMENTALE DE TEREN PE AMPLASAMENTUL BLOCULUI DE LOCUINȚE B 21, CALEA AUREL VLAICU ARAD	135
4.1. STUDII INIȚIALE PRIVIND IDENTIFICAREA GEOTEHNICĂ A TERENULUI DE FUNDARE	135
4.2. CERCETĂRI EXPERIMENTALE ASUPRA TERENULUI ÎMBUNĂTĂȚIT PENTRU AMPLASAMENTUL BLOCULUI B 21, Sc.A.	141
4.2.1. Studii cu privire la verificarea calității terenului îmbunătățit pentru blocul B 21, Sc.A	141
4.2.2. Studii de interpretare a rezultatelor experimentale de teren obținute pe amplasamentul blocului de locuințe B 21, Sc. A	152
4.3. CERCETĂRI EXPERIMENTALE ASUPRA TERENULUI ÎMBUNĂTĂȚIT PENTRU AMPLASAMENTUL BLOCULUI B 21, Sc.B	164
4.3.1. Studii cu privire la verificarea calității terenului îmbunătățit pentru blocul B21, Sc. B	164
4.3.2. Studii de interpretare a rezultatelor experimentale de teren obținute pe amplasamentul blocului de locuințe B 21, Sc. B	180
4.4. CONCLUZII CU PRIVIRE LA REZULTATELE OBȚINUTE LA COMPACTAREA PRIN VIBROÎNȚEPARE A TERENULUI DE FUNDARE PENTRU BLOCUL DE LOCUINȚE B 21, Sc. A ȘI Sc.B	186

CAP.5. STUDII, CORELAREA CERCETĂRILOR ȘI CONCLUZIILE AUTORULUI PENTRU STABILIREA UNOR ELEMENTE DE CALCUL, PROIECTARE ȘI TEHNOLOGIA ÎMBUNĂTĂȚIRII PRIN VIBROÎNȚEPARE	190
5.1. SCURTĂ INTRODUCERE	190
5.2. STUDII CU PRIVIRE LA DOMENIUL DE APLICARE A VIBROÎNȚĂRII	191
5.3. STUDII PRIVIND STABILIREA ELEMENTELOR DE CALCUL PENTRU PROIECTAREA ÎMBUNĂTĂȚIRII ÎN ADÂNCIME A NISIPURILOR AFÂNATE	192
5.3.1. Câteva aspecte generale	192
5.3.2. Evaluarea unor caracteristici fizico-mecanice utilizate la proiectarea lucrărilor de îmbunătățire	193
5.3.2.1. Studii și corelări cu privire la porozitatea și umiditatea terenului îmbunătățit	193
5.3.2.2. Studii cu privire la greutatea volumică a terenului îmbunătățit	196
5.3.2.3. Cu privire la coeficientul de compresibilitate	198
5.3.3. Prezentarea studiilor cu privire la distribuția în plan a elementelor de îmbunătățire	199
5.3.3.1. Cu privire la distribuția în plan a coloanelor din materiale granulare	199
5.3.3.2. Distribuția în plan a ploturilor granulare	201
5.3.3.3. Distribuția în plan a punctelor de vibroînțepare	203
5.3.4. Evaluarea grosimii stratului de pământ îmbunătățit	208
5.4. CU PRIVIRE LA TEHNOLOGIA DE REALIZARE A VIBROÎNȚĂRIILOR	213
5.5. STUDII ASUPRA CAPACITĂȚII PORTANTE A TERENULUI DE ÎMBUNĂTĂȚIT PRIN VIBROÎNȚEPARE	214
5.5.1. Încercări și verificări de teren în cadrul unui poligon experimental	215
5.5.2. Încercări și verificări de teren pe amplasamentul construcției	216
5.5.3. Verificarea calității terenului îmbunătățit concomitent cu execuția îmbunătățirii	217
5.5.4. Verificarea finală a calității lucrărilor de îmbunătățire	217
5.6. CONTRIBUȚII PRIVIND APLICAREA PROCEDEULUI VIBROÎNȚĂRII LA ÎMBUNĂTĂȚIREA PĂMÂNTURILOR NISIPOASE DESPRINSE DIN STUDIILE EXPERIMENTALE REALIZATE	221
BIBLIOGRAFIE	233

INTRODUCERE, OBIECTUL ȘI STRUCTURA LUCRĂRII

Volumul tot mai mare al construcțiilor de locuințe, industriale social – culturale, poduri, drumuri, hidrotehnice, etc., ce se realizează pe amplasamente formate din pământuri dificile, cu caracteristici fizico – mecanice reduse, impune de cele mai multe ori adoptarea unor soluții de fundare complexe și extrem de costisitoare. Pentru realizarea construcțiilor pe aceste terenuri dificile, cu un grad de siguranță impus de prescripțiile tehnice, trebuiește ca terenul de fundare să fie adaptat construcției, fapt ce impune conceperea și elaborarea unor tehnologii care să satisfacă din punct de vedere tehnic și economic realizarea unor sisteme de fundare cât mai avantajoase concepute și realizate.

Construirea pe terenuri dificile necesită măsuri speciale și obligă proiectantul lucrării să efectueze cercetări suplimentare la investigarea terenului de fundare pentru cunoașterea aprofundată a caracteristicilor fizico – mecanice ale terenului natural.

Această cunoaștere este necesară pentru a vedea în ce măsură terenul respectiv permite aplicarea corectă a unei tehnologii de îmbunătățire dar și pentru a verifica efectul de îmbunătățire a caracteristicilor fizico – mecanice ale terenului și a determina în final capacitatea portantă a terenului de fundare.

Proiectarea și execuția infrastructurii trebuie analizată ca fiind o problemă complexă deoarece nu se rezolvă numai fundația în sine ci se pune problema efectului de îndesare a terenului natural și modul său de comportare în timp sub efectul încărcărilor exterioare.

Subestimarea complexității problemelor de fundare directă pe terenuri dificile îmbunătățite poate conduce la importante prejudicii economice dacă nu este asigurată stabilitatea și rezistența construcțiilor amplasate pe aceste terenuri.

Dacă din costul total al unei construcții, un procent de 10...15 % revine lucrărilor de infrastructură, în cazul unor lucrări de infrastructură în condiții nefavorabile, datorate unui teren de fundare necorespunzător din punct de vedere al proprietăților fizico – mecanice, costul lucrărilor de infrastructură poate ajunge la 25... 30 %.

Dificultățile de ordin tehnic și economic generate de condițiile improprii de fundare necesită în cele mai multe cazuri înlocuirea soluțiilor clasice de fundare sau îmbunătățirea pământurilor ce alcătuiesc terenul de fundare.

Fundarea construcțiilor pe terenuri improprii constituie o preocupare specială a multor ingineri și cercetători români. Un rol important în studierea, realizarea și aplicarea unor soluții de fundare și tehnologii de îmbunătățire a terenurilor de fundare slabe, bazate pe tehnica vibrării, l-a avut și îl are colectivul de inginerie geotehnică și fundații din cadrul

Departamentului de inginerie geotehnică și căi de comunicații terestre, al Facultății de Construcții din Timișoara.

Proiectarea și execuția sistemelor de fundare pe terenuri îmbunătățite trebuie privită ca o problemă complexă, deoarece pe lângă problema de dimensionare a fundației propriu-zise trebuie analizat și realizat efectul de îndesare al terenului natural dificil.

Cunoașterea aprofundată a caracteristicilor fizico-mecanice ale terenului îmbunătățit, permite cunoașterea evoluției în timp a tasărilor acestuia și adoptarea măsurilor corespunzătoare din punct de vedere tehnic pentru stabilitatea și funcționalitatea construcțiilor amplasate pe asemenea terenuri.

Din aceste considerente, autorul prezentei teze și-a propus să-și aducă contribuțiile proprii în ceea ce privește îmbunătățirea pământurilor nisipoase dificile prin procedeul vibroîntepării, urmărind aspecte legate de :

- a) perfecționarea tehnologiei de realizare a îmbunătățirii pământurilor necoezive prin procedeul vibroîntepării ;
- b) studiul extinderii în masivul de teren a zonelor în care se modifică substanțial caracteristicile fizico – mecanice ale terenului îmbunătățit ;
- c) elaborarea unei metodologii proprii privind stabilirea elementelor de calcul a îmbunătățirii pământurilor necoezive prin procedeul vibroîntepării ;
- d) promovarea tehnologiei de îmbunătățire a pământurilor nisipoase prin vibroîntepare pe plan național și elaborarea în viitor a unor instrucțiuni oficializate de proiectare și execuție.

Prezenta teză de doctorat a fost structurată pe 5 capitole, după cum urmează :

Capitolul 1 este reprezentat de o sinteză documentară amplă, privind categoriile de terenuri dificile, utilajele vibratoare folosite la lucrările de îmbunătățire a terenurilor dificile și tehnologiile de îmbunătățire bazate pe tehnica vibrării, tehnologii care au fost studiate în cadrul departamentului nostru. Acestea sunt tehnologii de îmbunătățire a terenurilor dificile prin realizarea de coloane granulare, ploturi sau prin vibroîntepare .

Capitolul 2 conține prelucrarea unor rezultate experimentale, privind procedeul de vibroîntepare, obținute în condiții de laborator și în scară mare. Sunt analizate în acest capitol stările finale de îndesare ale nisipului mijlociu care este compactat în diverse proceduri tehnologice. Din interpretarea încercărilor experimentale de laborator s-au desprins concluzii importante privind procedeul de îmbunătățire al nisipurilor prin vibroîntepare, concluzii referitoare la gradul de îndesare inițial al terenului afânat, la timpii de vibrare pentru înfigerea și extragerea echipamentului de lucru din teren, la raza de influență a îndesării terenului în jurul punctelor de vibroîntepare, la valorile finale ale gradului de

îndesare.

Capitolul 3 prezintă încercările experimentale de teren efectuate în cadrul unor amplasamente pentru blocuri de locuințe din municipiul Arad.

Încercările experimentale s-au bazat pe efectuarea unor studii geotehnice și cercetări de teren complexe și au constat din aplicarea procedurii de îmbunătățire a nisipurilor afânate prin vibroînțepare. În capitol sunt reliefate neajunsurile procedurii vibroînțepării, dar și modul în care a fost perfecționată tehnologia de vibroînțepare prin adaos de apă cu inundarea punctului de vibroînțepare. Cu ajutorul unor reprezentări grafice ample și complexe ale unor parametrii geotehnici sunt explicate efectele de îndesare din terenul îmbunătățit, distanțele la care se extind zonele îndesate în terenul de fundare și valorile finale ale caracteristicilor geotehnice ce intervin în cadrul capacității portante a terenului îmbunătățit.

Capitolul 4 prezintă noi încercări experimentale a procedurii de vibroînțepare cu adaos de apă până la inundarea punctului de lucru. Totodată, sunt prezentate tehnologia de execuție, natura terenului, investigațiile de teren executate înainte și după îmbunătățire, valorile calculate ale caracteristicilor geotehnice pentru terenul îmbunătățit și concluziile ce se desprind pentru amplasamentul blocului de locuințe B21, Calea Aurel Vlaicu, Arad.

Capitolul 5 conține studiile și concluziile autorului privind stabilirea unor elemente de calcul, de proiectare și tehnologia de îmbunătățire a nisipurilor prin procedeul vibroînțepării. După parcurgerea critică a acestei etape de cunoaștere a elementelor de proiectare a îmbunătățirii terenurilor, autorul stabilește o metodă proprie de determinare empirică a distanțelor dintre punctele de vibroînțepare ale terenului dificil și o tehnologie nouă de compactare prin vibroînțepare a nisipurilor dificile, ca terenuri de fundare.

CAP. 1 SINTEZĂ DOCUMENTARĂ CU PRIVIRE LA ÎMBUNĂTĂȚIREA PĂMÂNTURILOR DIFICILE DE FUNDARE PRIN TEHNICA VIBRĂRII

1.1 CATEGORII DE TERENURI SLABE PENTRU FUNDARE, SUSCEPTIBILE DE ÎMBUNĂTĂȚIRE

Pământurile slabe sau dificile pentru fundare sunt considerate pământurile argiloase cu un grad de umiditate mare ($S_r \geq 0,80$) cu un modul de deformație mai mic de 50 daN/cm^2 (în domeniul de presiuni până la $2,5 \text{ daN/cm}^2$), precum și pământurile prăfoase, măturile loessurilor, nisipurile fine în stare afânată sau argilele cu consistență redusă, terenurile contractile, agresive etc.

Caracterizarea din punct de vedere a "pământurilor dificile" prezintă dificultăți, deoarece în aceste pământuri nu se pot aplica totdeauna și în toate cazurile principiile mecanicii pământurilor. De menționat că proprietățile acestor pământuri se modifică considerabil sub încărcări, ca urmare a unei redistribuiri de eforturi, a schimbării deformațiilor, ca și a acțiunii unor factori exteriori care pot determina modificări structurale, cum ar fi: solicitările dinamice, umiditatea, înghețul, circulația apei etc.

În condiții concrete de fundare pe terenuri slabe, specialiștii au obligația de a studia toate aspectele pentru a da o rezolvare bună din punct de vedere tehnic și economic soluțiilor adoptate.

În cele ce urmează se prezintă unele aspecte cu privire la terenurile dificile ce se pretează la îmbunătățire.

1.1.1. Pământuri sensibile la umezire

Pământurile sensibile la umezire sunt pământurile care sub acțiunea încărcărilor exterioare sau sub greutatea proprie se tasează suplimentar atunci când sunt umezite, respectiv inundate cu apă din suprafață, sau se produce o ridicare a nivelului apelor subterane.

Mărimea și durata de manifestare a tasării suplimentare depinde de natura și grosimea stralului sensibil la umezire, de mărimea presiunii transmise terenului de fundare, de dimensiunile și forma suprafeței de încărcare și, deosebi, de gradul de umezire a pământului, etc.

Loessurile și pământurile loessoide sunt reprezentanții tipici ai pământurilor sensibile la umezire, fiind de origine eoliană, formate prin depunerea particulelor fine de praf peste vegetația ierboasă existentă. Putrezirea plantelor conduce la formarea de canalicule verticale, rezultând o structură extrem de afânată și cu o permeabilitate mult mai mare pe verticală.

Din punct de vedere granulometric pământurile sensibile la umezire se împart în:

--loessuri, la care fracțiunea 0,01...0,1 mm reprezintă peste 60% ;

--pământuri loessoide, la care fracțiunea 0,01...0,1 mm reprezintă sub 60% .

Depozitele naturale de origine loessoidă au în țara noastră grosimi de 5...10 m, dar în unele zone pot ajunge chiar 40 m. Caracteristic pentru structura loessului este prezența unor pori mari, sau macropori. Umiditatea naturală redusă, precum și prezența unor săruri (sulfati și carbonați de calciu), care crează legături structurale între particule, fac ca pământurile sensibile la umezire să aibe o coeziune ridicată.

Principala caracteristică a loessurilor, și a pământurilor loessoide o constituie, sensibilitatea la umezire. Sub influența apei are loc o reducere bruscă a volumului de goluri, datorată prăbușirii structurii pământului. Unii autori explică surparea structurii prin umflarea în contact cu apa a gelurilor de silice hidrofiele și prin dizolvarea, de către apă, a sărurilor solubile de calciu care formează legăturile între particule, [22].

O metodă directă în vederea identificării pământurilor sensibile la umezire, constă în următoarele:

-- proba cu structură și umiditate naturală este supusă în edometru unei încărcări care crește treptat, până la 3 daN/cm²,

-- după stabilizarea deformațiilor sub presiunea de 3 daN/cm², se procedează la inundarea probei; se înregistrează o deformație bruscă, suplimentară a probei, care se exprimă în curba de încărcare – tasare printr-un salt notat cu i_{m3} . Se consideră sensibile la umezire pământurile care au $i_{m3} > 2\%$, [39].

Pentru limitarea măririi tasărilor suplimentare prin umezire și a efectului acestora asupra construcțiilor, se adoptă măsuri care se pot grupa astfel:

- a. -- măsuri referitoare la terenul de fundare, în vederea înlăturării sensibilității umezire;
- b. -- măsuri care se referă la amplasarea în teren, forma și alcătuirea construcției
- c. -- măsuri de limitare a pierderilor din rețelele hidroedilitare și tehnologice.

Pentru înlăturarea sensibilității la umezire a pământului pe întreaga grosime sau numai pe o parte a grosimii zonei deformabile superioare, se pot utiliza următoarele metode:

-- perne de loess compactat sau materiale granulare;

- compactarea de suprafață cu maiul greu și supragreu;
- îmbunătățirea în adâncime cu coloane de pământ realizate prin batere;
- îmbunătățirea cu ploturi din materiale granulare;
- îmbunătățirea prin ștanțarea gropilor de fundare;
- îmbunătățirea prin explozii de adâncime;
- premezirea simplă sau cu explozii.

1.1.2. Pământuri cu compresibilitate mare

Pământurile argiloase prăfoase de consistență redusă (plastic moi sau plastic curgătoare) turba și pământurile turboase, nisipurile afânate, umpluturile neconsolidate sunt pământuri foarte compresibile.

1.1.2.1. Pământurile argiloase saturate cu apă

Argilele sunt considerate ca pământuri dificile când, pentru un interval de variabilitate a presiunii efective cuprinse între 0,5 și 1,5 daN/cm², prezintă un modul de deformare mai mic de $M= 50 \text{ daN/cm}^2$, respectiv au un grad de umiditate mai mare de $S_r \geq 0,8$.

În această grupă se includ pământurile aluvionare marine, lacustre, pământurile de deltă și alte forme de sedimentare deluviale și pluviale. După compoziția litologică și criteriul texturii, din această categorie fac parte: măturile, intercalațiile de argilă, argilele nisipoase sau prăfoase, precum și unele pământuri loessoide saturate.

Dificultățile care apar la fundarea pe pământuri argiloase saturate constau în următoarele [5], [22], [49]:

- datorită modului de deformare redus (sub 50 daN/cm²) apar tasări determinate de compresibilitatea mare a straturilor ;
- asigurarea stabilității acestor construcții este dificilă, deoarece pământurile argiloase saturate au caracteristici de rezistență scăzute: $\Phi = 5 \dots 12^0$; $c = 0,1 \dots 0,2 \text{ daN/cm}^2$;
- tasările construcțiilor fundate pe aceste terenuri se produc în timp foarte îndelungat și cu valori mari, în general neuniforme.

1.1.2.2. Nisipurile fine afânate

Nisipurile fine afânate sunt de asemenea pământuri puternic compresibile capabile să producă tasări mari ale construcțiilor.

Recunoașterea compresibilității mari a pământurilor se poate face atât prin încercări de laborator cât și de teren. Un criteriu de identificare al compresibilității, îl constituie deformația specifică $\epsilon_{p=2}$. Se consideră pământuri compresibile pământurile care au $\epsilon_{p=2} > 6\%$.

Dificultatea prelevării de probe netulburate din pământurile moi sau nisipurile afânate, reduce în acest caz, posibilitățile de aplicare ale acestui criteriu.

O recunoaștere rapidă se poate face prin penetrare, astfel în cazul argilelor moi $N_{30} < 4$ (la penetrare dinamică standard), iar R_p (rezistența la penetrare statică pe con) < 30 daN/cm², [97], [105], [26].

În cazul nisipurilor afânate pot apare următoarele fenomene de instabilitate: instabilitatea hidrodinamică care poate fi produsă de eroziunea valurilor și curenților cursurilor de apă (la diguri și baraje) și antrenarea hidrodinamică a curenților de infiltrație (construcții hidrotehnice), iar de foarte multe ori prin lichefiere, care este fenomenul de scădere bruscă a rezistenței la forfecare a unui pământ necoeziv, care produce transformarea temporară a acestuia într-o masă fluidă și este provocată de o prăbușire a

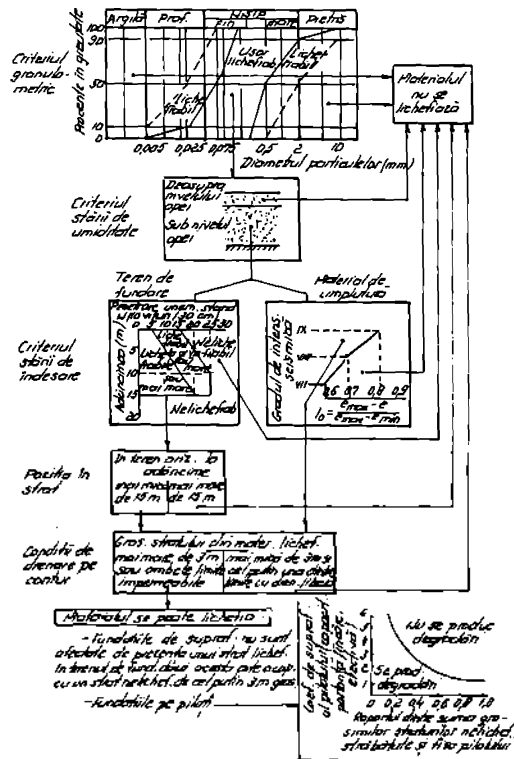


Fig.1.1 Criteriu recomandat pentru aprecierea lichefiabilității

structurii datorită unei solicitări dinamice fiind însoțit de o creștere bruscă a presiunii apei din pori.

Se deosebesc două tipuri de lichefierii:

--lichefiere propriu-zisă, caracteristică nisipurilor afânate, la care se produce o reducere substanțială a rezistenței la forfecare ca urmare a creșterii presiunii apei din pori;

-- lichefierea ciclică, posibilă la orice stare de îndesare a nisipurilor, care constă într-o cedare progresivă prin acumularea deformațiilor ce se produc în timpul solicitărilor ciclice, ca urmare a creșterii periodice a presiunii apei din pori și deci a scăderii rezistenței la forfecare.

În lucrările, [60], [98], se consideră drept principali factori care condiționează stabilitatea la lichefiere:

- compoziția granulometrică,
- starea de îndesare;
- starea de îndesare și drenare.

Influența acestor factori asupra lichefiabilității terenurilor necoezive este prezentată calitativ în fig. 1.1, [60], [90].

La fundarea construcțiilor pe nisipuri afânate trebuie ținut seama de următoarele aspecte:

-- prezența nisipului afânat în terenul de fundare constituie un pericol potențial de lichefiere, [9], [98];

- un teren nisipos afânat poate genera dificultăți în comportarea construcțiilor datorită potențialului mare de tasare prin îndesare, sau a rezistenței reduse [60], [37];

- epuismențele s-au coborârea nivelului apei subterane poate provoca antrenarea nisipului de sub fundații, [82], [49];

- lichefierea terenului nisipos poate fi provocată de șocurile seismice, dar și de șocuri și vibrații tehnologice, [45], [46], [60].

Pentru fundarea directă pe terenuri puternic compresibile se pot adopta următoarele măsuri:

- măsuri de îmbunătățire a terenului de fundare, [49], [50];
- măsuri referitoare la construcție (sporirea rezistenței și a rigidității spațiale a construcției; sporirea capacității de adaptare a construcției la deformații mari și neuniforme, reducerea influenței pe care o au tasările asupra construcției) [57], [42], [67], [64].

1.1.2.3. Măsuri care se adoptă la fundarea pe pământuri foarte compresibile, privind terenul de fundare

Fundarea pe un teren foarte compresibil este posibilă numai în condițiile îmbunătățirii caracteristicilor fizico-mecanice ale acestuia. Metoda de îmbunătățire se va alege, în principal, în funcție de grosimea straturilor compresibile.

La grosimi reduse, $H = 3 \dots 8$ m, se pot aplica următoarele metode de îmbunătățire:

- compactarea cu maiul greu;
- perne din balast sau piatră spartă;
- îmbunătățirea prin procedeul vibroînțepării;
- îmbunătățirea cu ploturi din balast;
- îmbunătățirea prin ștanțare;
- îmbunătățirea cu explozii de adâncime.

La grosimi mai mari de 8 m se poate recurge la :

- îmbunătățirea cu coloane din balast, nisip sau piatră spartă, realizate prin vibropresare, vibroflotare;
- nuclee din beton simplu cu adaos de zgură;
- coloane din var sau zgură;
- compactare cu maiul supergreu;
- precomprimare.

În alegerea metodei de îmbunătățire pe lângă grosimea stratului compresibil trebuie să se țină seama și de natura construcției, de poziția amplasamentului, de nivelul de dotare al executantului, etc.

1.1.3. Necesitatea fundării pe terenuri dificile

Numărul de amplasamente cu teren de fundare având caracteristici geotehnice avantajoase, este tot mai redus. Această situație, combinată cu obligația de a așeza obiectivele în zone determinate din necesități prioritare, ridică probleme dificile de fundare.

În asemenea condiții, costul fundațiilor poate avea o pondere însemnată în costul total al unei construcții, pomind de la 6...8 %, la clădirile de locuit și social-culturale și 10...16 % la construcțiile industriale, ajungând la mai mult de 50 % la unele poduri și construcții portuare.

Fundarea pe terenuri slabe este impusă de necesitatea valorificării terenurilor impropii agriculturii, pentru a se scoate cât mai puține suprafețe arabile din circuitul agricol național și valorificarea la un nivel superior a întregii suprafețe a țării.

Amplasarea construcțiilor industriale, la anumite distanțe de orașe este impusă de necesitatea asigurării bazei materiale funcționării acestora acolo unde sursele de materii prime există sau se mențin în condiții mai eficiente, evitându-se transporturi pe distanțe mari sau deficiențe de aprovizionare a materiei prime. De asemenea construcțiile industriale se amplasează în zona în care se poate asigura necesarul de forță de muncă.

Având în vedere criteriile enunțate la amplasarea construcțiilor, în cele mai multe cazuri este necesară fundarea în condiții speciale de teren, ceea ce implică intervenții asupra terenului de fundare prin diverse procedee de îmbunătățite.

1.1.4. Concepții privind îmbunătățirea terenurilor slabe de fundare

Dezvoltarea industriei, ameliorarea condițiilor de viață și creșterea nivelului de cultură al populației, fac indispensabilă creșterea procentelor de construcție, în special în zonele care prezintă condiții dificile de teren. În toate țările, terenurile tasabile sunt folosite pentru amplasarea unui număr considerabil de imobile de folosință industrială, pentru construirea de orașe noi și extinderea aglomerărilor existente.

Subestimarea complexității problemelor construirii pe terenuri dificile este de natură să aducă un important prejudiciu economic. Evoluția deformațiilor construcțiilor realizate pe terenuri dificile se apreciază că are loc în cursul unei perioade suficient de prelungite, ceea ce permite a se lua măsuri în vederea protejării locuitorilor și a bunurilor lor, excepție făcând terenurile alunecătoare, care pot provoca uneori pericole pentru viețile umane.

Pentru construirea pe terenuri tasabile se iau în principal următoarele măsuri:

- a. - înlăturarea proprietăților de tasare a terenului pe toată grosimea stratului tasabil prin mijloace diferite a căror alegere este în funcție de grosimea acestuia;
- b. - traversarea stratului tasabil prin intermediul fundațiilor clădirii, adică fundarea pe piloți sau alte fundații de adâncime, ce transmit încărcările la terenul rezistent;
- c. - tentative de izolare a terenului de fundare împotriva infiltrației apei prin dirijarea apelor de suprafață, amenajarea căilor de scurgere, sisteme de drenaj, îndepărtarea conductelor de apă și a canalizărilor în raport cu clădirea;
- d. - utilizarea radierelor generale fundate pe terenuri naturale și ale căror dimensiuni sunt stabilite plecând de la condițiile de transmitere la teren a unei presiuni minime fără ca proprietățile de tasare ale terenului să se manifeste;
- e. - punerea la punct a unor sisteme constructive speciale prevăzute pentru a rezista eforturilor datorate tasărilor diferențiate, prin separarea clădirii în tronsoane cu lungimi de cel mult 35 m, realizarea unor măsuri constructive ca : montarea de armături speciale, realizarea unei centuri orizontale din beton armat, etc.

Ținând de complexitatea problemei, în primul rând în ceea ce privește soluțiile tehnice care mai trebuie încă perfecționate, este necesară unirea eforturilor specialiștilor, axarea pe stabilirea soluțiilor optime și realizarea unui schimb de informații permanent, precum și o coordonare a activității în acest domeniu.

Având în vedere importanța unui control atent în timpul construirii și a folosirii clădirii, la fundarea pe terenuri dificile, este de dorit să se stabilească metode de control unitare și să se asigure efectuarea obligatorie a unui asemenea control, [89], [92], [101].

Fiind dată eficacitatea economică a aplicării măsurilor speciale pentru construirea pe

terenuri dificile, se recomandă aplicarea obligatorie a unor asemenea măsuri și creșterea adecvată a investițiilor în construirea pe terenuri dificile.

Dacă studiile de teren și soluțiile stabilite de proiectant duc la concluzia că pe terenul natural nu se poate funda întotdeauna direct, ar trebui analizate următoarele posibilități: înlocuirea pământurilor dificile (dacă $H_{\text{slab}} = 2 \dots 4$ m), prin folosirea materialelor locale existente; îmbunătățirea straturilor slabe fără îndepărtarea terenului slab, ($H_{\text{slab}} = 6 \dots 18$ m), dar care uneori devine avantajoasă și pentru grosimi mai mici, și în ultimă analiză luarea în considerare a sistemelor de fundare indirectă. Aceleași aspecte se apreciază ca fiind valabile și în cazul umpluturilor, caz în care pe baza studiilor temeinice (teren, metode de îmbunătățire, dotare utilaje), proiectantul să considere situația cea mai avantajoasă.

Se vor prezenta în continuare principalele tehnologii de îmbunătățire, a terenurilor slabe de fundare, bazate pe folosirea tehnicii vibrării.

1.2. CÎTEVA UTILAJE VIBRATOARE FOLOSITE LA LUCRĂRILE DE ÎMBUNĂȚIRE A TERENURILOR

Generatoarele de vibrații mecanice folosite la înfingerea și extragerea elementelor de inventar se pot clasifica în raport cu acțiunea lor asupra elementului de înfipt, în raport cu schema de acționare a generatorului de vibrații, în funcție de sistemul de realizare a oscilațiilor, etc. Ținând seama de acțiunea lor asupra elementelor se consideră potrivită următoarea clasificare:

- *Vibratoare*, care imprimă elementului de înfipt o mișcare de oscilație unidirecțională în lungul axei sale, acestea fiind fixate rigid de element;
- *Vibropercutoare*, care în afara oscilațiilor, acționează asupra elementului de înfipt prin ciocniri sau percuții.

Vibratoarele ce vor fi prezentate în prezentul capitol, realizează forța de oscilație prin rotirea în sens contrar a uneia sau a mai multor perechi de discuri cu mase excentrice. Ele se mai pot clasifica după modul de acționare (electric sau hidraulic), precum și după frecvența de rotație a excentricilor (de înaltă frecvență, 700...3000 rot/min; de joasă frecvență, între 300...500 rot/min), [2], [3], [36].

1.2.1. Agregatul de vibropresare VVPS 20/11

Agregatul VVPS 20/11 figura 1.2., constă din următoarele părți principale: cadrul frontal (1), cadrul posterior (2), săgeata (3), vibratorul (4), trolitul electric (5), generator (6),

electromotorul troliului (7) și electromotorul vibroînfigătorului (8). În afară de forțele de oscilație asupra elementului în momentul înfingării, acționează și o solicitare verticală formată și de o forță de presare transmisă prin niște cabluri, sporind astfel presiunea pe secțiunea transversală a elementului înfipt, deci crește eficacitatea vibratorului.

Cadrul frontal și cel posterior se prind rigid la tractor și servesc la fixarea săgeții și instalării generatorului și troliului.

Săgeata servește ca instalație de ridicare și dirijare pentru vibrator și este o fermă cu zăbrele sudate.

Vibroînfigătorul, este un vibromecanism cu acțiune dirijată cu suprasarcină pe arcuri, având următoarele caracteristici tehnice, frecvența de oscilație 700...800 rot/min, forța de oscilație maximă 200 kN. Vibratorul în poziție de lucru este suspendat în cârligul de suspensie al săgeții și cu ajutorul roților de reazem se poate deplasa în lungul profilelor de ghidaj ale săgeții, fixate la cadrul din față al agregatului,[46], [43].

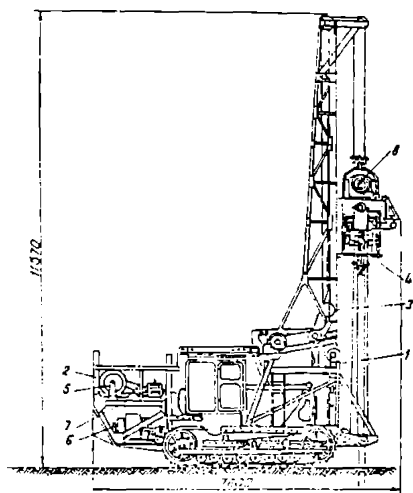


Fig. 1.2. Agregatul de vibropresare VVPS 20/11

Motoarele vibratorului primesc energia electrică de la generatorul (6).

Agregatul VVPS 20/11 este destinat înfingării în pământ, prin procedeul combinat de vibrare și presare, a piloților de beton armat, dar în România s-a folosit la o gamă mai largă de lucrări printre care la realizarea coloanelor din materiale locale.

Caracteristicile tehnice ale agregatului sunt: forța de oscilație maximă de 200 kN, solicitarea de presare maximă 110 kN, viteza de înfigere 2,13...2,43 m/min., presiunea specifică asupra pământului de 6,9 kN/m², viteza admisibilă de deplasare a agregatului de

Troliul pentru ridicarea și așezarea săgeții se montează împreună cu electromotorul la nivelul superior al cadrului posterior al agregatului.

Un tambur al troliului este destinat creării solicitării de supraîncărcare și presare a vibratorului pe ghidajele săgeții și a cadrului frontal.

Agregatul de vibropresare este montat pe cadrul unui tractor cu șenile.

La cuplarea motorului troliului cu ajutorul cablului, vibratorul se poate deplasa liber pe verticală în profilele de ghidaj ale săgeții.

2,36...5,40 km/h, iar puterea motorului tractorului este de 100 CP. Dimensiunile agregatului în poziție de lucru: lungimea 7600 mm, lățimea 2460 mm, înălțimea 11570 mm, greutatea totală 23000 daN.

1.2.2. Agregatul de vibropresare AVP-1

Agregatul de vibropresare AVP-1 a fost proiectat în cadrul catedrei noastre și s-a executat de Centrala de Mecanizarea Construcțiilor Industriale București, la Întreprinderea de Reparații Brăila din cadrul Molnd., fig.1.3, [53], [48].

Agregatul AVP-1 este un utilaj a cărui principiu de funcționare se bazează pe vibrații dirijate, respectiv percuții dirijate, combinate cu o presare adițională. Agregatul este

1. Lumânare
2. Cabina de comandă
3. Cadru posterior
4. Troliu
5. Alternator de 100 kVA
6. Motor electric de 55 kW
7. Vibrogenerator
8. Tractor S – 1500
9. Cadru anterior

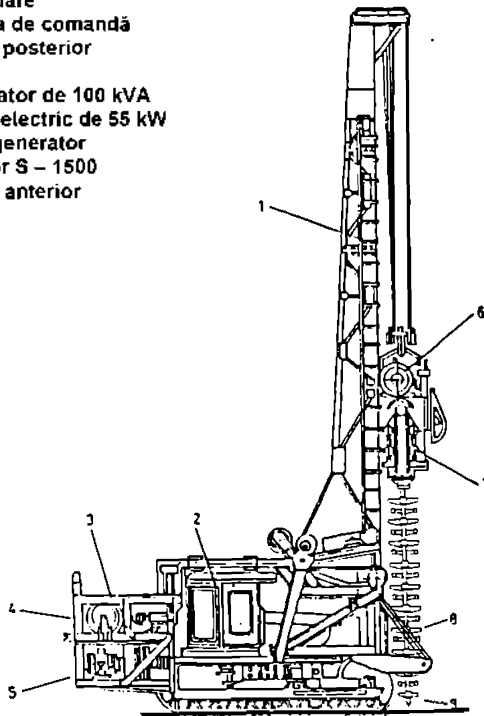


Fig.1.3. Agregatul de vibropresare AVP-1

destinat realizării unor lucrări de fundații pe terenuri de portanță redusă, cum sunt :

- înfigerea piloților prefabricați cu lungimea până la 8 m și secțiunea 30/30 cm;
- realizarea piloților din beton simplu sau armat turnați la fața locului cu sau fără bulb;

angrenare directă. Pe fiecare roată dințată și arbore corespunzător se găsesc câte o pereche de excentrice fixe (8), blocate pe roată cu ajutorul șurubului (7) și o pereche de excentrice (4) reglabile, în cele patru poziții cu ajutorul opritoarelor (2).

Caracteristicile vibratorului sunt:

- | | |
|---------------------------------|--------------------------|
| - numărul maselor excentrice | 4 buc. |
| - momentul static : treapta I-a | 1535 daN/cm ² |
| treapta II-a | 2090 daN/cm ² |
| treapta III-a | 4000 daN/cm ² |
| - masa | 1480 kg. |

Deplasarea agregatului în frontul de lucru se face cu vibrogeneratorul la partea superioară și cu echipamentul de lucru fixat de el, înclinația terenului de max. 4⁰. Frontul de lucru necesită o amenajare prin asigurarea unei nivelări a terenului și eventual o consolidare a acestuia pentru accesul agregatului.

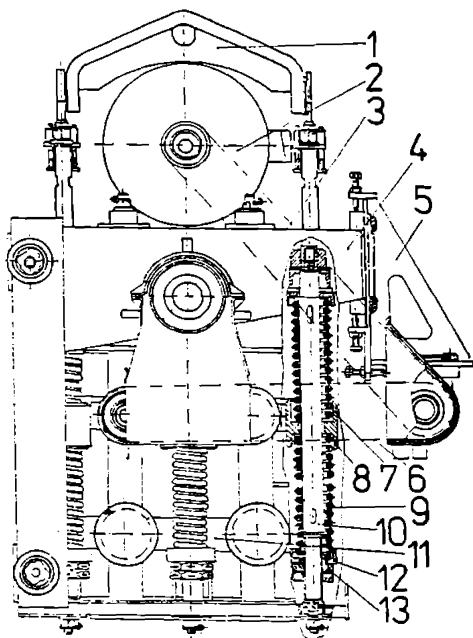


Fig.1.4. Vibrogeneratorul existent pe AVP-1

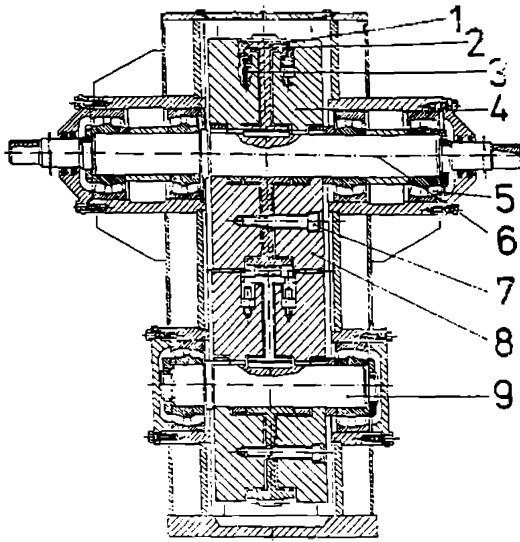


Fig.1.5. Vibrogeneratorul existent pe AVP-1 secțiune transversală

1.2.3. Agregatul de vibropresare – percuție AVPP-1

Utilajul de vibropresare – percuție AVPP-1, fig.1.5., este destinat lucrărilor de îmbunătățire a terenurilor de fundare și lucrărilor de fundații și poate lucra în două scheme funcționale de bază la înfigerea în teren a elementelor de inventar,

- vibrare (pură sau cu presare); [56], [91].
- vibropercuții cu presare pe element.

Schema funcțională de lucru se va stabili în funcție de natura terenului și scopul urmânt. Astfel, în cazul în care înfigerea echipamentului de lucru în teren cu ajutorul vibrațiilor pure însoțite de forța de apăsare se face greoi și cu randament scăzut, se recurge la montajul dispozitivului de percuție care are menirea de a transmite echipamentului percuții dirijate în jos, la înfigere și în sus, la extragere.

Se utilizează utilajul pentru:

- executarea fundațiilor directe prin ștanțare;
- executarea fundațiilor indirecte (barete scurte, piloți, etc.).

În cazul fundațiilor directe se vor folosi tehnologiile:

- îmbunătățirea terenurilor slabe în vederea fundării directe;
- ștanțarea gropilor de fundații pentru realizarea fundațiilor izolate.

Parametrii agregatului AVPP-1 sunt prezentați în tabelul 1.1.

Denumire parametru	U.M.	AVPP-1
Masă percutantă	Kg	3725-4400
Frecvență de oscilație	Hz	11,8
Frecvență percuției	lov/sec	11
Perioadă percuției	sec	0,084
Durată percuție	sec	0,005-0,001
Forță perturbatoare (P_e)	tf	21,5; 11,23; 8,25
Forță maximă indusă în element	tf	140
Forța de percuție	tf	$3(5) \times P_e$
Viteza finală de înfigere	m/min	Min 0,5-0,8
Masă element ce se înfige (max)	to	5,5

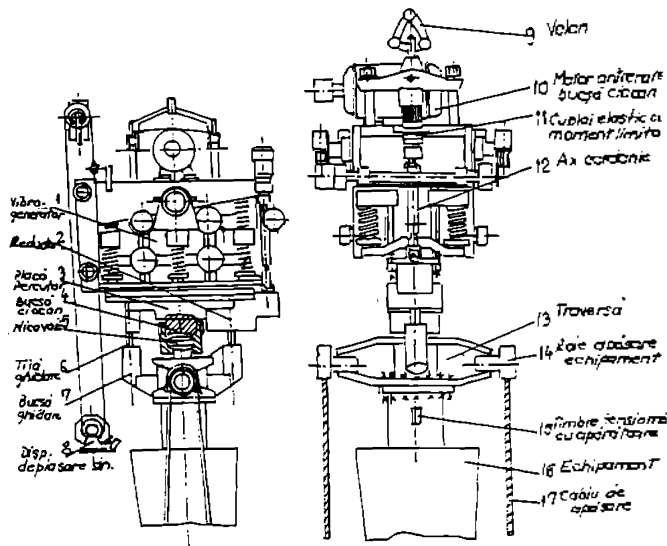


Fig.1.6 Schemă percutor

- | | |
|--|---|
| 1. Vibrogenerator AVPP1-1600 | 2. Reductor |
| 3. Placă percutor cu ciocan | 4. Bucșă ciocan invers |
| 5. Nicovală | 6. Tije ghidare |
| 7. Bucșe ghidare | 8. Dispozitiv pentru deplasarea sincronă |
| 9. Palan | 10. Motor pentru antrenarea bucșei ciocan |
| 11. Cuplaj elastic cu moment limită | 12. Ax cardanic |
| 13. Traversă | 14. Role apăsare echipament |
| 15. Timbre tensiometrice cu apărătoare | 16. Echipament |
| 17. Cablu de apăsare | |

1.2.4. Vibroînfigătorul VUB-1M

Vibroînfigătorul VUB-1M a fost proiectat și realizat în cadrul M.T.Tc.

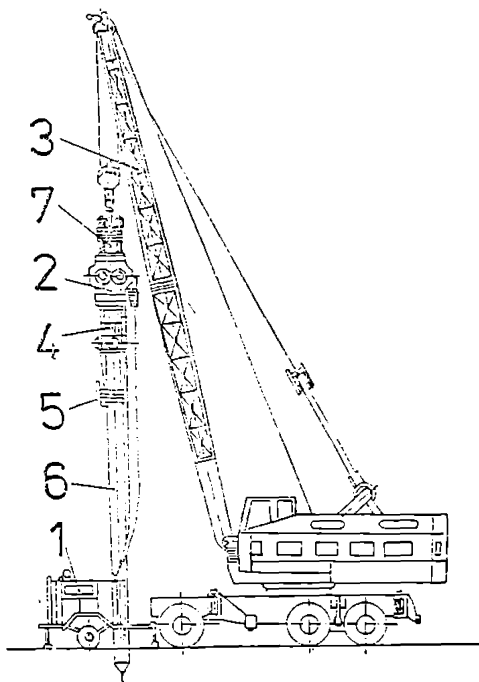


Fig.1.7. Vibroînfigătorul VUB-1M

În figura 1.7. se prezintă principalele elemente ale vibroînfigătorului.

În principiu, vibroînfigătorul se compune din vibrator (2), automacara (3), grup electrogen (comanda) (1) și dispozitivul de prindere a elementului de înfipt (4), un dispozitiv de prindere hidraulic.

Principalele caracteristici tehnice sunt:

- forța perturbatoare 121 – 480 kN;
- frecvența ciclurilor 750 – 1500 osc/min;
- puterea motoarelor electric 2 x 30 KW;
- masa vibratorului 4440 kg;
- tensiunea de alimentare 380 V.

Automacara asigură manevra vibratorului pe verticală ca și depășirea pe șantier în timpul lucrului.

Pupitrul de comandă asigură pornirea și oprirea vibratorului, acesta având dimensiunile 1975 x 1220 x 1320 mm.

Vibroînfigătorul poate realiza înfigeri de piloți prefabricați, precum și înfigeri de echipamente pentru îmbunătățiri de teren, înfigeri și smulgeri de palplanșe.

În tabelul 1.2. se prezintă lista utilajelor vibratoare realizate și folosite la executarea unor tehnologii de îmbunătățire a terenurilor de fundare în România.

Utilaje vibratoare realizate în România

Tabelul 1.2

Nr. crt.	Denumirea utilajului	Simbo	Studiat proiectat	Executant (asist. tehn.)	Beneficiar	Anul
1	Vibratorul experimental 1	VE1	CDF Tim.	CDF Tim.	IPTr.Vuia Tim.	1959
2	Vibratorul experimental 2	VE2	CDF Tim.	CDF Tim	IPTr.Vuia Tim.	1959
3	Vibratorul experimental 3	VE3	CDF Tim.	CDF Tim	IPTr.Vuia Tim.	1963
4	Vibratorul Progresul Brăila	VP1	CDF Tim.	Prog.Brăila	ICMS Galați	1962
5	Vibratorul experimental 1îmbunătăți	VE1îm	CDF Tim.	CDF Tim	TCM Ploiești	1962
6	Vibratorul experimental 1	VPE-1	CDF Tim.	CDF Tim	IPTr.Vuia Tim	1963
7	Instalații de forare pe orizontală	FD-1	CDF Tim.	CDF Tim	IPTr.Vuia Tim	1965
8	Instalații de forare pe verticală	IFO-2	CDF Tim.	CDF Tim	IPTr.Vuia Tim	1966
9	Instalație de vibroînțepare	IVD 1	6 Martie Tim.	6 Martie Tim	MCI - DMCI	1967
10	Agregatul de vibroînțepare	AVP-1	CDF Tim.	MCI IR Brăila	MCI - MEE	1974
11	Vibroînfigător unidimensional	VUB1M	IPCF Buc.	CCCC-IPCF	MTTC-CCCC	1975
12	Vibroînfigător unidirecțional	VUS2A	IPCF Buc.	CCCC-IPCF	MTTC-CCCC	1976
13	Agregatul de vibropresare	AVP2	ICPAIUC Buc.	MCI IR Brăila	MCI-CMCIB	1983
14	Instalație de vibroforare	IVFH1	ICPAIUC Tim	ICPAIUC Buc	MCI-CMCIB	1985
15	Agregat de vibropresare percuție	AVPP1	ICPAIUC Brăila	MCI IR Brăila	MCI-CMCIB	1986

IPTr. Vuia - Institutul Politehnic "Traian Vuia"

CDF- Catedra de drumuri și fundații

CM - Catedra de mecanică a IPTr. Vuia

IMA - Întreprinderea de mecanizare a agriculturii Timișoara.

1.3. TEHNOLOGIA DE ÎMBUNĂTĂȚIRE A TERENURILOR CU COLOANE GRANULARE REALIZATE PRIN VIBROPRESARE

Tehnologia de îmbunătățire în adâncime cu materiale granulare, nisip, balast, zgură, etc., realizată utilizând utilaje vibratoare sau vibropercutoare, este reglementată prin Normativul C 29-185 și lucrările, [53], [49], [69].

Coloanele din materialele locale realizate prin vibropresare sunt folosite în două scopuri:

- pentru îmbunătățirea în adâncime a terenurilor slabe în vederea creșterii capacității portante a acestora, reducerea tasărilor și omogenizarea tasărilor, [16], [49], [78];
- drenarea terenurilor măloase și consolidarea acestora, [75], [81], [19].

1.3.1. Domeniul de aplicare

Soluția se aplică la îmbunătățirea proprietăților fizico-mecanice ale terenurilor de fundare alcătuite din: nisip mijlociu, curat sau cu rar pietriș, nisip fin prăfos, nisip argilos, argilă nisipoasă, nisip argilos prăfos, mături, etc., situate deasupra sau sub nivelul apelor subterane. În terenurile nisipoase saturate rezultatele obținute în urma îmbunătățirii sunt bune și ca urmare a efectului de vibroîndesare, prin reașezarea particulelor într-o stare mai îndesată. În cazul terenurilor argiloase efectul de vibroîndesare este mai scăzut, conținându-se în principal pe elemente rigide realizate prin vibroînlocuire, [15], [20], [21].

Coloanele din materialele granulare se pot utiliza în cazul următoarelor categorii de terenuri:

- nisipuri afânate;
- mături și argile moi;
- umpluturi neorganizate;
- loessuri și pământuri prăfoase afânate, foarte umede sau aflate sub nivelul apelor subterane.

În general metoda de îmbunătățire cu coloane se utilizează în cazul fundării construcțiilor pe terenuri slabe cu grosimi $h \leq 8$ m.

Din punct de vedere al materialului de adaos, coloanele se pot realiza din : balast, nisip, zgură, var, pământ stabilizat, etc.[43], [56], [72].

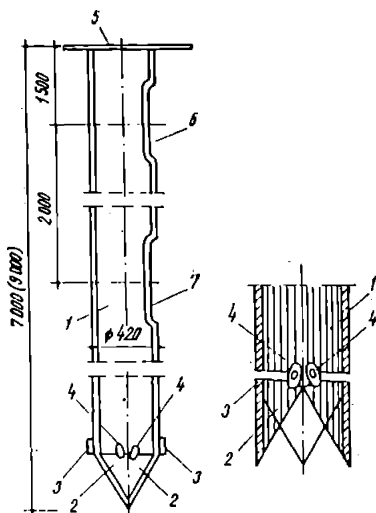


Fig.1.8. Dispozitivul pentru realizat coloane din balast

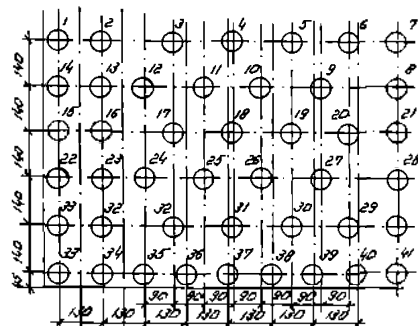


Fig.1.9. Ordinea de execuție a coloanelor din balast

1.3.2. Echipamente de lucru

Echipamentul de lucru pentru realizarea coloanelor din materiale granulare prin vibropresare este prezentat în fig.1.8.

Dispozitivul, tubul de inventar este format dintr-o țevă metalică cu diametrul de 219, 324 sau 419 mm având grosimea peretelui de 20 mm. La partea inferioară tubul este prevăzut cu clapete prinse de tub prin intermediul unor balamale cu limitatoare de deschidere. La partea superioară tubul este prevăzut cu o flanșă pentru prinderea rigidă de generatorul de vibrații, [95], [47].

Introducerea materialului granular în tubul de inventar se face printr-o fereastră cu dimensiunile 200 x 200 mm, situată în partea superioară și aflată la 50 cm sub flanșa de prindere.

1.3.3. Tehnologia de realizare a coloanelor din materiale granulare prin vibropresare

Îmbunătățirea terenurilor slabe cu coloane din balast realizate prin vibropresare presupune realizarea următoarelor lucrări:

-- executarea săpăturii generale;

-- aşternerea unui strat de balast de 40-50 cm spre a împiedica refularea terenului care apare în procesul de execuție al coloanelor;

-- trasarea și pichetarea coloanelor, prin marcarea axelor principale ale construcției și trasarea șirului de coloane conform planului de distribuție al coloanelor fig.1.9;

-- execuția propriu-zisă a coloanelor prin retragerea vibroagregatului AVP-1.

Coloanele pot fi executate simplu--vibropresate, dublu--vibropresate sau multi--vibropresate în funcție de natura și caracteristicile terenului de îmbunătățit, importanța construcției și condițiile de capacitate portantă necesară a se obține.

Schema tehnologică de execuție a coloanelor de balast (sau alt material granular) fără prelungirea echipamentului de lucru constă în realizarea următoarelor faze, fig 1.10:

- I. Înfigerea tubului la cotă;
- II. Umplerea cu balast a tubului și extragerea tubului de inventar, concomitent cu formarea coloanei în teren prin umplerea golului creat cu balast ;
- III. Poziționarea tubului pentru reînfigere (dublu vibropresare) ;
- IV. Reluarea vibropresării și formarea unui gol în coloană ;
- V. Umplerea cu balast a tubului (parțial introdus în coloană) și extragerea sa pentru obținerea unei coloane dublu--vibropresate.

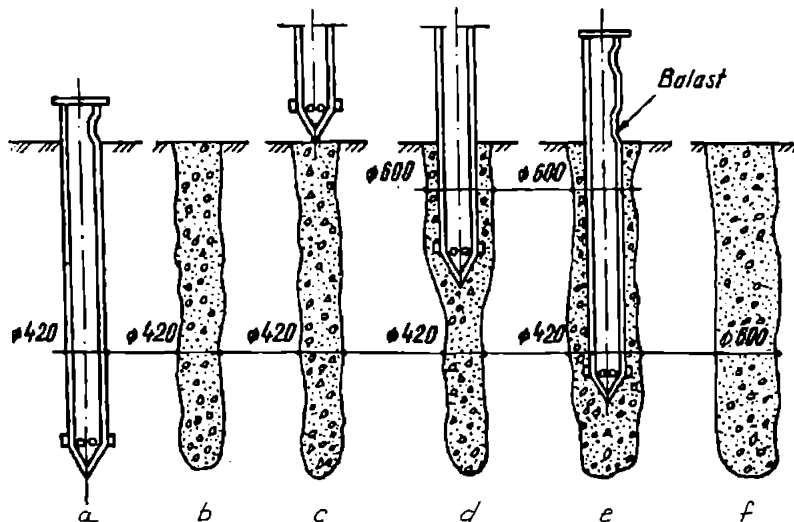


Fig.1.10 Tehnologia de execuție a coloanelor, a...f, fazele de execuție

În acest mod se pot executa coloane cu lungimea de până la 9 m. Operația de înfigere se realizează sub acțiunea forței perturbatoare transmisă de utilaj.

Tubul se extrage din teren în regim de vibrații, cu viteza de maxim 1 m/min., pentru a se realiza o îndesare bună a materialului din coloană prin intermediul vibrațiilor transmise de tub.

Coloanele din materialele locale cu lungi mai mari de 9 m se vor executa prin prelungirea echipamentului de lucru, prevăzut cu tronsoane prelungitoare, iar utilajul AVP-1 va avea o lumânare prelungită.

1.3.4. Tehnologia de realizare a nucleelor din beton simplu

Această tehnologie este asemănătoare cu cea utilizată pentru realizarea coloanelor din materiale granulare și constă în introducerea în teren a coloanei, urmată de betonarea golului creat concomitent cu extragerea tubului, [40], [41]. Se poate aplica în următoarele categorii de teren:

- pământuri sensibile la umezire;
- nisipuri afânate;
- pământuri argiloase, prăfoase de consistență redusă;
- loessuri înmuiate.

Metoda combină efectul de îndesare sau înlocuire specifică coloanelor din material granular cu cele de formare în corpul pământului a unor incluziuni rigide, capabile să preia încărcări axiale ca niște piloți flotanți, [19], [34].

În acest caz dispare efectul de dren vertical, iar în cazul pământurilor coezive saturate se vor executa drenuri verticale din nisip sau benzi drenate din geotextile, dispuse alternant cu nucleele din beton simplu.

Rezemarea fundațiilor pe terenul îmbunătățit cu nucleee poate fi realizat în două moduri:

- rezemarea directă pe capul nucleelor;
- rezemarea prin intermediul unui strat de repartiție de 0,2...0,3 m grosime.

Cea de-a doua variantă, [16], [70], [89], de rezemare favorizează transmiterea unei cote mai mari din încărcarea axială a fundației la pământul dintre nucleee, repartizarea mai uniformă a presiunilor pe talpa fundației.

Nucleele din beton simplu se realizează din 100 kg/m³ ciment și cenușă de electrofiltru de termocentrală.

1.3.5. Proiectarea îmbunătățirii cu coloane din materiale granulare realizate prin vibropresare

Proiectarea lucrărilor de îmbunătățire cu această tehnologie se face în conformitate cu "Normativ privind îmbunătățirea terenurilor slabe prin procedee mecanice", C 29-85.

Documentația tehnică necesară proiectării, trebuie să cuprindă următoarele elemente:

- studiul geotehnic al amplasamentului, diagramele de penetrare;
- planul rețelelor subterane;
- planul fundațiilor și planul de distribuție al coloanelor cu distanțele între șirurile

de coloane:

- fișa tehnologică de execuție a coloanelor;
- schema de organizare a lucrărilor de îmbunătățire;
- memoriul tehnic de calcul.

Disponerea în plan a coloanelor se face după o rețea de triunghiuri echilaterale cu latura (l), egală cu distanța între axele coloanelor, [4], [31], [49].

Calculul parametrilor îmbunătățirii presupune determinarea următoarelor elemente.

- distanța (l) între axele coloanelor ;
- diametrul coloanei (proiectat) ;
- adâncimea de îmbunătățire ;
- porozitatea medie a terenului îmbunătățit ;
- parametrii de rezistență Φ și c ai terenului îmbunătățit și calculul capacității

portante a terenului de fundare.

Distanța (l) dintre axele coloanelor se poate calcula, pentru nisipuri și alte pământuri în stare nesaturată cu relația:

$$l = d_c \cdot \sqrt{\frac{100 - n_f}{n_i - n_f}} \quad (1.1)$$

în care: d_c – diametrul proiectat al coloanei ;

n_f - porozitatea finală în % ;

n_i – porozitatea inițială în % .

Diametrul proiectat al coloanei se stabilește în funcție de diametrul exterior al tubului de inventar d, fiind:

$$d_c = (1,00 \dots 1,20) \cdot d \quad (1.2)$$

Adâncimea de îmbunătățire h_c , se stabilește din condițiile de capacitate portantă

și de deformație a terenului îmbunătățit, pe baza prevederilor STAS 3300-85, [1], [17], [41].

Porozitatea medie a terenului îmbunătățit se stabilește cu relația:

$$\eta_m = \frac{V_c - V'_s}{V_c} \quad (1.3)$$

În care: $V_c = A_c \times h_c$ (A_c – aria suprafeței îmbunătățite), volumul terenului îmbunătățit; V'_s – volumul părții solide al terenului ținând cont și de volumul materialului din coloană.

Un calcul practic și rapid al parametrilor îmbunătățirii se poate face prin utilizarea diagramei de calcul $n\% - l$, [1], [50].

În diagramă, la stabilirea volumului necesar de balast s-a considerat că se folosește un balast cu $n = 45\%$, care prin vibrație ajunge la $n = 35\%$.

Volumul de balast necesar pentru realizarea coloanelor se va majora cu 30%, iar pentru cel dublu sau triplu-vibropresate cu 1,80 respectiv 2.

Parametrii îmbunătățirii se vor defini definitiv pe baza datelor rezultate din încercările experimentale de teren, efectuate conform C 29-85. Cu acești parametri se poate determina acum capacitatea portantă a terenului îmbunătățit.

1.4. ÎMBUNĂȚĂȚIREA TERENULUI CU PLOTURI DIN MATERIALE GRANULARE

Un sistem modern și eficient de realizare a îmbunătățirii terenurilor slabe de fundare reprezintă soluția de îmbunătățire cu ploturi realizate cu vibromaiul și agregatul AVP-1.

Soluția a fost studiată și aplicată de catedra noastră din anul 1981, [42], [54].

În baza diagramei de variație a eforturilor unitare cu adâncimea, datorate încărcărilor transmise de fundații, se consideră ca necesară îmbunătățirea unui teren slab numai pe adâncimea zonei active, [23], [42], folosind un echipament denumit vibromai, care îmbină efectul de pană cu efectul vibropresării realizând în acest fel o îndesare apreciabilă a pământului slab în zona activă a fundațiilor.

1.4.1. Echipamentul de lucru

La realizarea ploturilor vibropresate se folosește un echipament, din beton armat sau confecție metalică din tablă sub forma unui trunchi de con sau trunchi de piramidă și

care se atașează în mod rigid la generatorul de vibrații al agregatului AVP-1, fig.1.11.

În cazul vibromaiului din beton, vârful este prevăzut cu un papuc metallic din tablă de 8... 15 mm.

Lungimea bibromaiului cuprinsă între 2...5 m, se alege în funcție de adâncimea necesară de îmbunătățire. Din motive constructive, la partea superioară echipamentul are formă dreptunghiulară de 70 x 80 cm, iar la vârf are forma de pătrat cu latura 25... 40 cm.

Forma plată a vârfului și înclinarea pereților echipamentului sporesc efectul de indesare a terenului peste lungimea de pătrundere în teren a echipamentului,[15], [34].

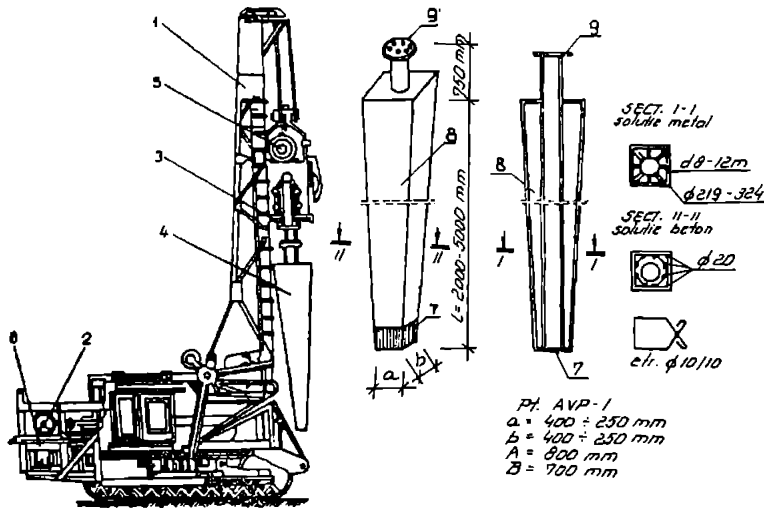


Fig.1.11. Agregatul de vibropresare AVP-1 echipat cu vibromai.

1.4.2. Tehnologia de execuție a ploturilor

În principiu noua tehnologie constă în introducerea în terenul slab a unui volum de fază solidă în spațiul creat cu ajutorul vibromaiului fig.1.12.

Măsurile organizatorice și de pregătire a amplasamentului pentru realizarea ploturilor sunt ca și acelea pentru executarea coloanelor din vibropresare.

Desfășurarea lucrărilor de îmbunătățire pe amplasament se desfășoară conform următoarelor operații, fig.1.12 :

- pregătirea suprafeței de lucru prin realizarea unei săpături generale sau a unei umpluturi până la cota prescrisă în proiect ; după nivelarea acestei suprafețe se trasează axele principale ale construcției și fundațiilor și axele șirurilor de ploturi prin materializarea acestora în teren cu ajutorul țărășilor ;

--se aduce echipamentul deasupra axului plotului și se introduce vibromaiul în teren prin vibroîndesare, care va ștanța un spațiu de forma echipamentului ;

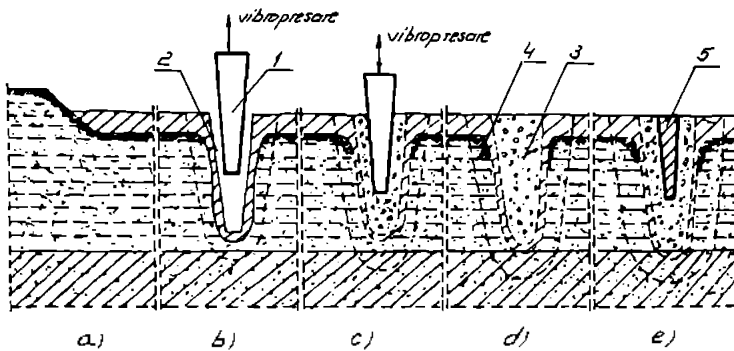


Fig.1.12. Tehnologia de îmbunătățire a terenurilor cu vibromaiul.

-- se extrage echipamentul din teren, prin folosirea vibrațiilor, și se umple spațiul creat cu balast, nisip, zgură, etc., după care se reia procesul de înfigere al vibromaiului pentru îndesarea materialului de aport.

-- spațiul creat prin a doua operație de înfigere (de regulă mult mai mic decât cel inițial) se va completa cu o nouă adăugare de material.

În cazul că în ultima umplere se folosește beton simplu sau nisip stabilizat, atunci se realizează ploturi cu nuclee din beton sau nisip stabilizat, [42], [41].

După executarea ploturilor, fie se așează un strat de balast sau nisip ce se compactează prin cilindrare, fie se îndepărtează stratul superficial afânat de cca. 40...60 cm grosime.

Tehnologia de îmbunătățire cu vibromaiul se poate aplica în terenuri necoezive care au o compoziție granulometrică cuprinsă între 0,06 și 150 mm, când sub efectul vibrațiilor și îndesării în masa pământului se crează posibilitatea realizării granulelor într-o stare mai îndesată.

1.4.3. Considerații privind îmbunătățirea terenului cu ploturi vibropresate

În baza studiilor efectuate în laborator și teren, rezultă că ploturile din materialele granulare executate cu vibromaiul, contribuie la îmbunătățirea caracteristicilor terenurilor atât prin efectul de compactare globală cât și prin efectul de dren vertical.

Prin introducerea în teren a vibromaiului se formează un spațiu, de forma echipamentului, a cărui pereți se mențin verticali după extragerea vibromaiului, datorită formeii înclinate a pereților vibromaiului și fenomenului de îndesare ce se produce în masiv, rezultând o zonă compactă (bine îndesată) în jurul golului. În plus, datorită oscilațiilor verticale în masa pământului necoeziv se produce și un fenomen de lichefiere, care favorizează o reaşezare a particulelor solide într-o structură mai densă [3], [36], [8].

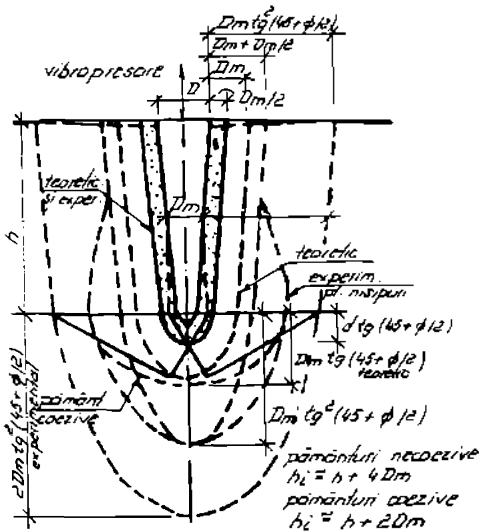


Fig. 1.13. Plot din balast și zonele de îndesare.

Capacitatea portantă a ansamblului astfel creat este în funcție de interacțiunea dintre ploturi și terenul învecinat, [34], [42], [58].

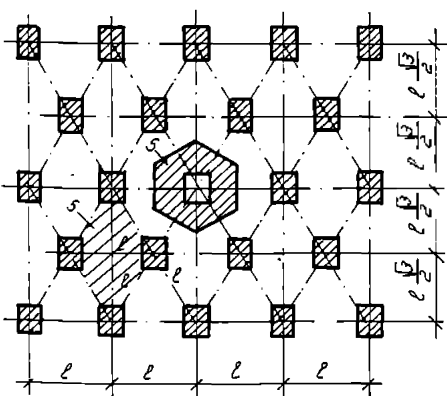


Fig. 1.14. Schema distribuției ploturilor.

Prin aportul de fază solidă se îmbunătățește și granulozitatea, în cazul nisipurilor fine lichifiabile din zonele seismice.

Agregatele de vibropresare actuale nu produc accelerații ale vibrațiilor suficient de mari pentru a permite și compactarea pământurilor coezive în același mod cu a celor necoezive. Dar prin introducerea de material granular și formarea plotului, terenul îmbunătățit se va comporta ca un teren neomogen substituit parțial de materialul granular, [25], [32], [75].

Pe lângă efectul de drenaj și de omogenizare al stratului slab de teren, ploturile conduc la creșterea caracteristicilor fizice și mecanice ale terenului în care au fost folosite deci și la o creștere a capacității portante concomitent cu reducerea tasărilor probabile.

Zonele de influență din jurul ploturilor, pe care se produce îndesarea terenului inițial slab, s-au stabilit pe cale teoretică și experimentală, în laborator și teren, și sunt prezentate în fig. 1.13.

Zona îndesată din jurul plotului se poate considera egală cu $1,5 D_m$, explicabil prin efectul vibropresării și a materialului de aport. Totodată se produce o îndesare puternică în regiunea de vârf a vibromaiului, datorită efectului de pană cu vârful plat al echipamentului, combinat cu cel al vibropresării, [42], [91].

În cazul nisipurilor îmbunătățirea acestora sub vârful vibromaiului se poate considera pe o adâncime de $4 D_m$.

1.4.4. Proiectarea îmbunătățirii cu ploturi realizate prin vibropresare

În cazul îmbunătățirii terenurilor cu ploturi, acestea se dispun în plan sub forma unei rețele de triunghiuri echilaterale cu latura l . Distanța l , dintre axele ploturilor se deduce din condiția ca volumele materialului de aport și a terenului inițial să fie egale (însumate) cu volumul total de după efectuarea îmbunătățirii, pentru adâncimea de îmbunătățire.

Suprafața în plan ce revine unui plot se determină ca fiind egală cu suprafața rombului fig.1 14 :

$$S = l^2 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \quad (1.4)$$

În baza raționamentului expus anterior se obține:

$$l^2 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \gamma_f = m \cdot \frac{V}{h_i} \cdot \gamma_f + l^2 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \gamma_i \quad (1.5)$$

În care: $m = 1; 1,5; 2; 2,5; 4...$ în funcție de cantitatea de material adăugat, comparativ cu volumul V al gropii ștanțate în prima fază,

γ_i - greutatea volumică inițială a terenului ;

γ_f - greutatea volumică finală a terenului îmbunătățit ;

V - volumul vibromaiului introdus în teren la prima ștanțare;

h_i - grosimea de teren îmbunătățit:

-- nisuri $h_i = h + 4D_m$;

-- păm. coezive $h_i = h + 2D_m$;

Relația 1.5 se scrie:

$$l^2 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} (\gamma_f - \gamma_i) = m \cdot \frac{V}{h_i} \cdot \gamma_f \quad (1.6)$$

sau

$$l = \sqrt{\frac{2m}{\sqrt{3}}} \cdot \sqrt{\frac{V}{h_i} \cdot \frac{\gamma_f}{\gamma_f - \gamma_i}} \quad (1.7)$$

Se introduce notația:

$$c = \sqrt{\frac{2m}{\sqrt{3}}}$$

Înlocuind în relația 1.7:

$$\gamma_i = \rho_i \cdot g \quad \gamma_f = \rho_f \cdot g$$

vom avea:

$$l = c \cdot \sqrt{\frac{V}{h_i} \cdot \frac{\rho_f}{\rho_f - \rho_i}} \quad (1.8)$$

Dacă se consideră că umiditatea este aceeași și după îmbunătățire și că materialul de aport are aceeași îndesare, vom scrie:

$$\rho_f = \rho_s (1 - n_f) (1 + w) \quad \text{și} \quad \rho_i = \rho_s (1 - n_i) (1 + w)$$

respectiv:

$$\rho_f = \rho_{df} (1 + w) \quad \text{și} \quad \rho_i = \rho_{di} (1 + w)$$

iar distanța l dintre axele ploturilor devine:

$$l = c \cdot \sqrt{\frac{V}{h_i} \cdot \frac{\rho_f}{(\rho_{df} - \rho_{di})}} \quad (1.9)$$

Dacă densitatea scheletului ρ_s este aceeași pentru terenul natural și material de aport, relația 1.9 devine:

$$l = c \cdot \sqrt{\frac{V}{h_i} \cdot \frac{1 - n_f}{n_i - n_f}} \quad (1.10)$$

în care:

- n_f -- porozitatea finală a terenului îmbunătățit ;
- n_i -- porozitatea medie a terenului natural.

În cazul pământurilor argiloase se recomandă ca distanța dintre axele ploturilor să fie mai mică decât $3 D_m$ ($l \leq 3 D_m$), [42].

Valoarea capacității portante se stabilește pe baza încercărilor experimentale de teren și laborator precum și a STAS-ului 3300/1,2 –85.

Dimensiunile în plan ale suprafeței îmbunătățite cu vibromaiul, trebuie să depășească în plan dimensiunile fundațiilor cu lățimea d , care se determină conform C29-85, cu o relație de forma :

$$d = B \cdot \eta \quad (1.11)$$

unde: B – lățimea fundației sau a radierului general;
 η – coeficientul egal cu 0,5 pentru fundații continue și izolate și 0,35 pentru radiere.

1.5. TEHNOLOGIA DE ÎMBUNĂȚIRE A NISIPURILOR DIFICILE DE FUNDARE PRIN PROCEDURELE VIBROÎNȚEPĂRII

1.5.1. Aspecte generale

Generatoarele de vibrații reprezintă surse dinamice punctiforme, care produc o perturbare de poziție a particulelor solide ce alcătuiesc pământurile doar cu caracter local și nu pe întreaga grosime a straturilor afânate ce trebuie compactate. Pe măsura îndepărtării de sursa de vibrații, amplitudinile oscilațiilor descresc foarte repede, ceea ce conduce la apariția de zone limitate cu volum ce se compactează în jurul sursei locale de oscilație. Experiențele au arătat că prin substituirea vibrațiilor verticale de suprafață, cu vibrații verticale aplicate în mod direct în interiorul masei de nisip, se obțin rezultate mult mai bune în compactarea terenurilor necoezive.

Studii sistematice [36], [30], [46] au concluzionat că trebuie puse în practică, utilaje și echipamente capabile de a produce în interiorul masivului de fundare vibrații de o anumită intensitate, care aplicate astfel, să permită obținerea unei stări de îndesare maxime a terenului de îmbunătățit.

Pentru sporirea eficienței, în transmiterea vibrațiilor în interiorul masivului de fundare, Lobasov [36] a propus ca la compactarea în adâncime a nisipurilor saturate să se utilizeze o sursă de vibrații și un echipament spațial care să permită transmiterea spațială, dispersată, a vibrațiilor, pe întreaga grosime a terenului de îmbunătățit.

Această perturbare dinamică în masa de pământ saturat este creată prin aplicarea

procedeului vibroîntepării. Metoda utilizează o carcasă spațială metalică ce transmite vibrațiile sale (fiind prinsă rigid de un vibrator), volumului de pământ în care este introdusă. Sub influența acestor vibrații se produce compactarea terenului de fundare.

Sub efectul vibrațiilor verticale întretinute și dirijate asupra pământului prin carcasa spațială, acesta este supus unui fenomen de lichefiere, adică se comportă ca un lichid vâscos, a cărui rezistență la forfecare este proporțională cu vâscozitatea aparentă [52],[54].

După intensitatea vibrațiilor, distanța punctului considerat față de sursa de vibrații și granulozitatea pământului, lichefierea poate fi parțială sau totală. Atunci când survine lichefierea, forțele de frecare dintre particulele solide ale pământului (proporționale cu mărimea suprafeței lor și deci cu pătratul diametrului mediu) sunt reduse foarte mult, practic fiind anulate. Forțele de gravitație ale particulelor de pământ, forțe care sunt proporționale cu volumul lor (și deci cu cubul diametrului lor mijlociu) rămân neschimbate în timpul lichefierii și produc restructurarea pământului (reașezarea sa) într-o nouă structură mai densă și mai stabilă, după aplicarea procedeului vibroîntepării, [2], [83].

Procedeul vibroîntepării este o metodă eficace de îndesare a nisipurilor saturate de grosime relativ mică, $H \leq 6,0$ m.

Cercetată în condiții de laborator în cadrul Catedrei de Drumuri și Fundații a Facultății de Construcții din Timișoara și aplicată cu succes la peste 12 obiecte social-culturale, metoda vibroîntepării a fost perfecționată prin creșterea efectului transmiterii vibrațiilor în terenuri de fundare și realizarea unor volume cu stări îndesate mai mari [30], [46], [59].

La baza procedeului vibroîntepării stă efectul de vibroîndesare al nisipurilor sub acțiunea vibrațiilor transmise spațial de către echipamentul de lucru pe întreaga înălțime a volumului de nisip de compactat.

1.5.2. Domeniul de aplicare

În Normativul privind îmbunătățirea terenurilor de fundare slabe prin procedee mecanice Caietul IV, indicativ C29-85 se specifică faptul că procedeul de îmbunătățire a terenurilor de fundare prin vibroîntepare este eficace *numai pentru pământurile formate din nisipuri fine afânate și saturate*, aflate în stare naturală sau în umpluturi și a căror grosimi nu depășește , $H \leq 6$ m.

În cadrul colectivului de Geotehnică și Fundații au fost întocmite și executate mai multe proiecte de îmbunătățire a terenurilor de fundare slabe prin procedeul vibroîntepării unele dintre ele figurând și în lista bibliografică a lucrării de față. Din domeniul de granulozitate a straturilor de pământuri nisipoase existente pe amplasamente proiectate și

executate anterior studiului de față, reiese că procedeul vibroîntepării terenurilor de fundare se pot aplica și altor categorii de pământuri nisipoase, decât nisipurilor fine menționate în C29-85, [11], [55], [62].

Aceste nisipuri pot fi și nisipuri mijlocii--mari, mijlocii--fine sau nisipuri mari cu pietriș.

Totodată s-a constatat că unele dintre nisipurile care au fost îmbunătățite sunt și nisipuri foarte uniforme, având coeficienții de neuniformitate $U_n < 5$, ceea ce ar însemna că ele reprezintă un potențial mic de îndesare prin compactare fără adaos de material granular în fazele de execuție a compactării, [12].

Realizarea unor stări de îndesare maximă este posibilă în cazul nisipurilor ca urmare a stării de fluiditate în care se regăsesc sub influența vibrațiilor verticale.

Deși Normativul C29-85 menționează că în urma aplicării procedurii vibroîntepării se obține o creștere a gradului de îndesare a terenului în medie cu numai 30 %, experimentele de teren indică creșteri ale acesteia de până la 100 %, concomitent cu o tasare generală a platformei de lucru de 30...40 cm și cu micșorarea posibilităților de deformare a terenului, [10], [13], [56].

Metoda vibroîntepării terenurilor nisipoase se pretează a fi folosită ca metodă de îmbunătățire a luturilor nisipurilor afânate sau cu îndesare medie, aflate în stare saturată sau sub nivelul apelor subterane, atunci când diametrul mijlociu al acestora este cuprins între $d_{50} \% = 0,025...2$ mm, adică acestea sunt pământuri nisipoase lichefiabile sau ușor lichefiabile, conform Îndrumătorului P125-84, privind proprietățile pământurilor necoezive lichefiabile.

1.5.3. Echipamentul de lucru

Pentru realizarea terenurilor nisipoase, metoda vibroîntepării utilizează un echipament de lucru compus dintr-o carcasă spațială metalică, fig.1 15, cu lungimea de 6...8 m.

Carcasa spațială este alcătuită dintr-o tijă centrală cilindrică (2), pe care sunt dispuse la intervale egale bare horizontale (3), așezate în cruce, cu lungimi de 1/6 din lungimea tijei. Barele horizontale au la capete aripioare pentru amplificarea transmiterii vibrațiilor în terenul de fundare. Barele horizontale așezate în cruce sunt rotite, alternant, cu 45° în lungul tijei centrale, [59], [30], [91]. La partea superioară a tijei centrale este fixată o flanșă rigidă (1) prin care se realizează prinderea de generatorul de vibrații verticale.

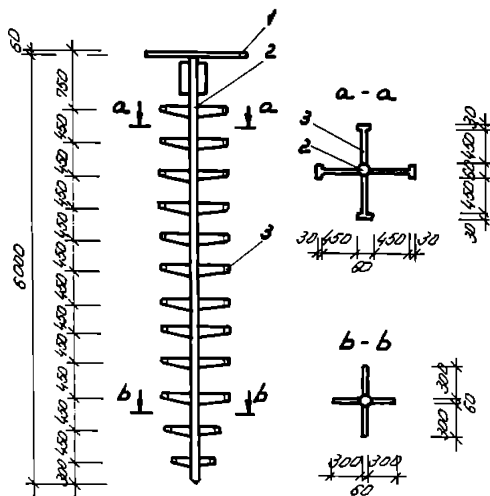


Fig. 1.15. Carcasa metalică folosită la îmbunătățirea prin vibroîntețpare.

Se recomandă ca viteza de rotație a excentricilor generatorului de vibrații să fie cuprins între 1000... 1400 rot/min și să se asigure echipamentului de lucru o amplitudine a vibrațiilor de 1,7...3,6 cm; [47], [38].

1.5.4. Tehnologia de îmbunătățire a nisipurilor prin vibroîntețpare

Tehnologia de îmbunătățire a nisipurilor afânate, aflate sub apelor subterane prezentată în lucrările [49], [30], [95], constă în următoarele faze principale schematizate în fig.1.16:

-- **faza 1** – introducerea carcasei spațiale, sub efectul vibrării, în terenul de fundare afânat cu o viteză medie de 1,0 m/minut, până la adâncimea de compactare prevăzută în proiectul îmbunătățirii;

-- **faza 2** – după ce echipamentul de lucru a atins adâncimea de îmbunătățire a terenului slab, se continuă vibrarea timp de circa 2 minute pentru ca efectul îndesării să se resimtă în terenul de fundare pe o distanță egală cu de 6 ori lungimea barelor orizontale;

-- **faza 3** – în această ultimă fază de îmbunătățire a terenului de fundare se procedează la extragerea carcasei spațiale din teren cu o viteză de 50 cm/min. și cu generatorul în funcție, în caz contrar se produce o afânare a terenului compactat în primele (2 două) faze de lucru.

După încheierea ciclului de îmbunătățire menționat se trece la deplasarea utilajului într-o nouă poziție pentru realizarea următoarei vibroîntețpări, până se realizează îmbunătățirea întregii platforme. Ordinea de execuție a vibroîntețpărilor din amplasamentul

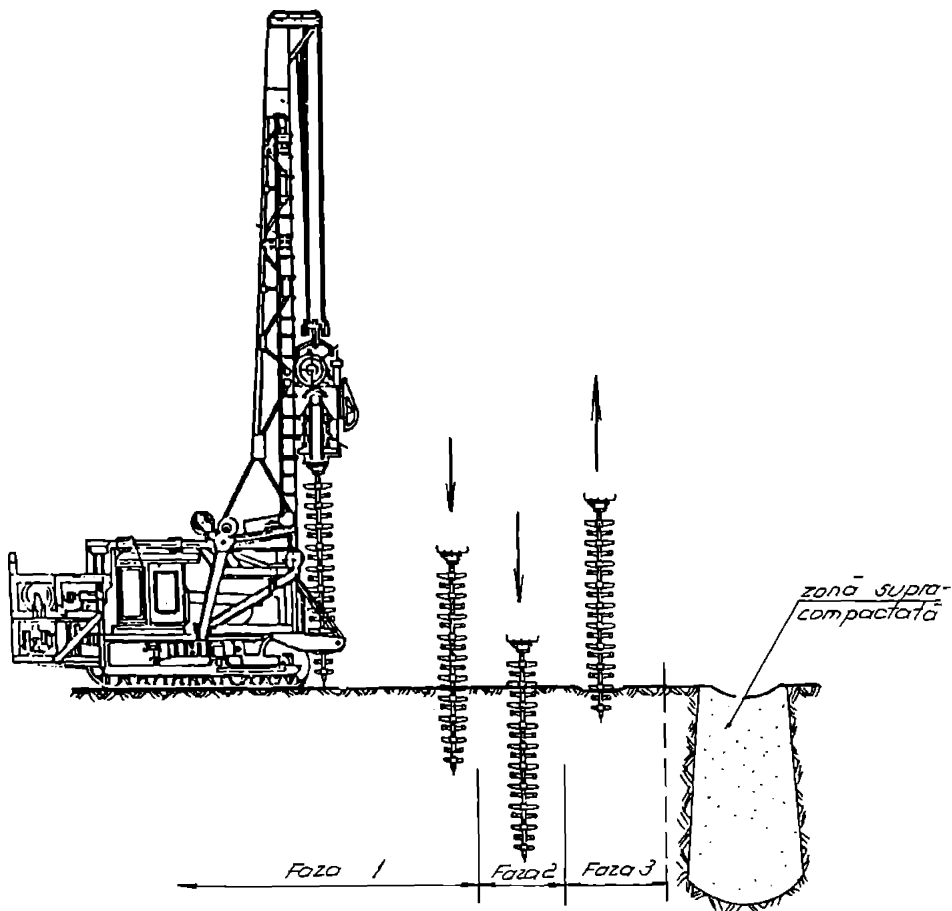


Fig.1.16. Tehnologia de execuție a vibroîntepărilor

de îmbunătățit este de la exteriorul suprafeței de îmbunătățit înspre interiorul ei.

Transmiterea vibrațiilor în terenul de fundare dificil se face într-un volum mai mare decât printr-o compactare de la suprafață, ceea ce are ca rezultat crearea unor zone circulare mai compacte în jurul punctelor de vibroîntepare, dar și o bună uniformitate în compactarea straturilor nisipoase, permițându-se în acest fel fundarea directă a construcțiilor la cote mai ridicate și asigurarea tuturor condițiilor de rezistență și stabilitate.

1.5.5. Elemente privind proiectarea și verificarea îmbunătățirii pământurilor prin vibroîntepare

Compactarea terenurilor nisipoase prin procedeul vibroîntepării se realizează pe baza unui proiect de execuție care trebuie să cuprindă, [95], [101] :

- a. Studiul geotehnic, densitatea pământului, porozitatea, nivelul apelor subterane, gradul de îndesare și diagramele de penetrare executate în terenul natural;
- b. Planul de distribuție al vibroînțepărilor, ordinea execuției și conturul fundațiilor;
- c. Fișa tehnologică a vibroînțepărilor.

În Normativul C29-85 se menționează că punctele de vibroînțepare se dispun în nodurile unei rețele formată din triunghiuri echilaterale a cărui latură $l=1,80...2,00$ m, fără a prezenta o modalitate, chiar și empirică, de determinare a acesteia. În paragraful 5.3, autorul prezentei lucrări stabilește două căi empirice pentru stabilirea distanței (l) dintre punctele de vibroînțepare, în contextul obținerii unei stări de maximă îndesare a terenului îmbunătățit.

Verificarea calității îmbunătățirii terenurilor se face prin încercări experimentale de penetrare statică sau dinamică cu con efectuate în terenul natural necompactat și cel compactat din poligonul experimental. Cu încercările de testare se stabilește "diagrama etalon" cu care se compară toate penetrările de control, efectuate în număr de 1(una) penetrare la 100 mp suprafață compactată.

În concluzie, constatându-se că domeniul îmbunătățirii pământurilor prin procedeul vibroînțepării este puțin studiat dar extrem de eficient, autorul își propune să studieze mai amănunțit problema folosirii vibroînțepării în îmbunătățirea pământurilor necoezive afânate, în vederea fundării directe.

Prin studiile ce au fost elaborate s-a urmărit obținerea unor elemente de proiectare și tehnologie care să prezinte o certitudine sporită în proiectarea și execuția îmbunătățirii pământurilor necoezive prin procedeul vibroînțepării.

1.6 CONCLUZII ȘI PROPUNERI PRIVIND TEHNOLOGIILE DE ÎMBUNĂȚIRE A TERENURILOR DIFICILE

În vederea fundării directe, folosind fundații de suprafață realizate pe terenuri dificile, se impune ridicarea calității acestora pe zona activă pentru sporirea rezistențelor mecanice la compresibilitate respectiv la forfecare, pentru ca acestea să ajungă la valoarea terenurilor naturale bune sau chiar mai mult, respectiv să le facă neinfluențabile în timp. În acest sens se ridică următoarele probleme:

- se poate ridica suficient de mult capacitatea portantă a terenurilor slabe prin îmbunătățire ?
- în ce condiții de productivitate, de cost, de consumuri de materiale, etc., se poate realiza îmbunătățirea ?

În baza lucrărilor de îmbunătățire realizate de colectivul nostru de geotehnică și fundații, prin activitatea contractuală, se poate aprecia că lucrările de îmbunătățire realizate au condus la capacități portante superioare mediei existente pentru terenurile naturale, ajungându-se până la valori de peste 3 daN/cm². Atingerea unor valori mari pentru capacitatea portantă și condițiile de productivitate și cost scăzute depinde de natura terenului, de condițiile geologice existente, de tipul construcției, de alegerea corespunzătoare și corecta execuție a îmbunătățirii, prin respectarea tehnologiei stabilite,[54].

Ținând seama de experiența acumulată în domeniul îmbunătățirii terenurilor dificile în țara noastră se pot sublinia următoarele aspecte privind modul de aplicare a îmbunătățirii terenurilor:

- metoda de îmbunătățire trebuie aleasă în funcție de natura terenului, caracteristicile sale fizico-mecanice, grosimea stratului, etc., predominând aspectul tehnic, adică siguranța în exploatare, la costuri și consumuri cât mai reduse:

- în țara noastră s-au folosit mai mult coloanele din balast pentru îmbunătățirea terenurilor slabe și îmbunătățirea cu nuclee din beton, dar și îmbunătățirea prin vibroștanțare cu ploturi, și mai puțin procedeul vibroînțepării terenurilor;

- metodele de îmbunătățire prevăzute în normativul C29-85 sunt aplicabile fără nici un fel de risc, dar cu condiția aplicării corecte a normativului, prin precizarea în caietul de sarcini a tehnologiei de îmbunătățire stabilită, a materialului de adaos, verificarea calității și aplicarea întocmai a acesteia;

- concomitent cu aplicarea actualelor metode de verificare, control și calcul a terenului îmbunătățit, trebuie să continue cercetările în vederea stabilirii unor procedee care să permită calculul terenului de fundare îmbunătățit prin vibrație;

- pentru testarea calității lucrărilor de îmbunătățire să se folosească metoda penetrărilor statice și dinamice, și numai pentru lucrări deosebite încercarea de probă cu placa.

Pe baza rezultatelor obținute prin aplicarea concretă a procedeelor de îmbunătățire a terenurilor dificile de fundare realizate prin vibropresare, se poate trage concluzia că se obțin importante reduceri privind volumul de săpături și transportul pământului, micșorarea consumului de materiale (balast, ciment, oțel, beton, cofraje, lucrări de epuismențe), creșterea productivității muncii, diminuarea consumului de energie și în final reducerea prețului de cost pentru lucrările de infrastructură ale construcțiilor cu 15 %...45 %.

În vederea elaborării tezei de doctorat, "Contribuții la Studiul și elaborarea unor procedee de îmbunătățire și calculul capacității portante a terenurilor în vederea fundării directe a clădirilor", autorul s-a concentrat asupra studiului procedeeului vibroînțepării

pământurilor necoezive afânate în condiții de teren și laborator, prin elaborarea de scheme tehnologice noi și stabilirea unor elemente privind proiectarea îmbunătățirii terenurilor prin vibroîntepare.

CAP 2. STUDII EXPERIMENTALE ÎN SCARĂ MARE PRIVIND COMPACTAREA PĂMÂNTURILOR NISIPOASE PRIN METODA VIBROÎNȚEPĂRII

2.1. INTRODUCERE

La executarea unor lucrări de terasamente, a unor umpluturi în spatele zidurilor de sprijin, la umplerea unor gropi sau tranșee, la compactarea umpluturilor executate prin hidromecanizare sau chiar în terenuri naturale pe care urmează să se execute fundații, (lucrările menționate fiind realizate din pământuri necoesive) se pune problema compactării în adâncime a nisipurilor care trebuie executată în condiții tehnice și economice cât mai avantajoase. Volumul mare de teren ce trebuie compactat impune folosirea unei metode de compactare care să ducă la obținerea unui grad de îndesare ridicat și cât mai omogen pe întregul volum. Îndesarea terenurilor nisipoase prin vibrare se recomandă ca una dintre metodele cele mai corespunzătoare. Reușita îndesării constă în posibilitatea transformării unei mari părți a masei de nisip saturat într-o stare de fluidizare, sub efectul vibrații în care forțele de frecare dintre particulele de teren reducându-se foarte mult, permit ca acestea să se așeze într-o nouă poziție, reducându-se astfel porozitatea, ceea ce duce la creșterea compactității.

Realizarea acestei stări este determinată de accelerația oscilațiilor exercitate asupra particulelor de teren, de natura terenului, de compoziția sa granulometrică, de forma granulelor și de starea de eforturi în care se găsește masivul de teren.

Analizând metodele ce lucrează pe bază de vibrații [3], [47], folosite frecvent pentru compactarea în adâncime a nisipurilor saturate, reiese că acestea nu rezolvă în modul cel mai corespunzător realizarea unei mase omogene, din cauza concentrării și restrângerii acțiunii solicitărilor dinamice, aspect explicat prin natura surselor de vibrare, [43], [52]

Dintre metodele folosite pe scară mai largă se amintesc: metoda de compactare cu ajutorul piloților de nisip executați prin vibrare, [55], metoda exploziilor propusă de prof. V.A. Florin, [24], metoda vibroflotației și metoda de producere a vibrațiilor în masa de teren utilizând un pneumopulsator.

Metodele folosite produc o ridicare a gradului de compactare cu valori relativ mici, care descresc repede cu depărtarea de sursa de vibrații, datorită scăderii intensității oscilațiilor particulelor de teren.

Problema compactării terenurilor nisipoase afânate și mai ales a celor aflate sub nivelul apelor subterane implică volume mari de teren ce trebuie îmbunătățite și procedee

de lucru clasice greoaie pentru ca în starea finală să aibe un grad de îndesare cât mai ridicat și cât mai omogen în întregul volum compactat.

Folosirea vibroînțepării, inițiată de Lobasov în U.R.S.S., [36], respectiv dezvoltată de Păunescu și colaboratori, [52], îmbunătățește modul de transmitere al vibrațiilor în teren, contribuind astfel la o uniformizare mai accentuată a compactării și la realizarea unui grad de îndesare mai ridicat (pentru volume de nisipuri mult mai mari în unitatea de timp).

Metoda utilizează o carcasă metalică formată dintr-o tijă cilindrică verticală având dispuse pe ea la intervale egale, bare orizontale în cruce cu aripioare la capăt. Tija cilindrică este sudată de o placă care se prinde de sursa de vibrații. Carcasa metalică se introduce în teren prin vibrare, se menține vibrând în masiv un timp stabilit, extragerea făcându-se încet și uniform tot prin vibrare.

În această situație sursa de vibrații rămâne deasupra terenului, iar transmiterea vibrațiilor la teren se face prin carcasa spațială, antrenând în mișcare un volum de teren mult mai mare. Distribuția spațială a elementelor vibrante asigură o mai bună uniformitate în compactarea straturilor de nisip saturat, creând o distribuție a vibrațiilor omogenă și de aceeași eficiență pentru volumul cuprins în acest spațiu.

Folosirea vibroînțepării, prezentate și în lucrările, [36], [52], îmbunătățește modul de transmitere al vibrațiilor în terenul de fundare, contribuind în acest fel la uniformizarea stării de îndesare și obținerea unui grad de îndesare ridicat pentru volumul de teren îmbunătățit.

În sensul celor menționate în cadrul Cătrei de Drumuri și Fundații, s-a trecut la realizarea în scară mare de încercări realizate prin metoda vibroînțepării urmărindu-se [52], [30], stabilirea extinderii zonelor influențate de transmiterea vibrațiilor în masa de nisip și determinarea valorilor gradului de îndesare în diferite puncte, în funcție de starea de îndesare inițială, numărul de rotații pe minut al instalației vibratoare și timpii efectivi de vibrare în masa nisipoasă a echipamentului de lucru.

Încercările realizate ca urmare a studiului și concluziilor bibliografice desprinse (Cap.1) au fost executate în scară mare urmărind punerea în evidență a eficacității metodei vibroînțepării, folosindu-se o carcasă metalică spațială, pornind de la diferite grade de îndesare inițială a nisipului saturat. În acest sens, s-a determinat extinderea zonelor influențate de vibrații și gradul de îndesare obținut în diferite puncte din această zonă, în funcție de parametrii instalației vibratoare și timpii efectivi de vibrare.

Autorul prezintă în continuare unele aspecte din cercetările menționate, prelucrează și interpretează datele obținute prin măsurători, contribuind astfel la prezentarea unor concluzii cu suport științific privitor la folosirea procedurii vibroînțepării în compactarea de adâncime a pământurilor necoezive.

2.2. ECHIPAMENTE DE LUCRU UTILIZATE LA EXPERIMENTĂRI.

Echipamentul de bază îl constituie *carcasa metalică spațială*, fig.2.1, alcătuită dintr-o tijă cilindrică verticală (3) cu $l=1.000$ mm având dispuse pe ea la intervale egale de 120 mm, bare horizontale (4) dispuse în cruce, $d=180$ mm, rotite alternativ cu 45° (sect. A-A, B-B) ce au prevăzute la capăt aripioare de 30 mm (6). La partea superioară a tijei este sudată o placă (1) ce se prinde rigid de generatorul de vibrații.

Mecanismul vibrator (vibratorul VE-3) al Facultății de Construcții, [46], cu următorii parametri:

- momentul static al excentricilor37 kgf.cm;
- puterea motorului electric..... 1,7 kW;
- turația motorului..... 1430 t/min;
- greutatea totală a vibratorului 100 kgf;

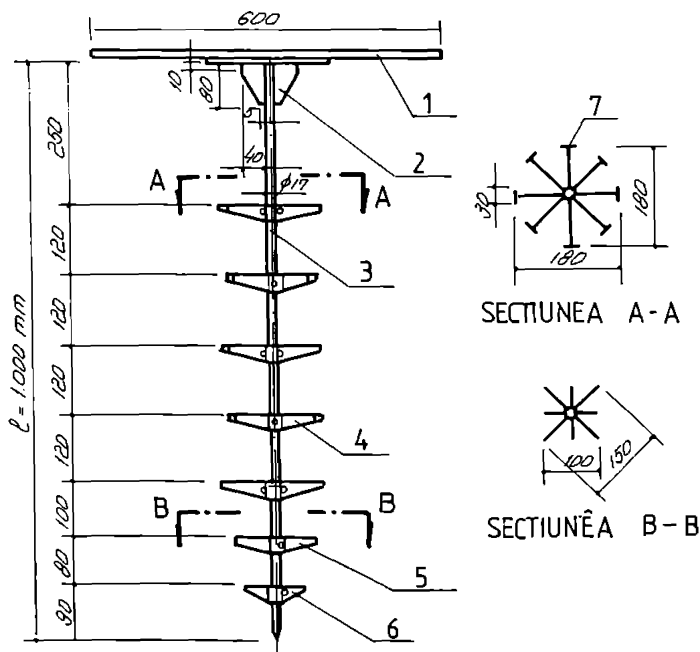


Fig.2.1. Echipamentul de lucru (carcasa spațială) utilizat în încercările în scară mare.

Turația excentricilor poate fi schimbată prin modificarea fullilor de antrenare la motor sau vibrator ; în încercările executate s-au folosit două valori ale turațiilor: 620 rot/min și 966 rot/min. Carcasa metalică spațială s-a introdus și s-a extras din teren cu o viteză medie de 25...30 cm/min.

În unele experimentări, viteza de înfigere s-au extragere a carcasi metalice spațiale a fost modificată în funcție de aspectele tehnologice urmărite.

Încercările experimentale de laborator (la scară mare) s-au desfășurat pe un pământ nisipos ce era așternut în straturi succesive (de îndesare uniformă) într-un vas *metalic de formă cilindrică* cu diametrul de 1225 mm și înălțimea de 1250 mm. La partea sa inferioară era prevăzută o nișă ce permitea înlăturarea nisipului și a apei din vas în vederea unei noi umpleri a sale cu nisip.

Pentru ridicarea vibratorului împreună cu echipamentul de lucru s-a folosit un *trolie manual*, instalația vibratoare putându-se mișca în direcția orizontală pe o *șină de rulare*, cu ajutorul unui *sistem de monorai*. Instalația a fost introdusă în teren sub efectul vibrării, pentru toate încercările realizându-se o adâncime ce variază în jur de 1.0 m.

În fig.2.2. se prezintă imaginea instalației folosite în timpul executării compactării nisipului saturat.

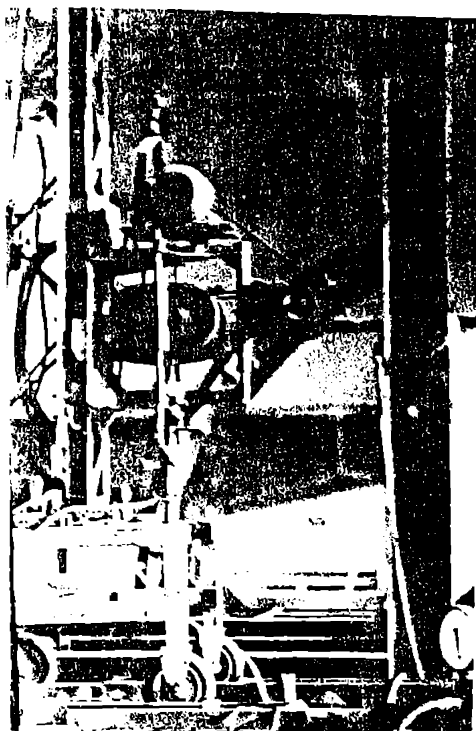


Fig. 2.2. Imagine a mecanismului vibrator VE-3.

2.3. ÎNCERCĂRI EXPERIMENTALE ÎN SCARĂ MARE.

Pentru încercările experimentale privind compactarea pământurilor necoezive prin procedeul vibroînțepării s-a folosit un nisip mijlociu uniform ($U_n=2,7$ situație foarte defavorabilă compactării) a cărei granulozitate este prezentată în fig.2.3.

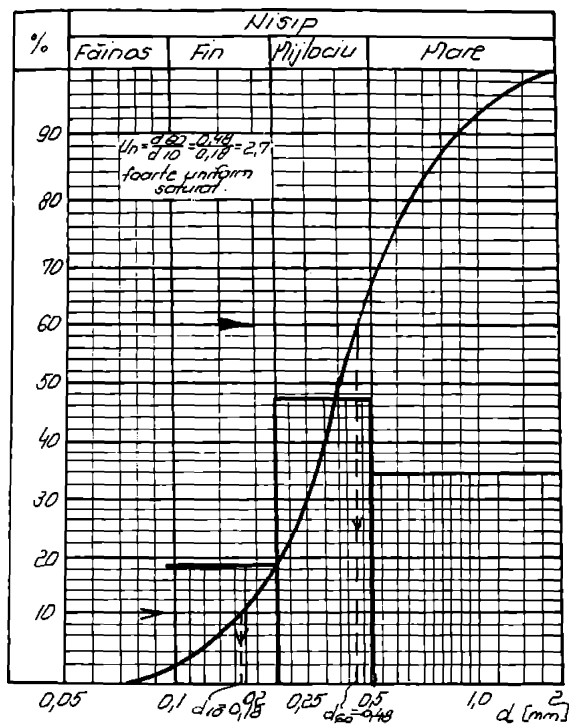


Fig. 2.3. Curba de granulozitate a nisipului utilizat în încercările de laborator

de pământ și calcularea densității în stare uscată (ρ_{oi}), indicelui porilor (e_i) și ale gradului de îndesare (I_{Di}), precum și prin penetrări dinamice cu con.

Încercările de laborator efectuate în scară mare au urmărit punerea în evidență a eficacității compactării nisipurilor prin procedeul vibroînțepării. Pentru acest lucru, încercările au fost desfășurate pe probe de diferite grade de îndesare și prin modificarea parametrilor sursei de vibrație ($n_1=620$ rot/min și $n_2=966$ rot/min), dar și a timpului de vibrație a echipamentului la înfigerea s-au extragerea sa din vasul cilindric metalic.

Tasarea suprafeței nisipului față de situația inițială măsurată pe doi diametri perpendiculari indică o compactare neuniformă, fiind mai accentuată în zona introducerii instalației, descrescând cu distanțele de la centrul său. Cu valorile tasării obținute s-a determinat alura pâlniei de compactare și s-a calculat gradul mediu de îndesare obținut pentru întregul volum de nisip.

Urmărirea tasării nisipului la diferite niveluri s-a făcut cu ajutorul unor reperi de tasare, montați la introducerea nisipului, alcătuiți din tije de sârmă cu plăci orizontale la capătul inferior, ce glisează la partea superioară pe suporturi cu posibilitatea de citire a tasării în fiecare moment. Pentru determinarea compactării diferențiate în diferite zone ale nisipului

Nisipul a fost introdus în vas în porții cântărite, uniform compactate. Cunoscând greutatea fazei solide și volumul ocupat de nisip în vas, s-a determinat pentru fiecare încercare indicele porilor, respectiv gradul de îndesare mediu obținut. În toate încercările nisipul a fost saturat cu apă.

În vederea stabilirii efectului obținut prin compactare, încercările au fost conduse folosind diferite grade de îndesare, variind parametrii sursei de vibrație, durata operației de vibrație și timpul de extragere al carcasi spațiale.

În cazul fiecărei încercări experimentale starea de îndesare inițială a nisipului a fost determinată prin prelevări de probe

din vas, s-au executat și încercări de tăiere, folosind aparatul de forfecare cu palete la fața locului, încercările executându-se în centrul vasului și la distanța de 30 cm din axul său.

Rezultatele obținute prin încercările efectuate sunt prezentate parțial în tabelul nr.2.1 unde se indică valorile medii pentru gradul de îndesare și greutatea specifică aparentă în stare uscată, atât în faza inițială cât și finală a încercării pentru diferite puncte dispuse radial față de axul vasului (locul de introducere a instalației).

Unele rezultate obținute la compactarea prin vibroînțepare

Tabelul 2.1

Încercarea	Stare inițială medie (ρ/p_0)	Adâncimea de prelevare a probelor față de partea superioară [cm]	Timp de vibrare		Îndesarea obținută (ρ/p_0)					Stare finală medie (ρ/p_0)
			în nisip [min]	pt. extragere [min.]	centru	10 cm de ax	20 cm de ax	30 cm de ax	40 cm de ax	
1	0,16	44	6	3	0,71	0,66	0,43	0,26	-	0,35
	1,605				1,566	1,465	1,385		1,42	
2	0,31	42	6	4	0,83	0,71	0,68	0,50	0,38	0,44
	1,69				1,605	1,59	1,495	1,44	1,47	
3	0,37	41	5	3	0,74	0,68	0,49	0,38		0,47
	1,632				1,59	1,505	1,455		1,48	
4	0,40	38	5	5	0,84	0,78	0,65	0,55	0,43	0,5
	1,69				1,657	1,58	1,523	1,465	1,5	
5	0,44	46	3	3	0,74	0,68	0,64	0,50	0,47	0,52
	1,632				1,59	1,575	1,495	1,48	1,51	
6	0,44	41	3	3	0,73	0,68	0,65	0,55	0,53	0,52
	1,63				1,59	1,58	1,523	1,515	1,51	
7	0,44	45	6	5	0,87	0,78	0,69	0,53		0,57
	1,715				1,657	1,595	1,515		1,54	
8	0,45	46	3	6	0,88	0,82	0,68	0,58	0,53	0,57
	1,72				1,675	1,59	1,54	1,515	1,54	
9	0,53	41	3	3	0,77	0,65	0,58	0,52		0,6
	1,645				1,58	1,54	1,505		1,55	
10	0,53	35	3	3	0,77	0,68	0,60	0,56	0,53	0,62
	1,645				1,59	1,55	1,525	1,515	1,56	
11	0,56	38	3	5	0,82	0,80	0,68	0,63	0,56	0,64
	1,675				1,67	1,59	1,568	1,525	1,58	
12	0,56	38	3	3	0,78	0,72	0,67	0,56	0,53	0,63
	1,657				1,615	1,58	1,525	1,515	1,57	

Observație: 1) Încercările au fost executate la turația excentricilor de 966 rot/min cu excepția încercărilor 7 și 11 la care turația excentricilor a fost de 620 rot/min.

2) La încercarea 6,9,12 extragerea instalației s-a făcut prin ridicări și coborâri succesive.

3) Toate valorile reprezintă media a două încercări în condiții identice.

Verificarea stării de compactare finală în diversele situații de laborator create s-a făcut și prin încercări de penetrare dinamică.

Acest penetrometru dinamic are următoarele caracteristici: $G_{\text{berbec}}=702$ g, $G_{\text{inc. r. tijă}}=910$ g, $h_{\text{c.ăd.}}=10$ cm și $S_{\text{con}}=1,286$ cm². Penetrările dinamice de control s-au executat în axul vibroînțepărilor (centrul vasului), iar 3 penetrări au fost executate în direcție radială, cu distanța de 10 cm între ele.

Verificarea gradului de îndesare obținut s-a bazat și pe prelevarea de probe, determinându-se valorile, densității finale în stare uscată (ρ_{df}), indicele porilor final (e_f) și gradul de îndesare final (I_{df}).

Din determinările de penetrare dinamică (modelul de laborator) corelate cu densitățile în stare uscată determinate pe probe prelevate după efectuarea vibroînțepărilor, s-a stabilit că valoarea $N_{10}=18$ lov/10cm corespunde unei valori a gradului de îndesare de $I_D=0,66$ iar valoarea $N_{10}=12$ lov/10cm corespunde pentru $I_D=0,33$.

Cu valorile obținute s-a întocmit tabelul 2.1, precum și unele reprezentări grafice ale unor încercări experimentale ce se vor prezenta în continuare, (încercările reprezentate grafic nefiind cuprinse în tabelul 2.1).

Astfel prin corelare rezultatelor determinate pe probele prelevate cu rezultatele penetrării dinamice s-au determinat valorile gradului de îndesare, iar prin unirea punctelor de egal grad de îndesare, $I_D=0,66$, s-au determinat izoliniile $I_D=0,66$.

În urma compactării prin vibroînțepare tasarea suprafeței nisipului este neuniformă fiind mai mare în axul vibroînțepării, de circa 10 cm și descrescând mult la o distanță de 30...35 cm de ax, aspecte ce vor fi prezentate în continuare.

2.4. REALIZAREA ȘI INTERPRETAREA UNOR ÎNCERCĂRI EXPERIMENTALE

În continuare se prezintă șase încercări experimentale, (necuprinse în tabelul 2.1) grupate câte două, consecutive, (fig.2.4; 2.5; 2.8; 2.9; 2.12; 2.13) deoarece au unele elemente comune ce permit desprinderea unor concluzii privind îmbunătățirea nisipurilor prin vibroînțepare.

În figurile 2.4 și 2.5 sunt prezentate rezultatele obținute pentru două încercări (A și B) la care compactarea nisipului din vasul cilindric s-a făcut în aceleași condiții de durată și intensitate a vibrațiilor, diferind gradul de îndesare inițial. Încercarea din fig.2.4 are gradul de îndesare inițial $I_{\text{Di}}=0,28$, iar încercarea din fig.2.5 de $I_{\text{Di}}=0,42$. Determinările finale de control arată o creștere a gradului de îndesare în cazul fig. 2.4, la $I_{\text{Df}}=0,53$, iar în cazul fig. 2.5 la $I_{\text{Df}}=0,57$.

INCERCAREA A1

$$I_{Di} = 0,28$$

$$I_{Df} = 0,53$$

timp de vibraire la înfringere : 3'

$$\rho_{di} = 1,40$$

$$\rho_{df} = 1,52$$

timp de vibraire la extindere : 5'

Valorile reprezintă media a 2 încercări

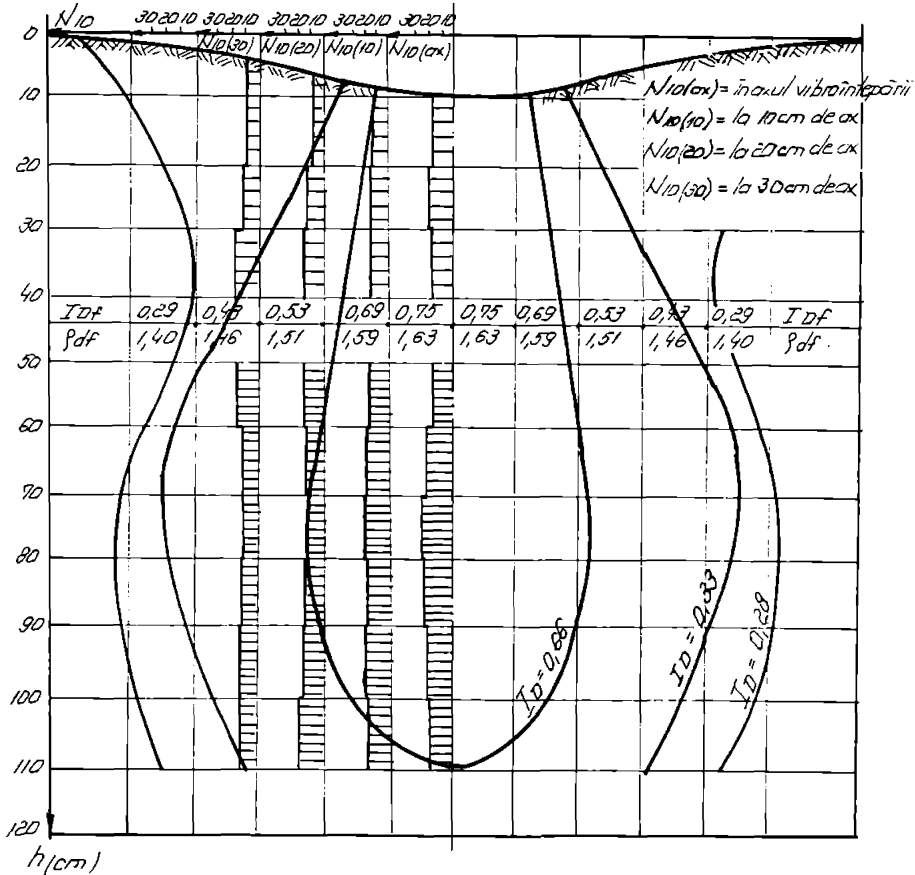


Fig. 2.4 PREZENTAREA DATELOR PRELUCRATE PT. ÎNCERCAREA A INCLUSIV CURBA DE EGAL I_D (IZOLINIA $I_D = 0,66$) CONFORM TABEL 2.2

NOTA: Valorile N_{10} sunt preluate din tabelul 2.2

INCERCARE B₁

$$I_{Dc} = 0,42 \quad I_{Df} = 0,57$$

$$\beta_{Dc} = 1,46 \quad \beta_{Df} = 1,54$$

Timp de vibraire la înghețare: 3'
 Timp de vibraire la extragere: 5'
 Valorile reprezintă media a 2 încercări

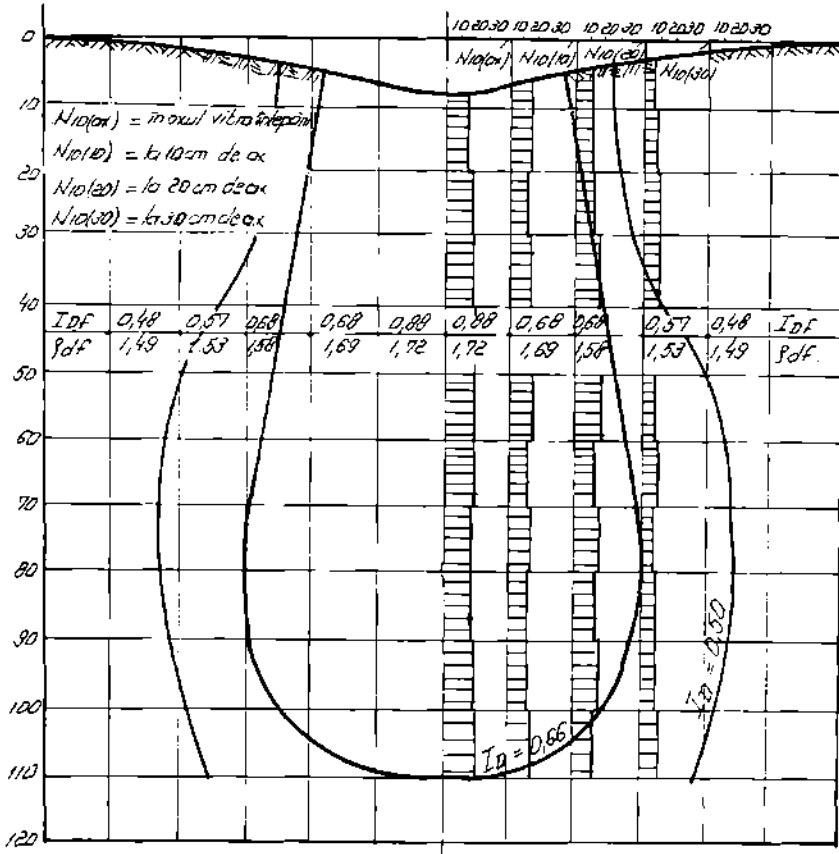


Fig. 2.5 PREZENTAREA DATELOR PRELUCRATE PT. ÎNCERCAREA B INCLUSIV CURBA DE EGAL I_D (IZOLINIA $I_D = 0,66$), CONFORM TABEL 2.3

NOTA: Valorile N_{10} sunt preluate din tabelul 2.3

Diagramele de penetrare dinamică executate în axul vibroînțepării și la distanțele de 10, 20 și 30 cm de ax au valorile N_{10} înregistrate în tabelele nr.2.2 și 2.3.

În acest mod se evidențiază faptul că majorarea gradului de îndesare este în legătură directă cu gradul de îndesare inițial al nisipului, majorarea fiind mai pronunțată pentru valori inițiale mici ale lui I_0 .

Pentru cazul în care porozitatea $n_{B1} \% > n_{A1} \%$ (fig. 2.4 și 2.5) se observă că volumul de nisip foarte îndesat este mai mare și se extinde până la o rază de $R_B=3 \cdot r$, adică izolinia $I_0=0,66$. În interiorul acestei izolinii în încercarea B gradul de îndesare ajunge până la valori de $I_{01}=0,88$, iar în cazul încercării A numai până la $I_{01}=0,75$.

Pentru cele două cazuri (fig.2.4 și 2.5) se observă că în zona de suprafață a volumului de nisip, zona de îndesare are o extindere redusă în comparație cu cea corespunzătoare unor niveluri situate în adâncime, fapt relevat și de liniile de egală rezistență dinamică (R_d) reprezentate în figurile 2.6 și 2.7.

Pentru aprecierea volumelor de nisip care își modifică caracteristicile geotehnice în urma executării vibroînțepărilor s-au determinat valori ale rezistențelor dinamice cu ajutorul relației 2.1, la care luând în considerare caracteristicile penetrometrului dinamic folosit se obțin relațiile 2.2 și 2.3:

$$R_d = \frac{1}{A_{con}} \cdot \frac{G_1^2 \cdot H_{cad}}{e \cdot (G_1 + G_2)} = \frac{1}{e} \cdot \frac{G_1^2 \cdot H_{cad}}{A_{con} \cdot (G_1 + G_2)} \quad (2.1)$$

Înlocuind numeric valorile cunoscute, se obține :

$$R_d = \frac{1}{e} \cdot \frac{(0,702)^2 \cdot 10^2 \cdot 10}{1,268 \cdot (0,702 + 0,910) \cdot 10} = \frac{1}{e} \cdot 23,77 \quad \left[\text{daN/cm}^2 \right] \quad (2.2)$$

în care: e – este pătrunderea conului în teren sub efectul unei lovituri de berbec și este $e=10/N_{10}$, [cm], astfel că se obține :

$$R_d = \frac{N_{10}}{10} \cdot 23,77 \quad \left[\text{daN/cm}^2 \right] \quad (2.3)$$

Valorile rezistențelor dinamice calculate cu relația 2.3 sunt prezentate în tabelele 2.2 și 2.3.

Din analiza fig.2.6 și 2.7, a izoliniilor rezistenței dinamice, se observă că o îndesare pronunțată în cazul fig.2.6 se produce numai înspre vârful echipamentului (partea inferioară) pe când în cazul fig. 2.7, când starea inițială de îndesare este mai mare, se produce o compactare mai pronunțată a terenului de la jumătatea echipamentului în jos.

Extinderea înspre lateral a compactării este pusă în evidență prin alura de dreaptă

Rezultatele penetrării dinamice cu con și valori R_d calculate

pentru fig.2.4: $I_{Dr}=0,284$ $\rho_{gr}=1,40$ $I_{Dr}=0,53$ $\rho_{gr}=1,52$ $T_{vibr}=3'$ $T_{extr}=5'$ **Tabelul 2.2**

Nivel adâncime [cm]	AX		La 10 cm		La 20 cm		La 30 cm	
	N_{10}	R_d	N_{10}	R_d	N_{10}	R_d	N_{10}	R_d
10	–	–	–	–	10	23,77	9	21,40
20	17	40,41	14	33,28	10	23,77	9	21,40
30	19	45,16	16	38,03	13	30,90	10	23,77
40	18	42,79	16	38,03	15	35,66	15	35,66
50	15	35,66	18	42,79	14	33,28	13	30,90
60	16	38,03	17	40,41	15	35,66	15	35,66
70	20	47,54	19	45,16	14	33,28	10	23,77
80	22	52,29	20	47,54	14	33,28	10	23,77
90	21	49,92	19	45,16	16	38,03	11	26,15
1,00	20	47,54	20	45,54	17	40,41	12	28,52
1,10	18	42,79	19	45,16	19	45,16	12	28,52

a rezistenței dinamice $R_d = 40,41$ (17 lov/10 cm) în cazul fig.2.6 și forma de curbă cu concavitatea în sus în cazul fig.2.7. Compactarea nisipului și realizarea unei stări îndesate în lateral este de numai $2r$, adică 20 cm, și numai pe treimea inferioară a echipamentului în cazul unei stări inițiale mai afânate cea din fig.2.4. În cazul în care starea inițială de îndesare este mai mare, $I_{Dr}=0,42$, fig.2.5. se observă o creștere a volumului de nisip compactat până la distanța de $3r$. În acest caz, de nisip inițial mai îndesat, în jurul punctului de vibroîntepare se realizează o zonă cilindrică alungită, îndesată. În ansamblu, se constată că se tinde în final spre valori apropiate ale stării medii de îndesare, de $I_{Dr}=0,54$, în cazul fig.2.6 și $I_{Dr}=0,57$ în cazul fig.2.7.

Rezultatele penetrării dinamice cu con și valori R_d calculate

pentru fig.2.5.: $I_{Dr}=0,42$ $\rho_{gr}=1,46$ $I_{Dr}=0,57$ $\rho_{gr}=1,54$ $T_{vibr}=3'$ $T_{extr}=5'$ **Tabelul 2.3**

Nivel adâncime [cm]	AX		La 10 cm		La 20 cm		La 30 cm	
	N_{10}	R_d	N_{10}	R_d	N_{10}	R_d	N_{10}	R_d
10	–	–	–	–	11	26,15	9	21,40
20	17	40,41	16	38,03	11	26,15	10	23,77
30	19	45,16	14	33,28	14	33,28	12	28,52
40	20	47,54	17	40,41	16	38,03	12	28,52
50	21	49,92	19	45,16	17	40,41	14	33,28
60	21	49,92	18	42,79	20	47,54	10	23,77
70	21	49,92	16	38,03	15	35,66	12	28,52
80	20	47,54	18	42,79	19	45,16	10	23,77
90	20	47,54	15	35,66	15	35,66	11	26,15
1,00	21	49,92	15	35,66	19	45,16	12	28,52
1,10	23	54,67	19	45,16	14	33,28	15	35,66

INCERCAREA A₁

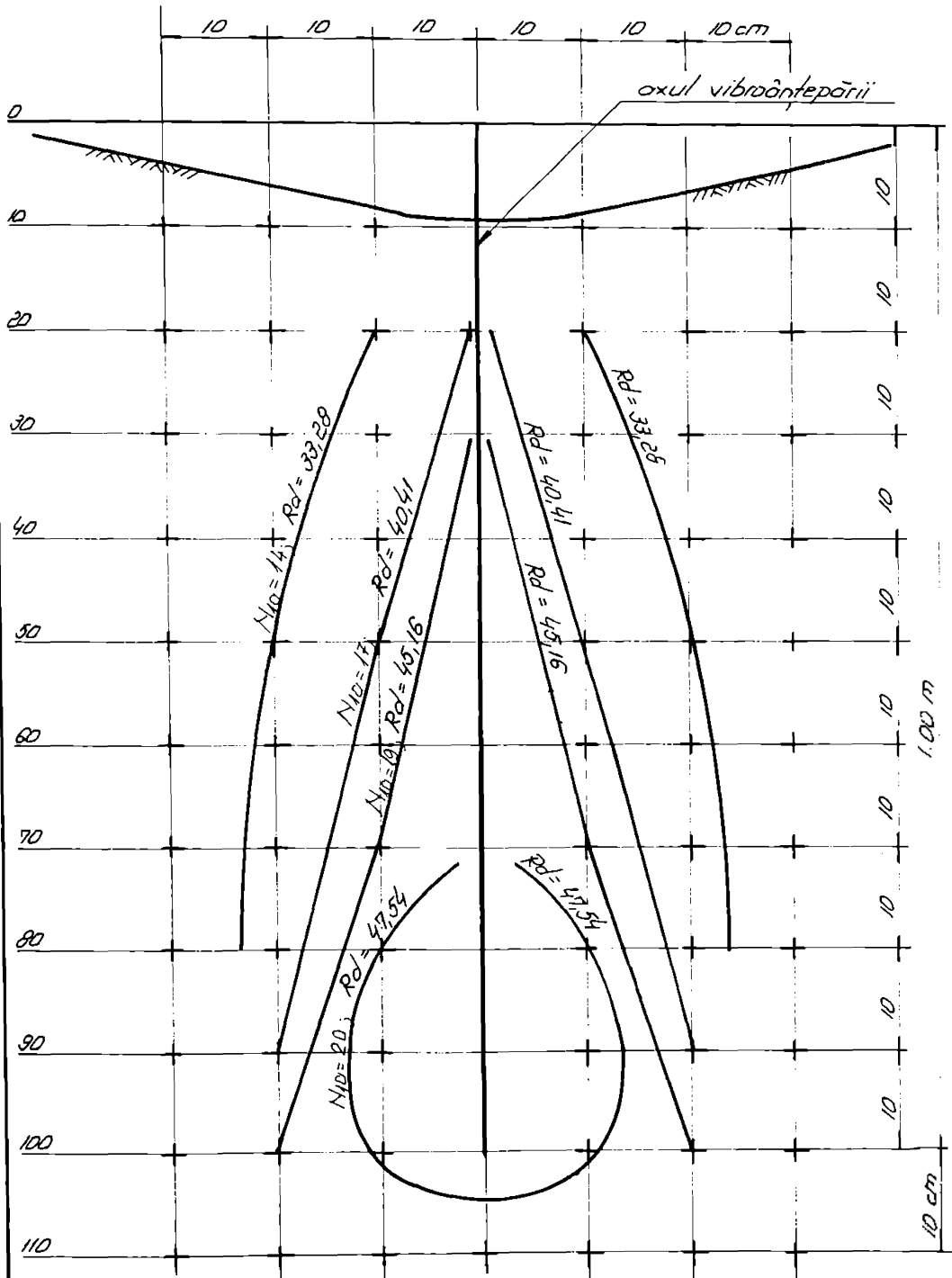


Fig. 2.6 IZOLINIILE R_d PENTRU CAZUL $I_{D_i} = 0,28$, DIN FIG. 24

INCERCAREA B₁

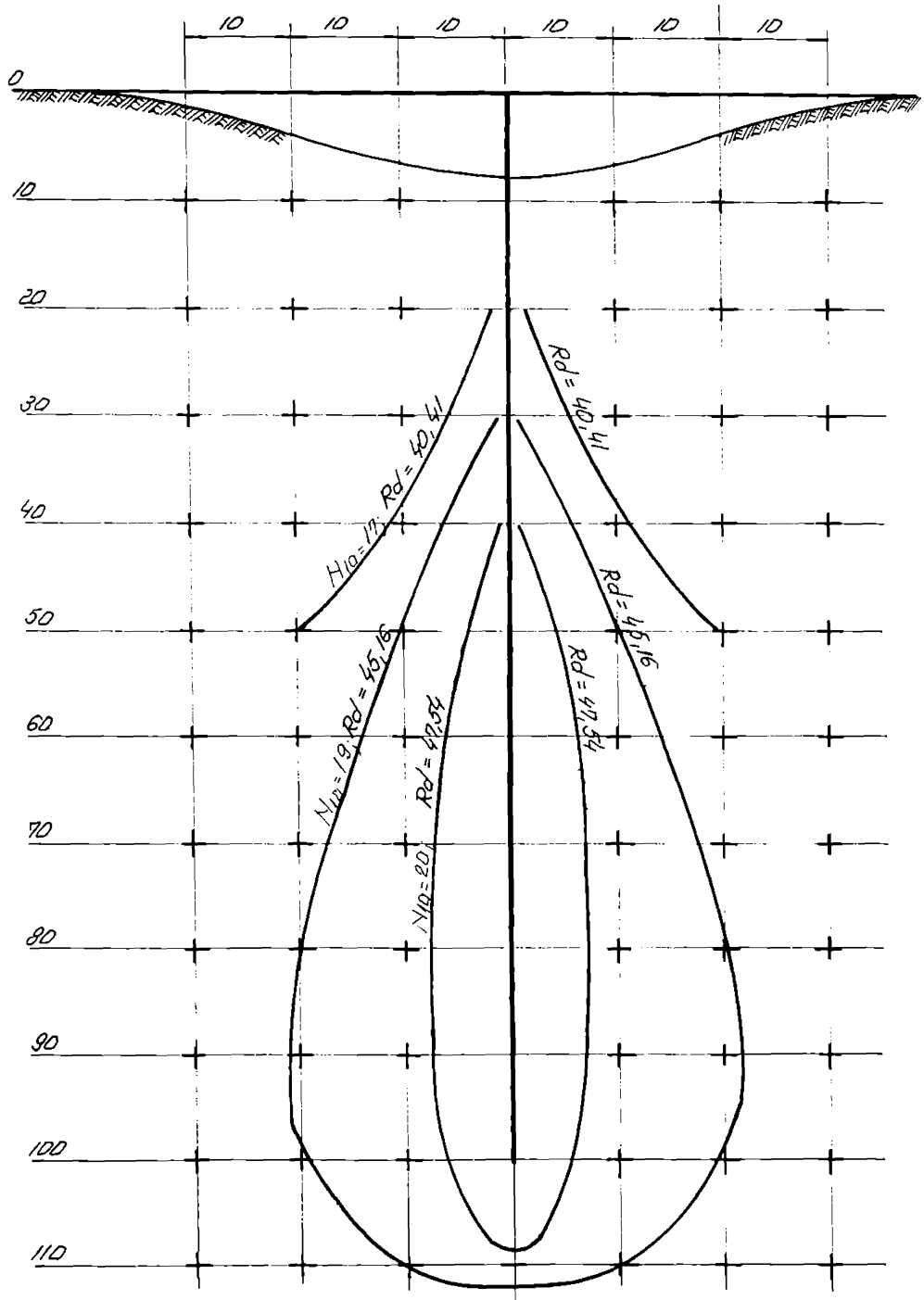


Fig. 2.7 IZOLINIILE Rd PENTRU CAZUL $I_{D_i}=0,42$ DIN FIG. 2.5

În adâncime, starea de îndesare finală este influențată de adâncimea mică a vasului în raport cu lungimea echipamentului de lucru fapt relevat de închiderea izoliniilor pe primii 10 cm adâncime sub vârful carcasei spațiale.

În fig. 2.8 și 2.9 sunt prezentate în mod comparativ alte două încercări de laborator care în faza inițială au același grad de îndesare $I_D=0,45$ pentru nisipul din vas.

Pentru cele două experimente, (fig.2.8 și 2.9) timpul de înfigere prin vibrație a echipamentului în nisipul din vas a fost egal de 3 minute, în schimb, timpii de extragere a carcasei spațiale din vas a fost diferit, de 2 minute în cazul fig. 2.8 și de 5,5 minute în cazul fig. 2.9. Rezultatele obținute indică o eficacitate sporită a compactării o dată cu creșterea duratei de extragere a echipamentului din teren,penetrările dinamice și rezistențele dinamice fiind prezentate în tabelele 2.4 și 2.5.

Dacă în cazul timpului scurt de extragere a echipamentului din teren cazul fig. 2.8, $t=2$ minute, raza volumului de nisip ce ajunge în stare îndesată ($I_D>0,66$) este de numai 15 cm, în cazul fig. 2.9 în care timpul de extragere a fost de $t=5,5$ minute, raza volumului de nisip ce ajunge în stare îndesată este dublă, de 34 cm. Acest fapt este relevat și de izoliniile rezistenței dinamice reprezentate grafic în figurile nr. 2.10 și 2.11.

Din aceste reprezentări ale izoliniilor rezistenței dinamice se poate constata o diferență relativ mică de volum de teren foarte compactat pentru cazul fig.2.8 față de cazul fig.2.9 când timpul de extragere a echipamentului model a fost mai mic.

În schimb, cazul fig. 2.9 cu timpul de extragere a echipamentului din teren de 5,5 minute, pune în evidență un volum mult mai mare de teren ce se găsește într-o stare de compactare medie ($R_d=35,66$ daN/cm² pentru $N_{10}=15$ lov/10cm). Totodată această stare de compactare medie a terenului începe imediat de la suprafața terenului.

Acest fapt se datorește timpului mai îndelungat al transmiterii vibrațiilor în teren și astfel se produce o uniformizare a compactării din jurul punctului de vibroînțepare și totodată obținerea unui grad de îndesare mai mare. Izolinia gradului de îndesare $I_D=0,66$ și izoliniile rezistențelor dinamice calculate ne arată că în jurul vibroînțepării se formează o zonă cilindrică de teren foarte îndesată, de $r=30$ cm, și în același timp pe întreaga înălțime a terenului vibroînțepat. Deoarece o scădere exagerată a vitezei de extragere din teren a echipamentului de lucru ar conduce la o micșorare drastică a productivității, pe baza cercetărilor efectuate se poate recomanda o viteză de extragere de 25...30 cm/minut.

În figurile 2.12 și 2.13 sunt prezentate alte două cazuri în care se pune în evidență creșterea stării de îndesare pentru zona de la suprafața terenului.

Acest fenomen se produce prin intercalarea între echipamentul de lucru și vibrator a unei plăci metalice rigide cu diametrul de 60 cm care în faza de înfigere ajunge în contact

cu suprafața liberă pe care realizează o presiune statică de $0,05 \text{ daN/cm}^2$.

Rezultatele penetrării dinamice cu con și valori R_d calculate

pentru fig.2.8. : $I_D=0,45$ $\rho_{di}=1,473$, $I_{Dr}=0,50$ $\rho_{dr}=1,495$ $T_{vibr}=3'$ $T_{extr}=2'$ Tabelul 2.4

Nivel adâncime [cm]	AX vibroînțepare		La 10 cm		La 20 cm		La 30 cm	
	N_{10}	R_d	N_{10}	R_d	N_{10}	R_d	N_{10}	R_d
10	13	30,90	11	26,15	10	23,77	9	21,40
20	15	35,66	11	26,15	12	28,52	10	23,77
30	17	40,41	12	28,52	15	35,66	11	26,15
40	18	42,79	12	28,52	16	38,03	11	26,15
50	19	45,19	13	30,90	15	35,66	12	28,52
60	21	49,92	13	30,90	15	35,66	13	30,90
70	19	45,19	17	40,41	17	40,41	13	30,90
80	21	49,92	18	42,79	19	45,19	17	40,41
90	20	47,54	19	45,19	19	45,19	19	45,19
1,00	20	47,54	19	45,19	18	42,79	17	40,41
1,10	19	45,19	18	42,79	20	47,54	17	40,41

Rezultatele penetrării dinamice cu con și valori R_d calculate

pentru fig.2.9. : $I_D=0,45$ $\rho_{di}=1,473$, $I_{Dr}=0,585$ $\rho_{dr}=1,545$ $T_{vibr}=3'$ $T_{extr}=5,5'$ Tabelul 2.5

Nivel adâncime [cm]	AX vibroînțepare		La 10 cm		La 20 cm		La 30 cm	
	N_{10}	R_d	N_{10}	R_d	N_{10}	R_d	N_{10}	R_d
10	17	40,41	15	35,66	10	23,77	13	30,90
20	17	40,41	15	35,66	12	28,52	15	13
30	18	42,79	16	38,03	15	35,66	14	33,28
40	19	45,16	19	45,16	14	33,28	16	38,03
50	20	47,54	15	35,66	15	35,66	15	35,66
60	22	52,29	18	42,79	18	42,79	12	28,52
70	22	52,29	18	42,79	18	42,79	15	35,66
80	22	52,29	21	49,92	18	42,79	16	38,03
90	20	47,54	18	42,79	17	40,41	17	40,41
1,00	21	49,92	18	42,79	19	45,16	15	35,66
1,10	23	54,67	18	42,79	21	49,92	14	33,28

INCERCAREA A₂

$I_{Di} = 0,45$ $I_{Df} = 0,50$
 $S_{di} = 1,473$ $S_{df} = 1,495$

Temp de vibrație la înfigere: 3'
 Temp de vibrație la extingere: 2'
 Valorile reprezintă media a 2 încercări

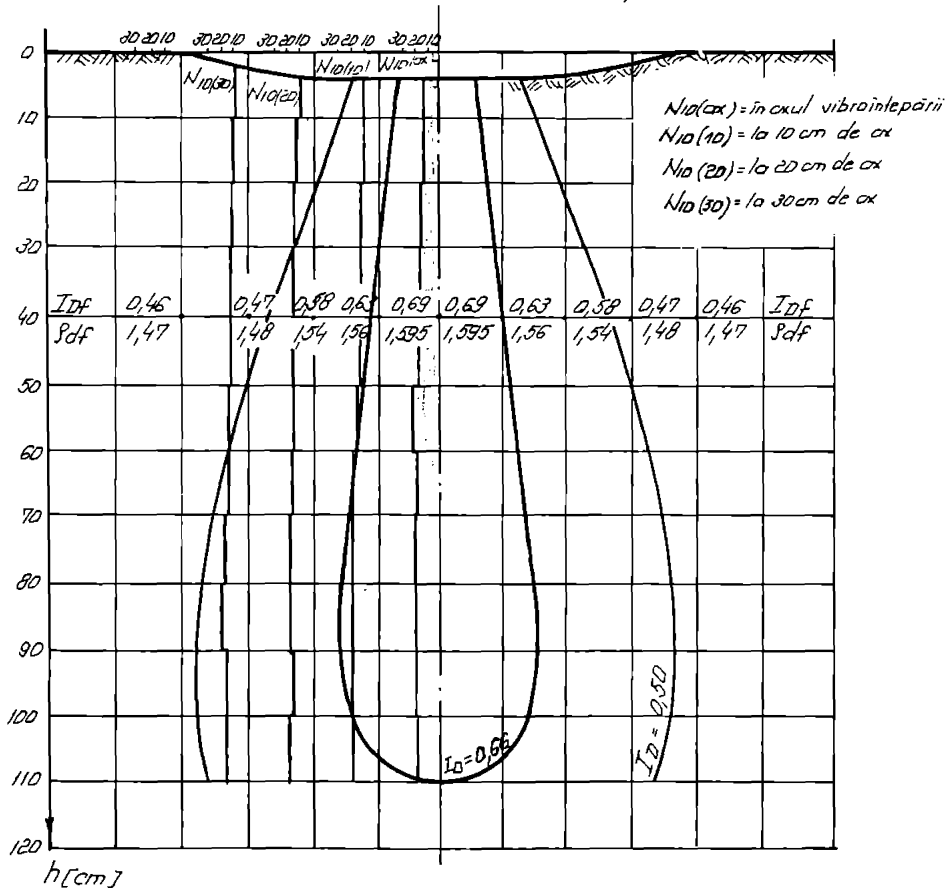


Fig. 2.8 PREZENTAREA DATELOR PRELUCRATE PT. ÎNCERC. A INCLUSIV CURBA DE EGAL I_D (IZOLINIA $I_D = 0,66$), CONFORM TABEL 2.4

NOTA: Valorile N_{10} sunt preluate din tabelul 2.4

INCERCAREA B₂

$I_{Di} = 0,45$ $I_{Df} = 0,585$
 $P_{di} = 1,473$ $P_{Df} = 1,545$

Timp de vibrare la înghețare : 3'
 Timp de vibrare la extogere : 5,5'
 Valorile reprezintă media a 2 încercări

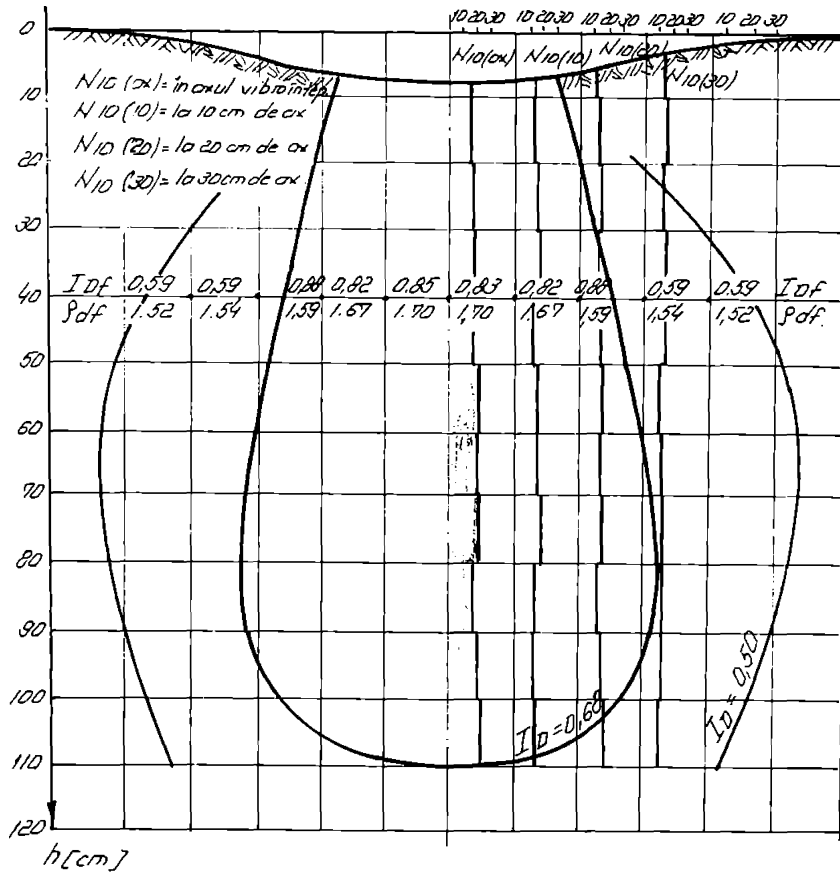


Fig. 29 PREZENTAREA DATELOR PRELUCRATE PT. INCERC. B
 INCLUSIV CURBA DE EGAL. I_D (IZOLINIA $I_D = 0,66$)
 CONFORM TABEL 2.5

NOTA: Valorile N_{10} sunt preluate din tabelul 2.5

INCERCAREA A₂

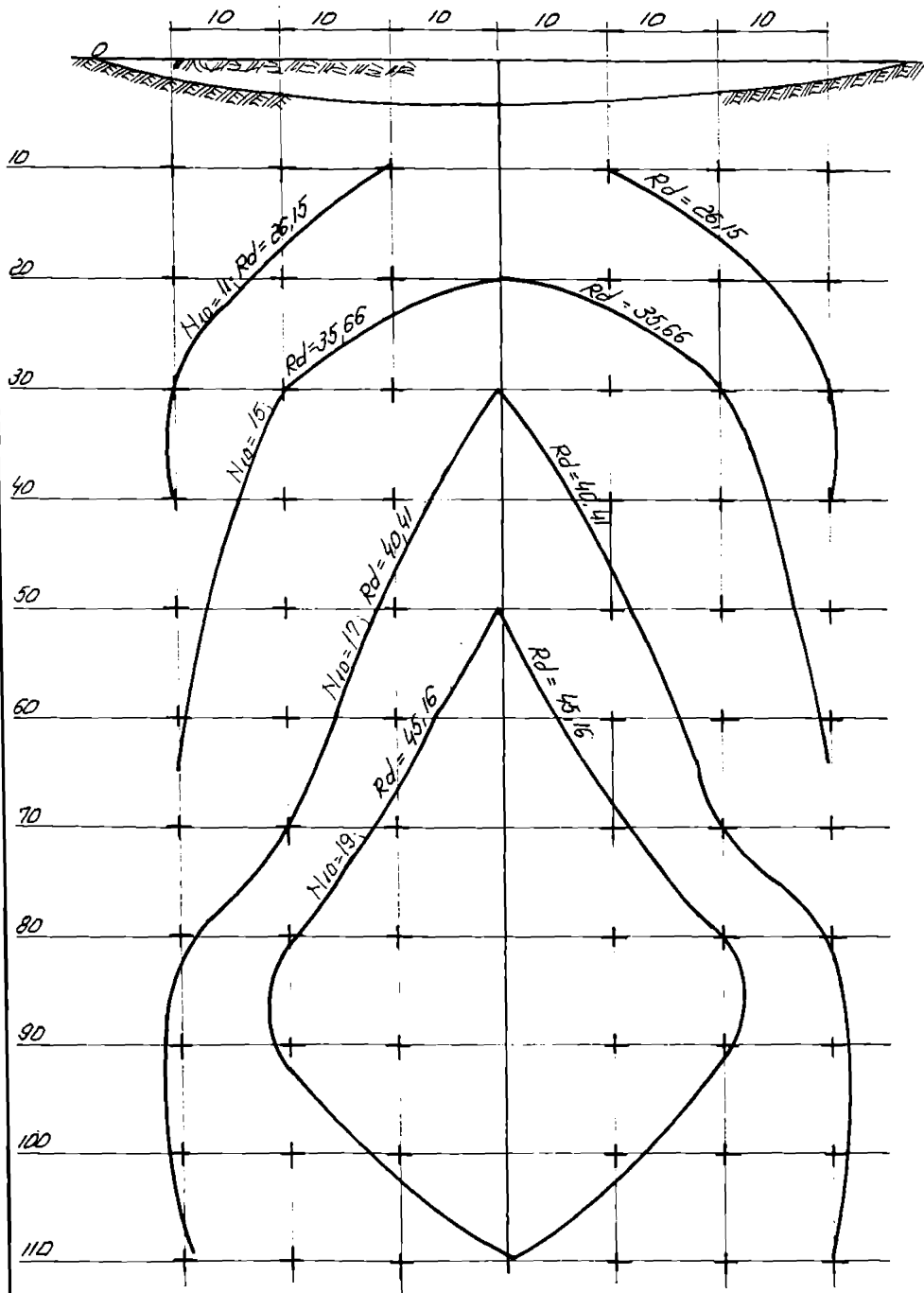


Fig. 2.10 IZOLINIILE R_d PENTRU TIMPUL DE EXTRAGERE $t=2'$ PENTRU INCERCAREA DIN FIG. 2.8.

INCERCAREA B₂

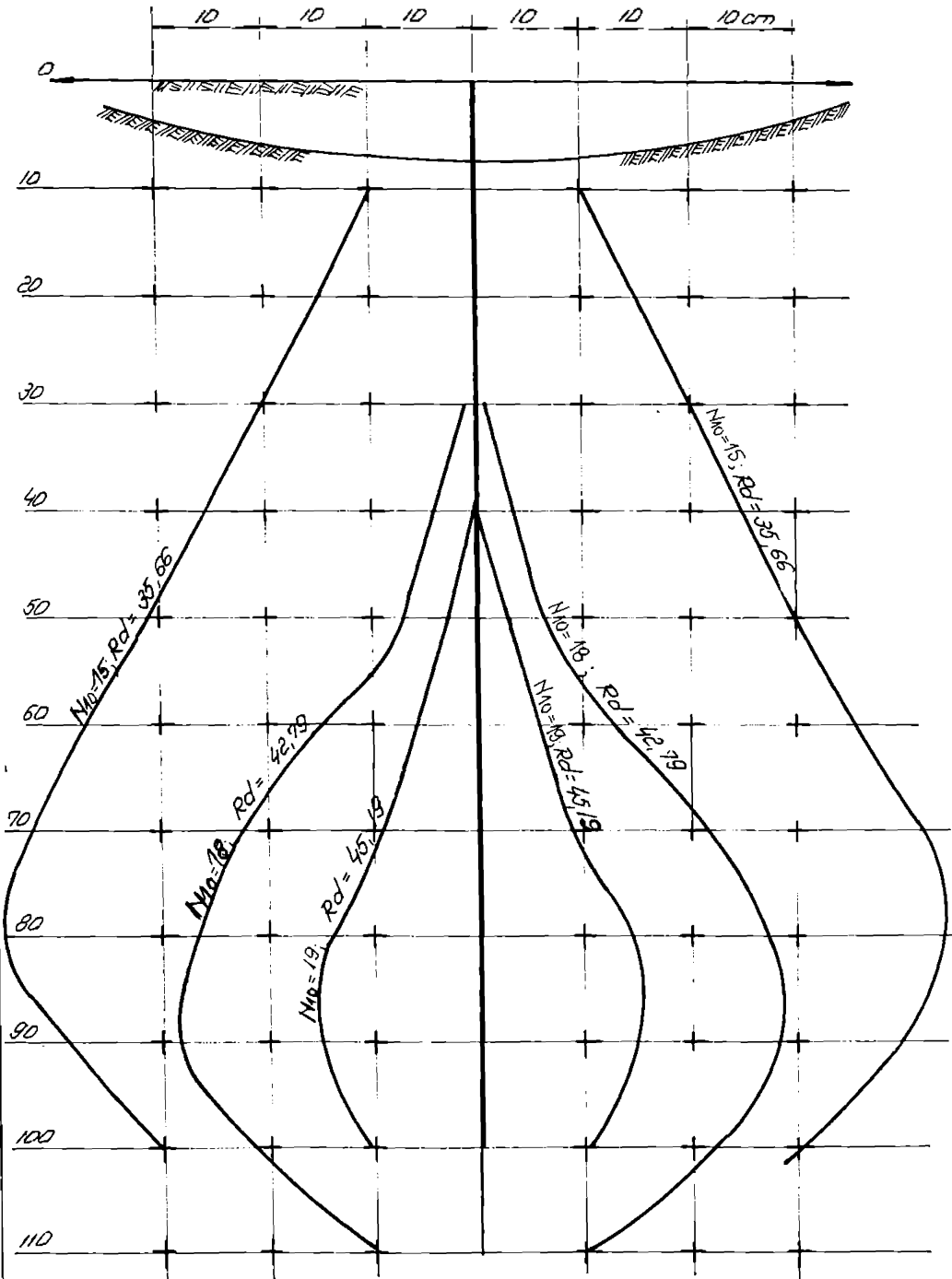


Fig.2.11 IZOLINIILE Rd PENTRU TIMPUL DE RETRAGERE $t=5,5$
PENTRU INCARCAREA DIN FIG.2.9

ÎNCERCAREA A₃

$I_D = 0,53$ $I_{DF} = 0,617$
 $S_{di} = 1,515$ $S_{df} = 1,565$

Timpe de vibraie la îngiere: 3'
 Timpe de vibraie la extragere: 6'
 Valorile reprezintă media a 2 încercări

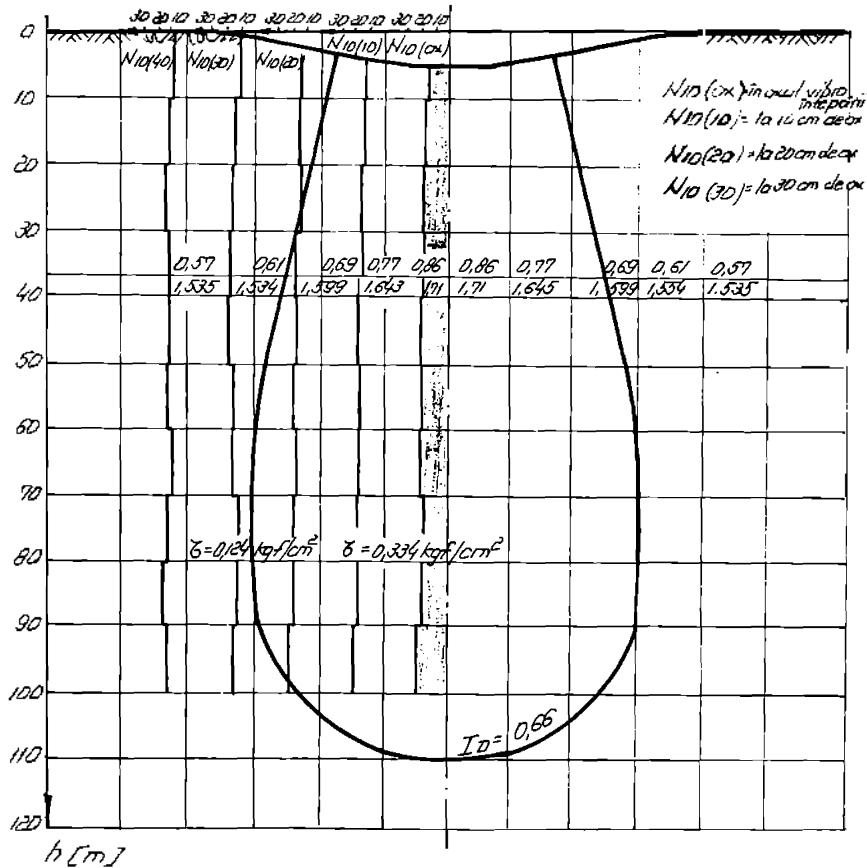


Fig. 2.12 PREZENTAREA DATELOR PRELUCRATE PT. ÎNCĂRCAREA A₃, INCLUSIV CURBA DE EGAL. I_D (IZOLINIA $I_D = 0,66$), CONFORM TABEL 2.6

NOTA: Valorile N_{10} sunt preluate din tabelul 2.6

INCERCAREA B:

$$I_{Di} = 0,55 \quad I_{D7} = 0,70$$

$$S_{di} = 1,525 \quad S_{df} = 1,605$$

Timp de vibrare la infingere : 3'

Timp de vibrare la extragere : 6'

Valorile reprezintă media a 2 încercări

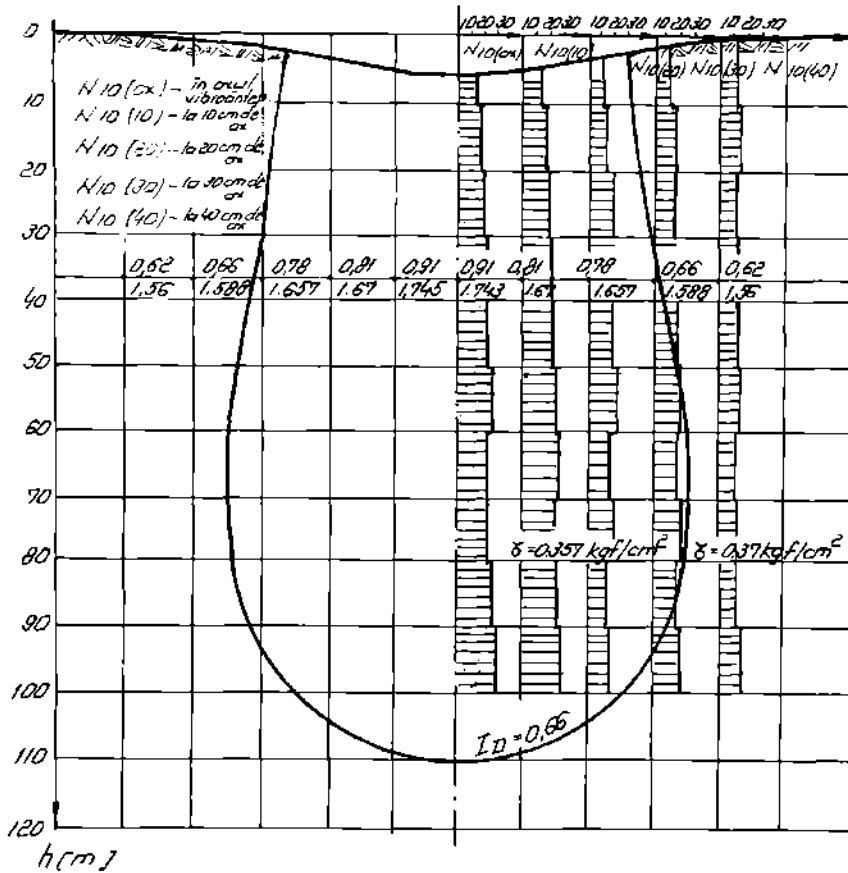


Fig. 2.13 PREZENTAREA DATELOR PRELUCRATE PT. ÎNCERC. B
CU PLACA, INCLUSIV CURBA DE EGAL I_D (IZOLINIA $I_D=0,66$)
CONFORM TABEL 2.7

NOTA: Valorile N_{10} sunt prelucrate din tabelul 2.7

Sub influența vibrațiilor, placa rigidă are tendința de a pătrunde în masa de nisip, exercitând astfel și o compactare de suprafață suplimentară, fapt care conduce și la extinderea mai mare înspre lateral a zonelor îndesate și totodată spre suprafață. Această stare este evidențiată și de izoliniile trasate în aceste cazuri în figurile 2.14 și 2.15.

Din figurile 2.14 și 2.15 se observă o creștere relativ mică a stării de îndesare medie a terenului atunci când la suprafață acționează o preîncărcare.

Rezultatele penetrării dinamice cu con și valori R_d calculate

pentru fig.2.12: $I_D=0,53$ $\rho_{Dr}=1,515$ $I_{Dr}=0,617$ $\rho_{Dr}=1,565$ $T_{vibr}=3'$ $T_{extr}=6'$ Tabelul 2.6

Nivel adâncime	AX		La 10 cm		La 20 cm		La 30 cm		40 cm
	N_{10}	R_d	N_{10}	R_d	N_{10}	R_d	N_{10}	R_d	N_{10}
10	--	--	12	28,52	12	28,52	12	28,52	9
20	16	42,79	15	35,66	13	30,90	15	35,66	10
30	19	45,16	18	42,79	15	35,66	18	42,79	15
40	19	45,16	18	42,79	18	42,79	19	45,16	11
50	20	47,54	20	47,54	18	42,79	19	45,16	11
60	21	49,92	20	47,54	20	47,54	18	42,79	13
70	21	49,92	20	47,54	18	42,79	18	42,79	10
80	19	45,16	20	47,54	19	45,16	12	28,52	13
90	20	47,54	21	49,92	20	47,54	12	28,52	17
1,00	24	57,05	23	54,67	22	52,29	15	35,66	15

Rezultatele penetrării dinamice cu con și valori R_d calculate

pentru fig.2.13: $I_D=0,55$ $\rho_{Dr}=1,525$ $I_{Dr}=0,70$ $\rho_{Dr}=1,605$ $T_{vibr}=3'$ $T_{extr}=6'$ Tabelul 2.7

Nivel adâncime	AX		La 10 cm		La 20 cm		La 30 cm		La 40 cm	
	N_{10}	R_d	N_{10}	R_d	N_{10}	R_d	N_{10}	R_d	N_{10}	R_d
10	--	--	14	33,28	10	23,77	11	26,15	11	26,15
20	18	42,79	18	42,79	15	35,66	18	38,03	14	33,28
30	20	47,54	20	47,54	20	47,54	16	38,03	11	26,15
40	21	49,92	21	49,92	20	47,54	19	45,16	12	28,52
50	23	54,67	21	49,92	19	45,16	19	45,16	12	28,52
60	26	61,90	25	59,42	21	49,92	18	42,79	15	35,66
70	23	54,67	28	66,55	18	42,79	20	47,54	11	26,15
80	23	54,67	25	59,42	20	47,54	21	49,92	14	33,28
90	28	66,55	27	64,18	15	35,66	18	42,79	12	28,15
1,00	30	71,31	29	68,93	17	40,41	20	47,54	17	40,41

Creșteri de volum foarte mari apar de această dată pentru zonele foarte compactate fapt relevat în cazul fig.2.15, de izoliniile $R_d = 47,54$ daN/cm² și $R_d = 49,92$ daN/cm²

INCERCAREA A₃

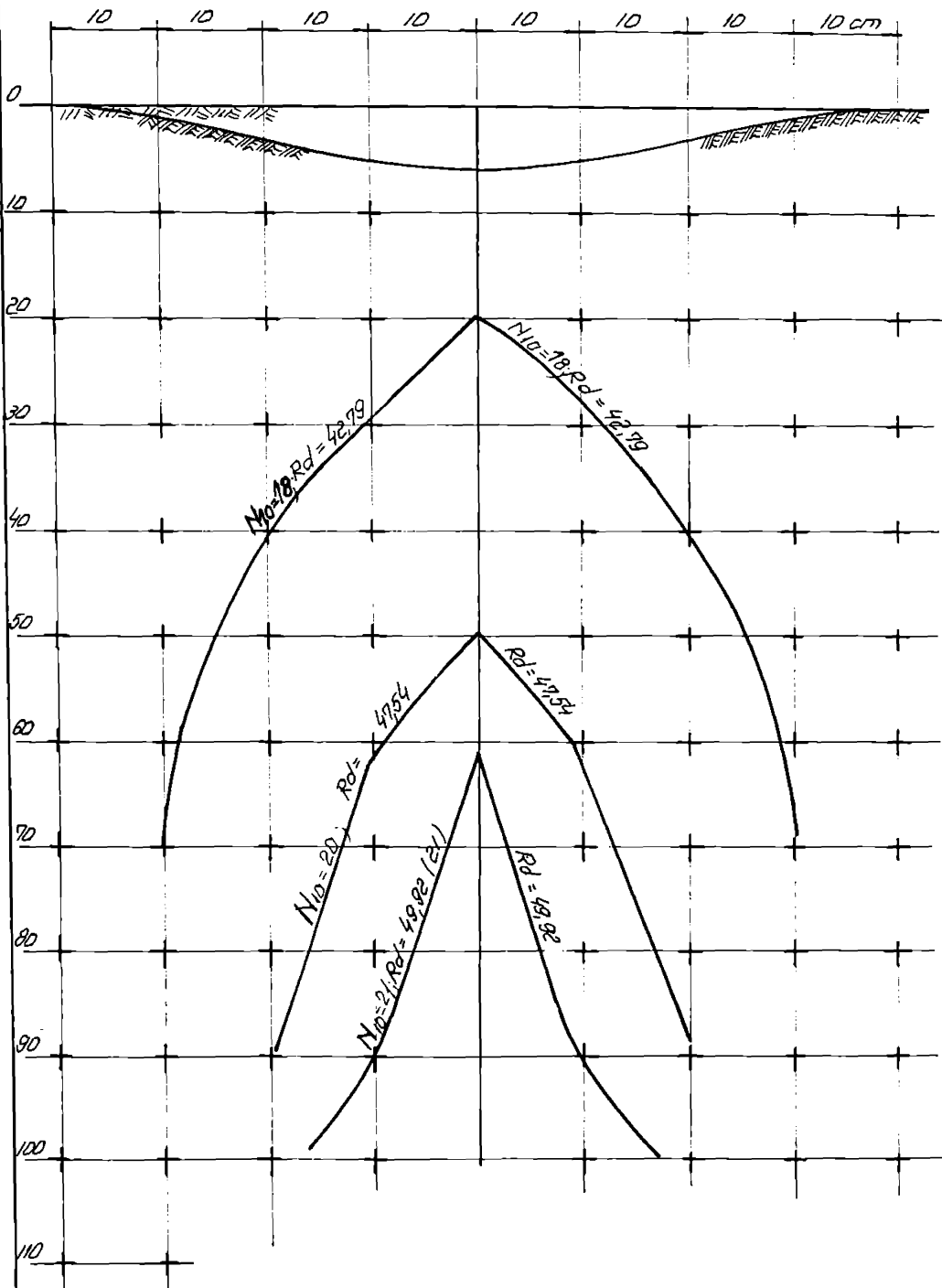


Fig. 2.14 IZOLINII Rd CU SUPRAFAȚA LIBERĂ NEÂNCĂRCATĂ

INCERCAREA B₃ (cu placă)

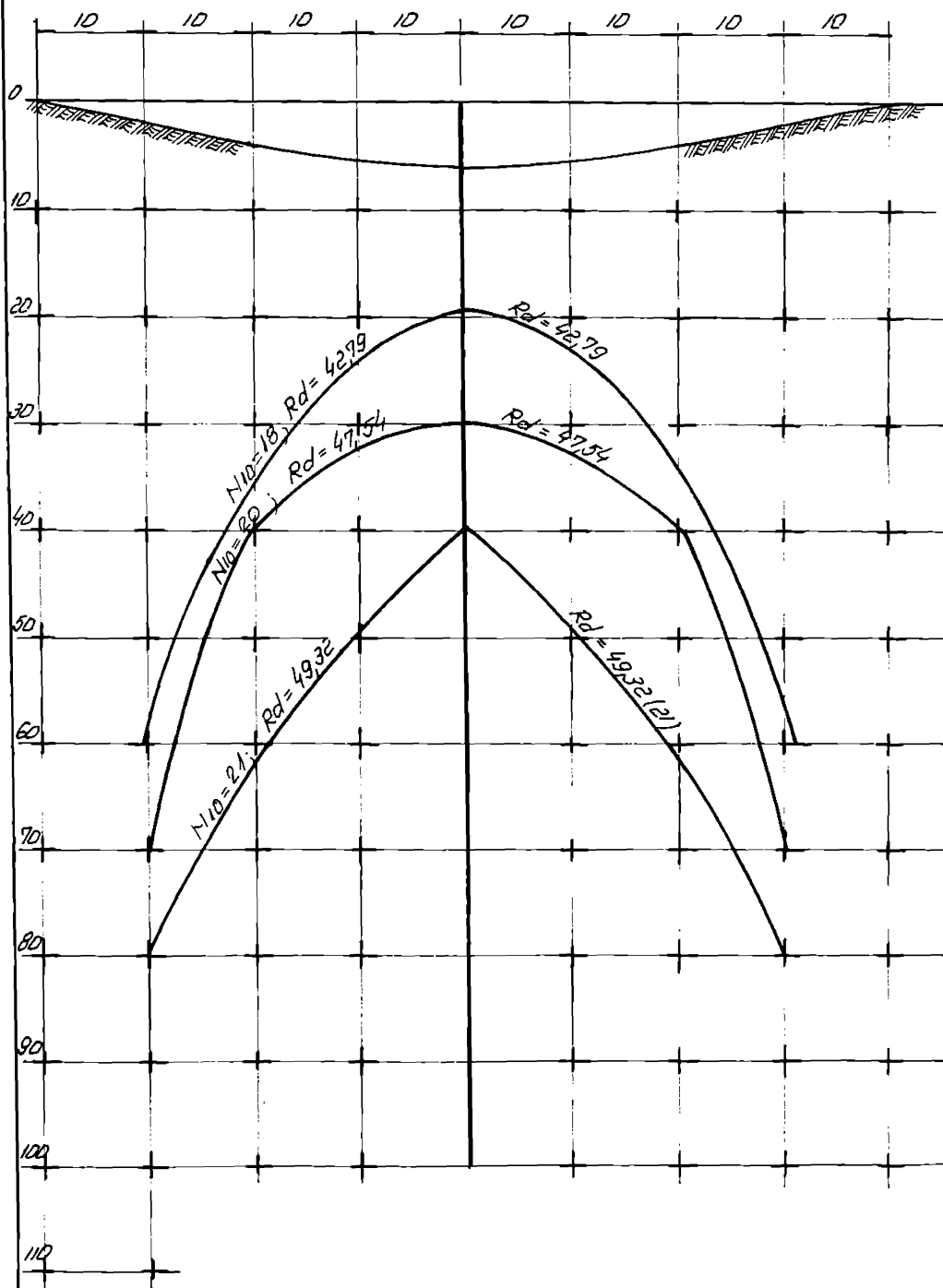


Fig. 2.15 IZOLINII R_d IN CAZUL INCARCARIII SUPRAFETEI LIBERE CU O PRESIUNE $p=0,05 \text{ daN/cm}^2$

($N_{10}=21\text{lov}/10\text{ cm}$), care urcă până la treimea superioară a terenului iar la aceste adâncimi mici se extind foarte mult în lateral, tabelele 2.6 și 2.7, la 30 cm adâncime izolinia $R_0=42,79\text{ daN}/\text{cm}^2$ se extinde în lateral până la o distanță de 20 cm față de punctul de vibroîntepare al terenului.

Supraîncărcarea creată prin aplicarea plăcii exterioare la suprafața terenului ($p=0,05\text{ daN}/\text{cm}^2$) nu permite afânarea terenului de la suprafață, în faza de extragere a carcasi metalice din teren. Astfel terenul situat în zona de suprafață își păstrează starea de îndesare la care a fost compactat în faza de înfigere și menținere în vibrație a echipamentului de lucru.

În tabelul 2.8 sunt prezentate sintetic datele experimentale rezultate în cazul celor 6 încercări de laborator prezentate în figurile 2.4, 2.5, 2.8, 2.9, 2.12, 2.13.

Date experimentale de laborator

Tabelul 2.8

Nr.crt.	Încercarea Caracteristici	A_1	B_1	A_2	B_2	A_3	B_3 cu placă
1	I_D	0,28	0,42	0,45	0,45	0,53	0,55
2	I_{Dr}	0,53	0,57	0,50	0,58	0,62	0,70
3	învibrare înfigere	3'	3'	3'	3'	3'	3'
4	învibrare extragere	5'	5'	2'	5,5'	6'	6'
5	$R_{influență}$ [cm]	22,0	30,0	15,0	34,0	30,0	35,0

Din valorile măsurate în cazul zonelor foarte compactate obținute, se observă că razele de influență ale acestora au valorile cel mai mari, atunci când și timpul de vibrație este mare (5'...6') respectiv $R_{B2}=34\text{ cm}$, sau la suprafața terenului este aplicată o presiune suplimentară, $R_{B3}=35\text{ cm}$. Astfel, se observă că raza de influență, pentru $I_{Dr}=0,5\text{...}0,7$, are valori cuprinse între $2,44\text{...}3,99 \cdot I_{arip}$. Rezultă că eficacitatea vibroîntepării este deosebit de ridicată deoarece zona de nisip în stare îndesată ($I_D > 0,70$) se extinde în jurul vibroîntepării la o rază $R=4 \cdot I_{arip}$. Influența vibrațiilor transmise de echipament resimțindu – se în întreg volumul de nisip din vasul cilindric, adică pe un diametru egal cu lungimea de înfigere a carcasi spațiale.

2.5. CONCLUZII

Cercetările desfășurate în scară mare privind compactarea în adâncime a nisipurilor saturate prin metoda vibroîntepării permit, în mod sintetic, stabilirea următoarelor concluzii:

a. Gradul în îndesare realizat în terenul necoeziv este influențat în mod direct de viteza de extragere din teren a echipamentului de lucru, în acest scop recomandându-se o viteză de extragere din teren de 30 cm/minut, după o vibrație în masă a terenului îmbunătățit, prin suspendarea înaintării carcasei în teren, de 4...5 minute.

b. Efectul compactării scade procentual o dată cu creșterea gradului de îndesare inițial al terenului de compactat, dar crește în valoare absolută. Creșterea medie a gradului de îndesare a terenului îmbunătățit este în final de 60...75 % pentru nisipurile afânate și de 25...40 % pentru cele aflate într-o stare de îndesare medie, cu tendința de a se ajunge în ambele cazuri la grade de îndesare finale, apropiate ca valori, deci la o tendință de uniformizare a gradului de îndesare pentru masa de pământ îmbunătățită.

c. Compactarea pământului necoeziv saturat crește odată cu creșterea adâncimii, fiind mai redusă în zonele de la suprafață și mai mare în adâncime. De aceea se recomandă realizarea unei presiuni statice la suprafața terenului. Acest fapt este posibil prin realizarea unei săpături generale inițiale la o cotă mai ridicată, realizându-se în această fază un strat de pământ de grosime mai mare ce exercită presiunea suplimentară verticală ce nu permite o afânare la suprafață a terenului de fundare. După executarea îmbunătățirii, stratul suplimentar de pământ este îndepărtat până la cota de fundare.

d. Pentru obținerea unui grad de îndesare corespunzător stării îndesate pe o zonă cât mai extinsă în jurul punctului de vibroînțepare, se recomandă o viteză de înfigere a echipamentului de lucru de circa 50 cm/minut. În aceste condiții timpul de compactare pentru o vibroînțepare condusă pe o adâncime de 6,0 m este de circa 12 minute la înfigere și de 20 de minute la extragere, adică o durată medie de circa 30 minute.

e. Raza de influență până la care se resimte îndesarea nisipului din vas este de 6 lungimi de arpioară, ceea ce înseamnă că vibroînțeparea compactează volume mari de nisip, apropiate ca diametru de lungimea de înfigere a echipamentului. Zonele supracompactate, cu $I_0 > 0,66$, se extind pe diametrii 2,5...4 lungimi de arpioară a echipamentului.

f. Rezultatele experimentale obținute au permis stabilirea tehnologiei de îmbunătățire și a formei echipamentului de lucru pentru compactarea nisipurilor din amplasamentele blocurilor de locuințe, lucrări ce vor fi prezentate în continuare.

CAP 3. STUDII EXPERIMENTALE DE TEREN PE AMPLASAMENTUL BLOCULUI DE LOCUINȚE B 20, CALEA AUREL VLAICU, ARAD.

3.1. STUDII COMUNE PENTRU REALIZAREA EXPERIMENTELOR DE VIBROÎNȚEPARE

3.1.1 Studii privind identificarea geotehnică a terenului de fundare

Studiile geotehnice din amplasamentul blocului B20, sc.A s-au efectuat în anul 1988. Au fost realizate prelevări de probe geotehnice și penetrări dinamice ușoare. Terenul de fundare este alcătuit dintr-un pachet de nisipuri fine, mijlocii și mari, începând din suprafață spre adâncime. Caracteristica generală a pachetului de straturi nisipoase este aceea a unui teren de fundare aflat în stare afânată și de îndesare medie. Stratificația terenului de fundare stabilită după analiza probelor de teren prezintă următoarea succesiune de straturi, [84], [85] :

- ± 0,00 – 0,80 Umplutură de pământ;
- 0,80 – 1,80 Argilă nisipoasă plastic vârtosă cu aspect de umplutură;
- 1,80 ... – 2,50 Nisip fin cenușiu în stare afânată
- 2,50 ... – 3,80 Nisip mijlociu și fin cu rar pietriș cenușiu de îndesare medie;
- 3,80 ... – 5,50 Nisip mare și mijlociu cu rar pietriș de îndesare medie,
- 5,50 ... – 8,40 Argilă cafenie, plastic consistentă, $I_c = 0,52 \dots 0,71$;

Nivelul apelor freatice a fost situat la cota de : N.H. = –3,50 m.

Pentru executarea blocului de locuințe B20, cu regim de înălțime S + P +8 E, proiectantul lucrării a prevăzut un sistem de fundare directă alcătuit dintr-un radier general a cărui cotă de fundare este situată la cota de – 2,00 m față de nivelul terenului natural.

Data fiind starea afânată și de îndesare medie ($I_c < 0,488$) în care se găsește pachetul de nisipuri din suprafață și încadrarea acestora în categoria nisipurilor lichefiabile și ușor lichefiabile, fundarea directă a fost posibilă în urma îmbunătățirii terenului de fundare. Analizând stratificația de pe amplasament și proiectul elaborat pentru execuția blocului de locuit menționat, autorul prezentei lucrări a constatat că terenul de fundare este format din pământuri necoezive de la cota de –2,00 m în jos, iar aceasta se pretează foarte bine la o îmbunătățire prin procedeul vibroînțepării. De la această cotă (în jos), stratificația terenului de fundare se prezintă în figura 3.1. respectiv penetrarea dinamică ușoară P.D.U. efectuată lângă unul dintre foraje în teren natural (P_i) este prezentată în figura 3.2.

Pentru studiile experimentale efectuate în amplasamentul blocului de locuit și interpretările rezultatelor obținute (ce se vor prezenta în continuare) s-au stabilit

granulozitățile straturilor de nisip de la cotele de -2,00 m, -3,00 m -4,00 m și -5,00 m rezultatele analizelor granulometrice fiind prezentate în figura 3.3.

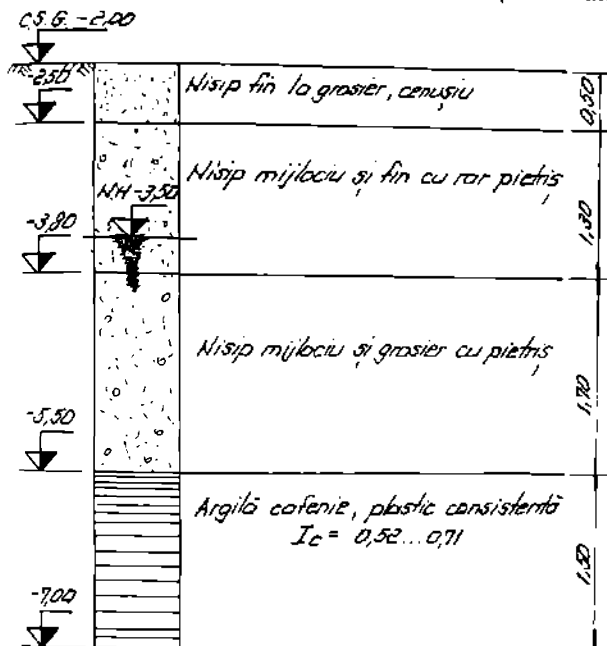


Fig. 3.1. Stratificația terenului de fundare

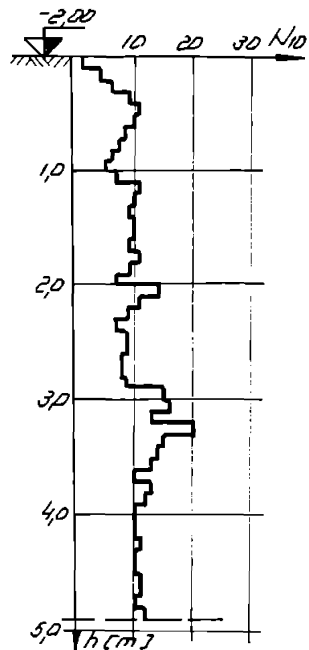


Fig. 3.2. Penetrare dinamică ușoară în teren natural

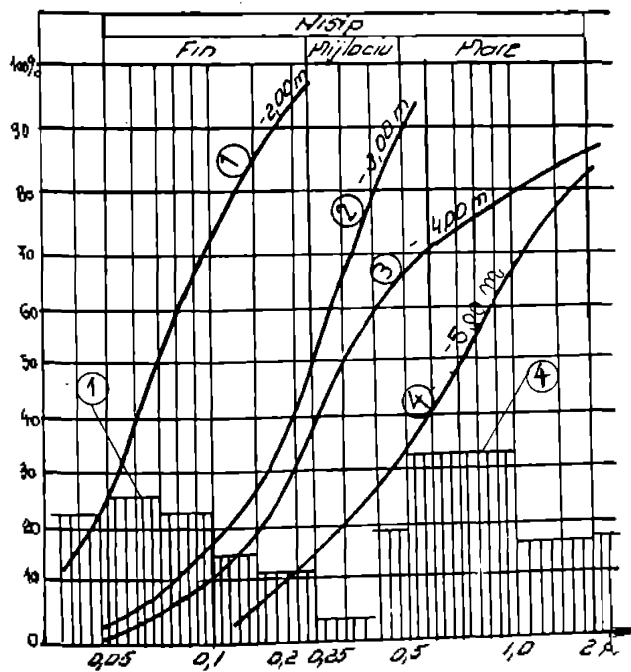


Fig.3.3 Domeniul de granulozitate al complexului nisipos

În tabelul 3.1. sunt prezentate fracțiunile granulometrice și neuniformitatea (U_n) a probelor de pământ reprezentate granulometric în fig. 3.3.

Se constată că straturile de la suprafață au un procentaj mai mare de nisipuri fine în componența lor, pe când cele situate în adâncime la cotele de -4,0 m și -5,0 m prezintă o granulozitate specifică nisipurilor mari și mijlocii cu conținut de pietriș de până la 17%. Din analiza curbelor de granulozitate se constată valori mici pentru gradul de neuniformitate

$U_n = 2,28 \dots 4,16$, deci nisipurile sunt foarte uniforme, definite conform STAS, 1243–88.

Fracțiuni granulometrice ale probelor prelevate

Tabelul 3.1.

Proba	Cola	Praf	Nisip fin	Nisip mijlociu	Nisip mare	Pietriș 2. 10 mm	U_n
1	-2,00	25%	72%	3%	–	–	2,28
2	-3,00	2%	36%	52%	10%	–	3,73
3	-4,00	–	35%	31%	20%	14%	4,16
4	-5,00	–	6%	18%	59%	17%	3,50

Pentru stabilirea unor caracteristici geotehnice și pentru aprecierea stării de îndesare a complexului nisipos ce alcătuiește terenul de fundare, pe amplasament au fost efectuate 5(cinci) penetrări dinamice ușoare (PDU) inițiale, notate cu $P_1 \dots P_5$, fig. 3.4, ale căror diagrame sunt prezentate în figura 3.5.

În cazul penetrărilor dinamice ușoare s-a utilizat un penetrometru al cărui con are unghiul la vârf $\alpha = 90^\circ$, diametrul bazei conului $d=35,6\text{mm}$ iar suprafața bazei conului $A= 10 \text{ cm}^2$. Berbecul are masa de $m=10 \text{ kg}$ și cade liber de la înălțimea de $H=50 \text{ cm}$, (Normativ C159–89).

Din analiza celor 5(cinci) penetrări ușoare repartizate conform fig.3.4, și efectuate în terenul natural, a rezultat că N_{10} se situează cu rare excepții în jurul valorii de $N_{10} = 10 \text{ lov}/10\text{cm}$. Prelucrându-se rezultatele acestor penetrări, în tabelul 3.2 sunt prezentate câteva caracteristici fizice și mecanice ale terenului în stare inițială.

La aprecierea acestor caracteristici s-au avut în vedere Instrucțiunile tehnice C159–89, [96], prin relațiile de mai jos și abacele conținute, precum și C176–84, [97]:

$$\log. I_D \% = 0,554 \cdot \log N_{10} + 0,98 \quad (3.1)$$

$$R_p = 2,03 \cdot N_{10} \quad (3.2)$$

$$e = 1,3516 - 0,36 \cdot \lg R_p \pm 0,13 \quad (3.3)$$

$$M = \alpha \cdot R_p \quad (3.4)$$

$$E = M_D \cdot M \quad (3.5)$$

Terenul în stare inițială prezintă o porozitate inițială mare $n_i \% = 43,1 \dots 49,5\%$, indicele porilor $e_i = 0,76 \dots 0,98$ și un grad de îndesare $I_D = 0,234 \dots 0,502$.

Acești indici geotehnici obținuți caracterizează concret și real complexul nisipos ca fiind într-o stare afânată și de îndesare medie.

Folosind rezultatele cu privire la granulozitate menționate, fig.3.3, se poate aprecia sensibilitatea la lichefiere a pământurilor necoezive utilizând criteriul granulometric de

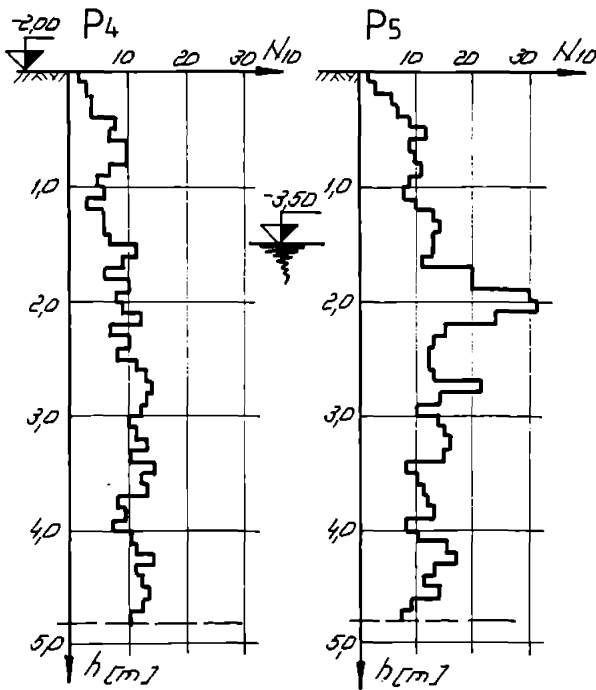
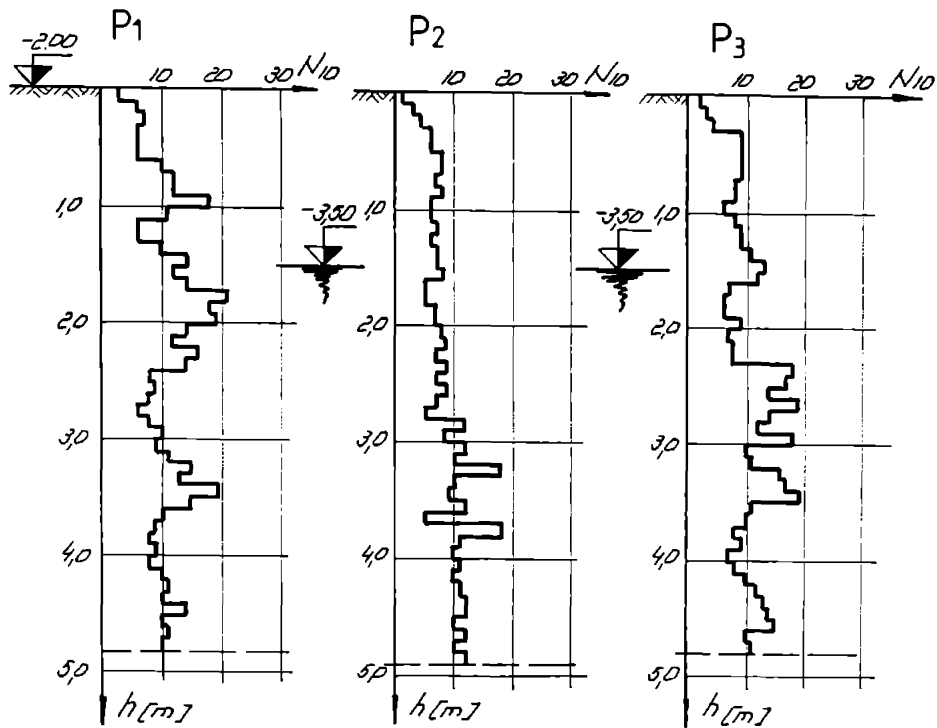


Fig. 3.5 PENETRĂRI (P.T.U.) INITIALE IN TEREN NATURAL-BLOC B 20-

TABELUL 3.2 CARACTERISTICI FIZICO - MECANICE ALE TERENULUI NATURAL BLOC B 20, Sc. A

P₁

h [m]	N ₁₀	R _p (daN/cm ²)	CARACTERISTICI FIZICO - MECANICE				
			e	n[%]	γ[kN/m ³]	E[kPa]	I _D
0.50	6	12.18	0.96	49.1	13.48	6500	0.250
1.00	18	36.54	0.78	43.8	14.88	8600	0.474
1.50	13	26.39	0.84	45.7	14.38	8000	0.395
2.00	19	38.57	0.77	43.4	14.97	9000	0.468
2.50	8	16.24	0.91	47.9	13.83	7200	0.302
3.00	10	20.30	0.87	46.7	14.14	7600	0.342
3.50	15	30.45	0.81	44.7	14.68	8250	0.428
4.00							

P₂

h [m]	N ₁₀	R _p (daN/cm ²)	CARACTERISTICI FIZICO - MECANICE				
			e	n[%]	γ[kN/m ³]	E[kPa]	I _D
0.50	6	12.18	0.96	49.1	13.48	6500	0.250
1.00	6	12.18	0.96	49.1	13.48	6500	0.250
1.50	7	14.21	0.93	48.4	13.69	6900	0.281
2.00	7	14.21	0.93	48.4	13.69	6900	0.281
2.50	7	14.21	0.93	48.4	13.69	6900	0.281
3.00	8	16.24	0.91	47.9	13.83	7200	0.302
3.50	9	18.27	0.89	47.4	13.98	7400	0.322
4.00							

P₃

h [m]	N ₁₀	R _p (daN/cm ²)	CARACTERISTICI FIZICO - MECANICE				
			e	n[%]	γ[kN/m ³]	E[kPa]	I _D
0.50	9	18.27	0.89	47.4	13.98	7400	0.322
1.00	6	12.18	0.96	49.1	13.48	6500	0.250
1.50	13	26.39	0.84	45.7	14.38	8000	0.395
2.00	9	18.27	0.89	47.4	13.98	7400	0.322
2.50	17	34.51	0.79	44.1	14.79	8600	0.459
3.00	12	24.36	0.85	46.1	14.30	7800	0.378
3.50	19	38.57	0.77	43.4	14.97	9000	0.468
4.00							

P₄

h [m]	N ₁₀	R ₁₀ (daN/cm ²)	CARACTERISTICI FIZICO - MECANICE				
			e	n[%]	γ[kN/m ³]	E[kPa]	I _D
0.50	8	16.24	0.91	47.9	13.83	7200	0.302
1.00	5	10.15	0.98	49.5	13.34	6250	0.234
1.50	7	14.21	0.93	48.4	13.69	6900	0.281
2.00	8	16.24	0.91	47.9	13.83	7200	0.302
2.50	8	16.24	0.91	47.9	13.83	7200	0.302
3.00	12	24.36	0.85	46.1	14.30	7800	0.378
3.50	14	28.42	0.82	45.1	14.54	8200	0.412
4.00							

P₅

h [m]	N ₁₀	R _p (daN/cm ²)	CARACTERISTICI FIZICO - MECANICE				
			e	n[%]	γ[kN/m ³]	E[kPa]	I _D
0.50	9	18.27	0.89	47.4	13.98	7400	0.322
1.00	9	18.27	0.89	47.4	13.98	7400	0.322
1.50	13	26.39	0.84	45.7	14.38	8000	0.395
2.00	20	40.60	0.76	43.1	15.01	9000	0.502
2.50	12	24.36	0.85	46.1	14.30	7800	0.378
3.00	10	20.30	0.87	46.7	14.14	7600	0.342
3.50	8	16.24	0.91	47.9	13.83	7200	0.302
4.00							

apreciere a lichefiabilității din tabelul 1 pag.107 menționat în "Îndrumătorul tehnic pentru studiul proprietăților pământurilor necoezive lichefiabile P125–84" [98], iar din tabelul 2 pag.113 din același îndrumător, gradul de îndesare la care pământul nisipos trebuie considerat ca susceptibil de a se lichefia.

Diametrul mijlociu $d_{50}=0,07...0,70\text{mm}$ diametrul eficace $d_{10}=0,025...0,20\text{mm}$, fracțiunea argilă = 0%, fracțiunea pietriș mic ($d=2...10\text{mm}$) =13...17%, fracțiunea pietriș mare = 0%, gradul de îndesare $I_D<0,60$, uniformitatea complexului nisipos, precum și nivelul ridicat al apelor freatice,(cota $-3,50\text{m}$), caracterizează complexul nisipos studiat ca fiind un pământ lichefiabil și ușor lichefiabil în cazul mișcărilor seismice pentru zona D, adică un complex pentru care coeficientul seismic este $k_s=0,16$, conform fig. 5.1 din Normativul P100–92.

3.1.2. Încercări experimentale efectuate în amplasamentul blocului B 20

Sistemul de fundare al blocului de locuințe S+P+8E este alcătuit dintr-un radier general cu placă de 25 cm grosime și pereți din beton armat la subsol. Pentru evitarea fundării în stratul de umplutură, s-a ales cota de fundare la adâncimea de $-2,00\text{m}$, deci la partea superioară a complexului nisipos în grosime de 3,50 m, până la stratul de argilă plastic consistentă de la cota de $-5,50\text{m}$.

Caracteristicile geotehnice ale complexului de nisipuri fine, mijlocii și mari, penetrările dinamice ușoare ($P_1...P_5$) din fig.3.5 și tabelul 3.2 pun în evidență o stare afânată și de îndesare medie $I_D=0,234...0,502$, a terenului de fundare. Ca urmare, rezultă o capacitate portantă redusă a complexului nisipos și posibilitatea pierderii rezistenței sale la forfecare în cazul mișcărilor seismice pentru zona D, aspecte prezentate în paragraful 3.1.1.

Pentru îndepărtarea acestor aspecte negative în realizarea unui sistem de fundare directă, un colectiv din cadrul Catedrei de Drumuri și Fundații, printre care și autorul, a apreciat ca necesară îmbunătățirea complexului nisipos dificil pe grosimea de 3,50... 4,00m [84], [85].

Tehnologia stabilită pentru îmbunătățirea complexului nisipos slab în adâncime a fost aceea a compactării prin procedeul vibroîntepării. Îmbunătățirea complexului nisipos în adâncime prin procedeul vibroîntepării a constat în introducerea în terenul de fundare a unei carcase metalice spațiale sub influența vibrațiilor generate de agregatul de vibropresare AVP–1,[47], proiectat și executat în cadrul catedrei.

Echipamentul de vibroîntepare folosit, fig.3.6, conceput de autor, folosind concluziile din Cap.2 pentru această lucrare, are aspectul unei carcase metalice spațiale, fiind format

ECHIPAMENT DE LUCRU PENTRU PROCEDEUL VIBROÎNTEPĂRII
Sc.1:10 (cote în mm)

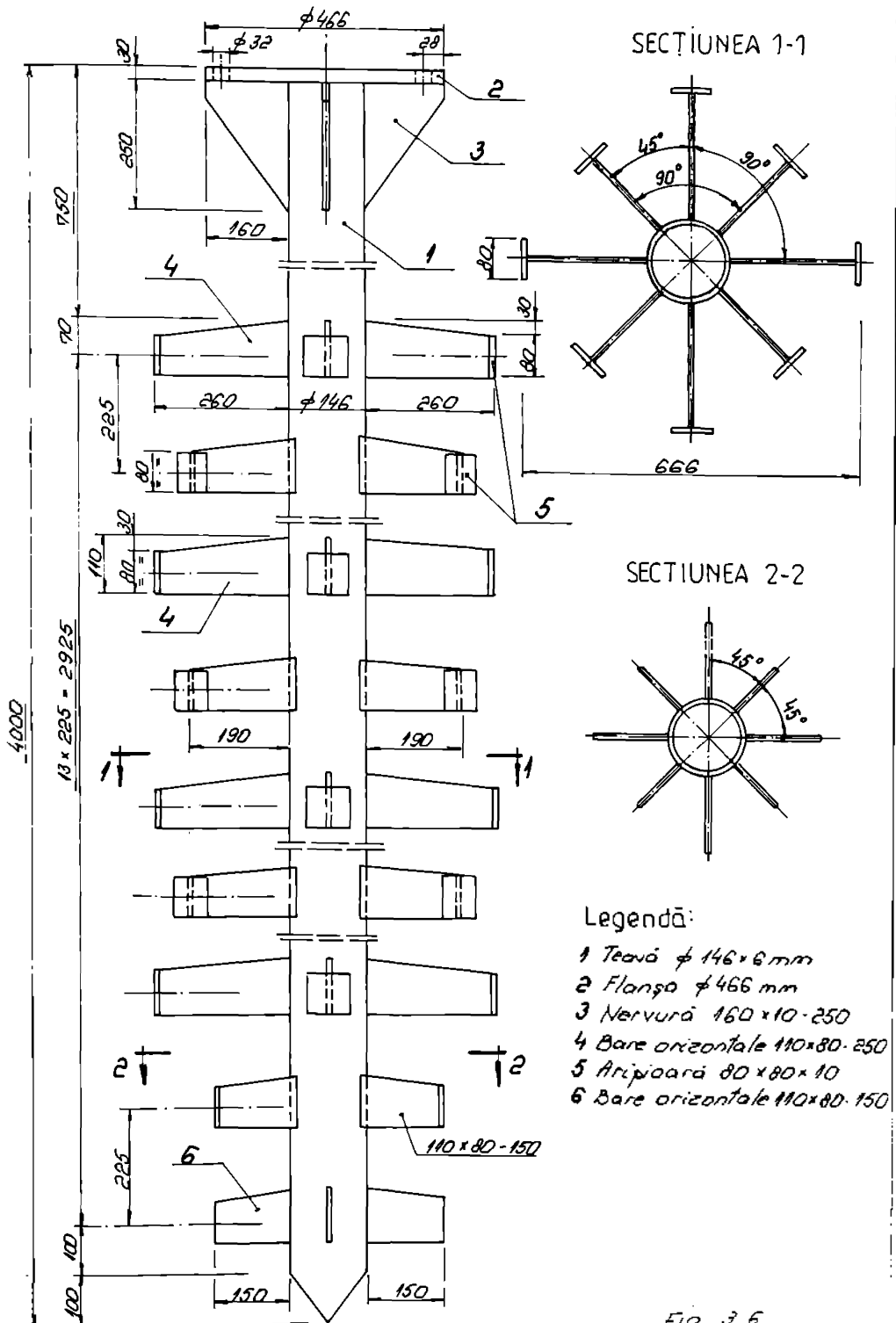


Fig. 3.6

dintr-o tijă centrală cilindrică și verticală (1) de care sunt sudate 4(patru) bare horizontale dispuse în cruce (4).

La capetele acestor bare sunt sudate aripioare cu dimensiunea de $80 \times 80 \times 10\text{mm}$ (5).

Disponera celor 4(patru) bare horizontale în cruce, de-a lungul tijei centrale se face din $22,5\text{ cm}$ în $22,5\text{ cm}$ și decalate alternativ cu 45° . Anvergura carcasei spațiale este de $66,6\text{cm}$ și a fost dictată de gabaritul cadrului metallic ce susține agregatul de vibropresare AVP-1 și de caracteristicile terenului de pe amplasament. În terenul de fundare al amplasamentului blocului de locuințe s-a executat o vibroînțepare (conform Normativului C29-85) până la adâncimea de $4,00\text{ m}$, între cotele $-2,0\text{ m}$ și $-6,0\text{ m}$.

După executare vibroînțepării s-a constatat că la suprafața terenului se formează o depresiune mică de forma unei pâinii cu adâncimea de 20 cm și diametrul de $1,10\text{ m}$.

În punctul de vibroînțepare al terenului a fost executată o penetrare dinamică ușoară în terenul natural și o penetrare după realizarea vibroînțepării la distanța de 40cm de axul vibroînțepării. Aceste digrame de penetrare fiind prezentate în fig 3.7.

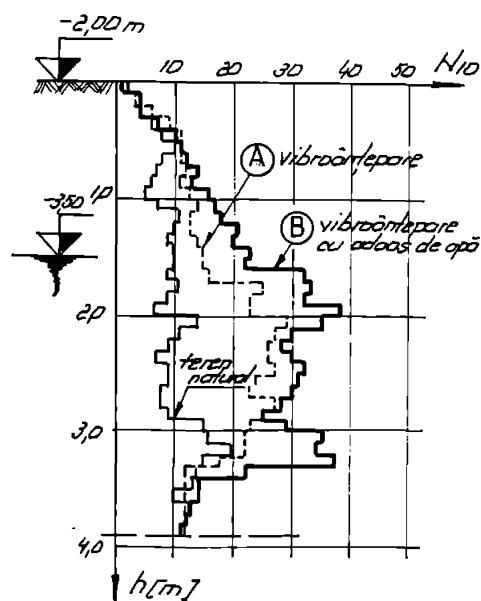


Diagrama de penetrare de control, notată cu A în fig 3.7. indică o creștere a numărului de lovituri N_{10} dar numai de la adâncimea de $-1,30\text{ m}$ în jos, deci de la o adâncime apropiată nivelului apei freatice în jos.

S-a constatat o creștere semnificativă a lui N_{10} cu $10...16\text{ lov}/10\text{cm}$, de la adâncimea de $-1,70\text{ m}$ în jos, față de diagrama PDU realizată în teren natural.

S-a calculat o valoare medie a lui N_{10} de $N_{10}^{\text{med}} = 24,5\text{ lov}/10\text{cm}$, după îmbunătățire.

Prin această operațiune de vibroînțepare gradul de îndesare a crescut la $I_D = 0,50...0,60$, porozitatea a scăzut la $n\% = 41...43\%$ și indicele porilor la $e = 0,72...0,76$. Se observă că terenul de fundare nu se îmbunătățește pe adâncimea

Fig.3.7. Diagrama de penetrare de control în teren natural și îmbunătățit

î cuprinsă între suprafața terenului liber și cota de circa $-1,30\text{ m}$, îmbunătățindu-se substanțial la adâncimea de peste $1,50\text{m}$ unde a fost localizat și nivelul apelor subterane [85]

Autorul consideră că neîmbunătățirea terenului de fundare pe această adâncime se

datorește și coeziunii aparente (angrenajului capilar) ce se manifestă în nisipurile situate deasupra nivelului apelor freatice, cauzată fiind de capilaritatea apei ce migrează prin porii și micile canale din teren cu dimensiuni sub 2 mm, [22], [50].

Acest aspect urmează să fie confirmat sau infirmat de cercetările ce se vor realiza și prezenta în lucrarea de față.

Pentru îndepărtarea acestui fenomen negativ ce se manifestă în compactarea zonei de la suprafața terenului de fundare s-a procedat la inundarea cu apă a punctului în care s-a efectuat vibroînțeparea terenului, fig 3 8 reducând astfel efectul coeziunii aparente.

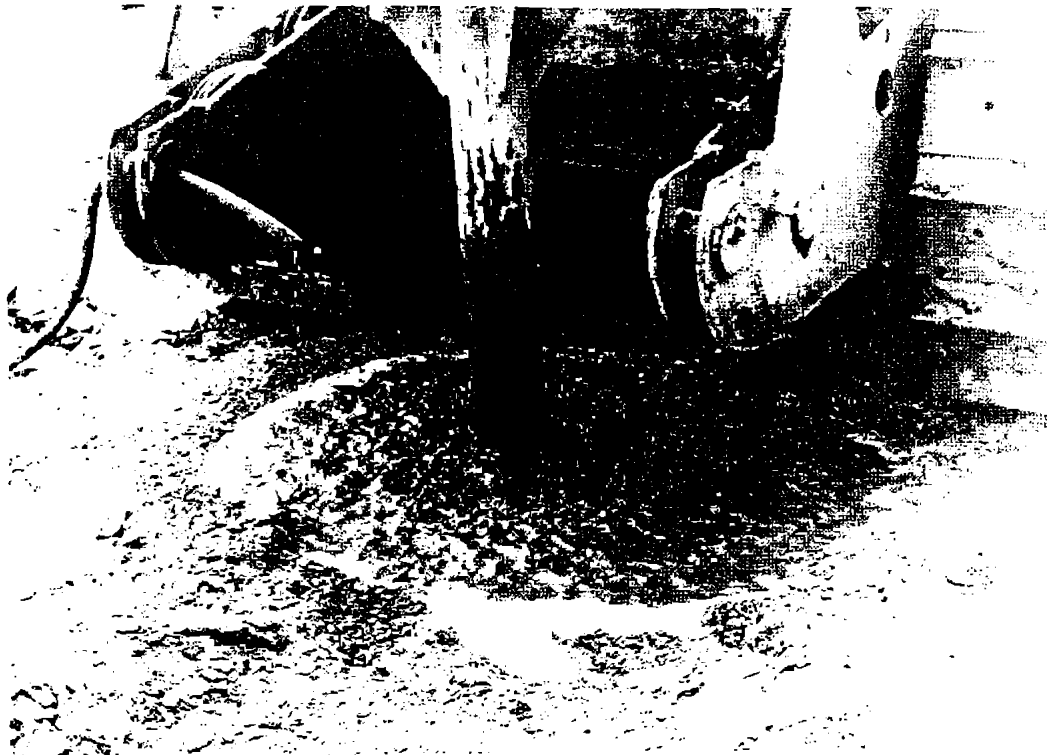


Fig.3.8 Imagine privind inundarea punctului de vibroînțepare.

Inundarea terenului s-a efectuat prin adaos de apă în mod continuu și pe tot parcursul executării vibroînțepării.

Prin inundarea cu apă a punctului de vibroînțepare se saturează cu apă și zona nisipului de deasupra apei freatice în care se manifestă coeziunea aparentă. Astfel, zona cuprinsă între nivelul liber al terenului și cota apei freatice poate fi și ea considerată ca fiind sub apă, adică în stare saturată. În acest mod și sub influența vibrațiilor transmise de echipamentul de vibroînțepare există posibilitatea fluidizării și compactării și a pachetelor de nisipuri de pe această adâncime, [2], [21], [47].

În urma experimentării și urmăririi rezultatelor obținute prin procedeul de compactare în adâncime al pământurilor nisipoase prin vibroînțepare cu adaos de apă, la suprafața liberă a terenului se formează o depresiune tip pâlnie cu diametrul de 1,50 m și adâncimea de 45 cm.

Penetrarea de control efectuată și notată cu B în fig.3.7, indică o îmbunătățire a terenului de fundare de la cota de $-0,70$ m în jos, față de cazul vibroînțepării simple când îmbunătățirea terenului începea de la cota de $-1,30$ m în jos. Creșterea numărului de lovituri este de 3...8 lov/10cm față de penetrarea dinamică executată după vibroînțeparea simplă și de 7...13 lov/10cm față de penetrarea executată în teren natural, pe adâncimea cuprinsă între $-0,70$ m și $-1,50$ m.

Prin raportarea numărului de lovituri N_{10} obținut în cazul inundării cu apă față de N_{10} din teren natural, se obține o creștere a sa cu 70%...130%.

Prin comparare numărului N_{10} obținut în cazul celor două procedee de îmbunătățire aplicate se constată o creștere cu 23%...61% a lui N_{10} în cazul inundării cu apă. Se observă o creștere mai mică față de cazul terenului natural.

De la adâncimea de $-1,50$ m (sub nivelul apei freatice) penetrarea dinamică prezintă creșteri a lui N_{10} cu 5...15 lov/10cm mai mari decât penetrarea de control efectuată în urma executării vibroînțepării simple. Prin procedeul inundării obținându-se o valoare medie $N_{10}=31,70$ lov/10cm pe zona cea mai îndesată a terenului de fundare față de $N_{10}^{med}=24,50$ lov/10cm în cazul vibroînțepării simple, deci un spor de 7,2 lov/10cm, adică 29,4%.

Porozitatea scade de la $n_f=41\%...43\%$ la $n_f=40\%$, indicele porilor este $e_f=0,68$ față de $e_f=0,72...0,76$ iar gradul de îndesare crește la $I_{Df}=0,63...0,684$ față de cel inițial de $I_{Df}=0,50...0,60$, obținut prin vibroînțepare simplă, deci o creștere medie de 19,19%.

Variația gradului de îndesare cu adâncimea în cazul terenului natural, a celui îmbunătățit prin vibroînțepare și a celui îmbunătățit prin vibroînțepare cu inundare cu apă este prezentată în tabelul 3.7 și fig.3.9 și indică valorile cele mai mari în cazul ultimului procedeu de îmbunătățire utilizat.

În tabelul 3.8. sunt prezentate unele caracteristici geotehnice ale terenului de fundare calculate pe baza valorilor medii N_{10} ale penetrărilor dinamice (PDU) obținute în urma aplicării celor două procedee de îmbunătățire. Din compararea variației gradului de îndesare (I_D) cu adâncimea (h), fig.3.9 și a caracteristicilor geotehnice din tabelul 3.8, se constată îmbunătățirea tuturor parametrilor geotehnici în întreg masivul de pământ în cazul în care terenul de fundare a fost îmbunătățit prin procedeul vibroînțepării și inundarea cu apă a punctului de vibroînțepare.

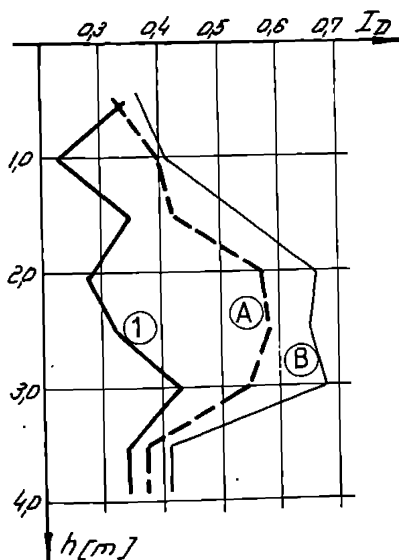
Valori I_D rezultate în urma vibroînțepării

Tabelul 3.7

Adâncime [m]	Teren natural	Vibroînțepare simplă	Vibroînțepare cu apă	1	A	B
	N_{10} (1)	N_{10} (A)	N_{10} (B)	I_D	I_D	I_D
0,50	10	10	10	0,341	0,341	0,341
1,00	5	13	16	0,233	0,400	0,412
1,50	10	15	22	0,341	0,428	0,530
2,00	7	25	33	0,280	0,568	0,663
2,50	9	26	32	0,323	0,580	0,650
3,00	15	23	35	0,428	0,543	0,685
3,50	10	12	14	0,341	0,378	0,412
4,00	10	12	14	0,341	0,378	0,412

Caracteristici fizico mecanice calculate conform tab.3.7 Tabelul 3.8

Procedeul	N_{10}^m lov/10cm	e	n%	I_D	E [kPa]	γ_d [kN/m ³]
A. Vibroînțepare simplă	24,5	0,74	42,5	0,555	9000	15,24
B. Vibroînțepare cu adaos de apă	31,7 (+29,38)	0,695	41	0,650 (+18%)	9700	15,63

Fig. 3.9. Variația lui I_D adâncimea

Ca urmare a rezultatelor experimentale obținute în amplasament, autorul a recomandat proiectantului și constructorului utilizarea procedeeului de îmbunătățire a complexului nisipos pe grosimea de 3,50... 4,00 m prin vibroînțepare cu adaos de apă, în vederea realizării fundării directe a blocului de locuințe S+P+8E prin intermediul radierului general, aspect însușit și aplicat de constructor cu asistența tehnică a autorului.

3.1.3. Studiul și prezentarea tehnologiei de lucru a îmbunătățirii terenului de fundare prin vibroînțepare cu adaos de apă.

Așa cum s-a arătat în paragraful anterior, pentru îmbunătățirea straturilor de nisip aflate în stare de îndesare medie și afânată din amplasamentul blocului de locuințe B 20, s-a stabilit să se utilizeze procedeul vibroînțepării cu adaos de apă până la inundarea punctului de vibroînțepare, procedeu pentru care autorul pe baza studiilor documentare și a celor prezentate în Cap.2 a stabilit următoarele faze de execuție [30], [44],[49], [85] fig. 3.10:

A. Introducerea prin vibrație a echipamentului de lucru în terenul de fundare cu o viteză medie de înfigere de 1,0m /minut, până la adâncimea de compactare, concomitent cu inundarea cu apă a punctului (zonei) de vibroînțepare. Inundarea cu apă s-a făcut prin folosirea unui furtun legat la rețeaua de apă; în situații speciale se poate lega la un rezervor mobil de apă, faza A, fig.3.10 (a și b).

B. După înfigerea la cota de îmbunătățire a echipamentului de lucru se continuă cu vibrarea sa timp de circa 2 minute în această poziție fixă, fără a avea posibilitatea de a pătrunde în terenul de fundare, faza B, fig.3.10.

C. Extragerea prin vibrație a echipamentului de lucru din terenul de fundare cu o viteză medie de 0,50 m/minut și reînfigerea echipamentului după fiecare ridicare cu 1,0...1,5 m, faza C, fig. 3.10 (a, b, c, d). Inundarea cu apă a zonei de vibroînțepare este asigurată pe tot parcursul fazelor de execuție B și C.

Timpul total pentru execuția unei vibroînțepări a fost cuprins între 12 și 15 minute, funcție de apariția unui sunet înfundat metalic ce se auzea din terenul de fundare la reînfigerea echipamentului de lucru în teren, concomitent cu reducerea substanțială a vitezei de înfigere în teren a echipamentului de vibroînțepare, (practic înaintarea echipamentului este nulă).

În amplasamentul blocului de locuințe vibroînțepările au fost executate în cadrul a două etape distincte, în colțurile a două rețele pătrate cu latura $l=3,0$ m și decalate pe fiecare direcție cu 1,50 m, fig.3.4:

-- **etapa 1** – în această etapă au fost executate vibroînțepările din prima rețea pătrată, fiind executate 5 vibroînțepări pe un ax ori 10 axe, total 50 de vibroînțepări;

-- **etapa 2** – etapă în care au fost executate vibroînțepările din cea de-a doua rețea pătrată, cu $l=3,00$ m, decalată cu 1,50 m pe cele 2 direcții, fiind executate 4 vibroînțepări pe un ax ori 9 axe, total, 36 de vibroînțepări.

Ordinea de execuție a vibroînțepărilor este obligatorie, întâi au fost executate cele din etapa 1 după care s-a trecut la executarea celor din etapa a 2-a, fiind realizate dinspre

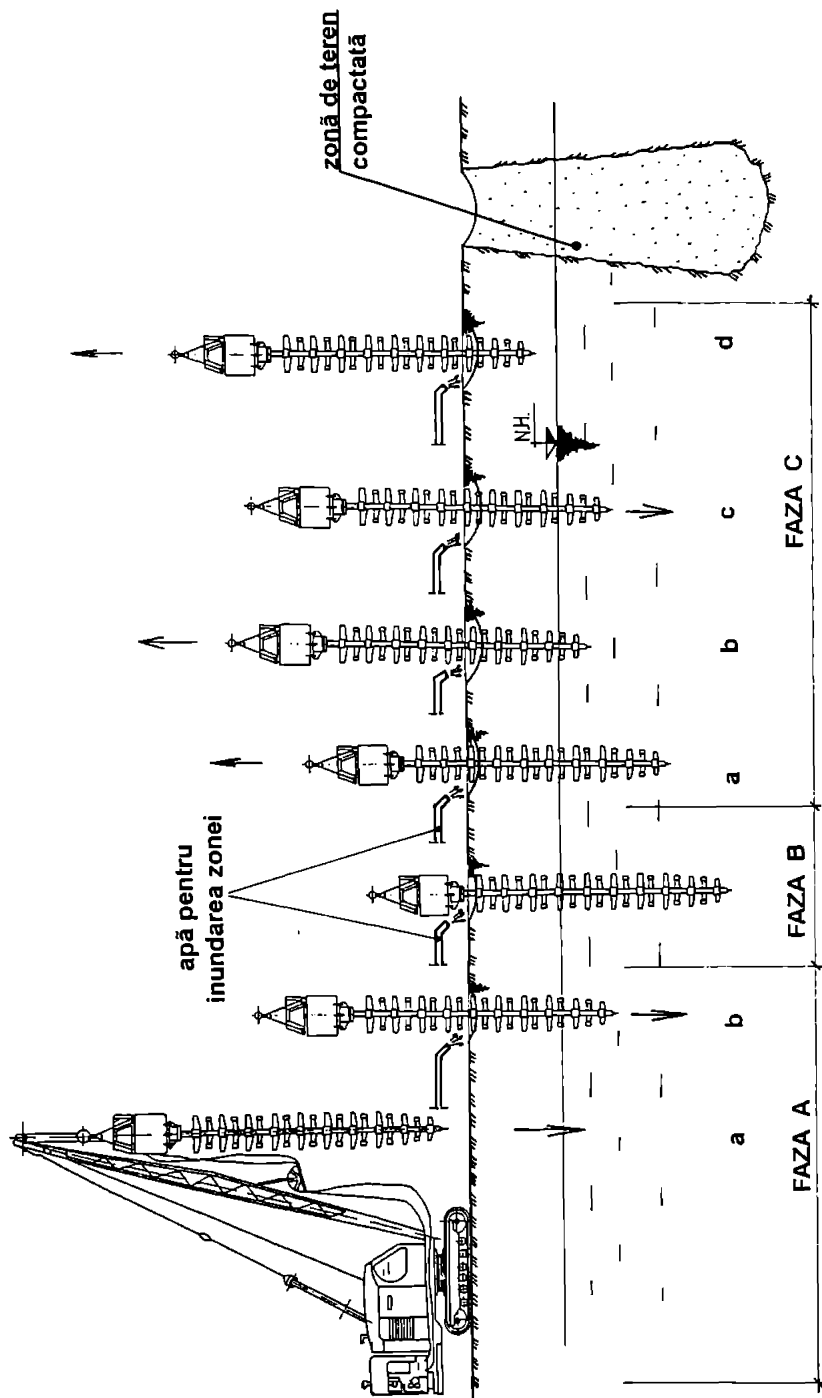


Fig. 3.10. Fazele de executie a vibrointepării cu adaos de apă

exterior înspre interiorul suprafeței îmbunătățite, [32], [49], [56].

Deoarece cota săpăturii generale a coincis cu cota de fundare a radierului general (-2,00 m) și pentru că în procesul de îmbunătățire a terenului de fundare prin metoda vibroîntepării cu adaos de apă are loc o tasare importantă a suprafeței libere a terenului, s-a realizat în prealabil o umplutură din balast în grosime de circa 40 cm. După finalizarea îmbunătățirii terenului în adâncime prin metoda vibroîntepării s-a efectuat și o compactare de suprafață a sa cu ajutorul unui cilindru compactor static atingându-se din nou cota de -2,00 m. Astfel în urma realizării îmbunătățirii terenului de fundare masivul de pământ s-a tasat cu circa $\Delta h=40$ cm, deci cu 10,25% față de grosimea inițială a terenului îmbunătățit $h=3,9$ m.

3.2. CERCETĂRI EXPERIMENTALE ASUPRA TERENULUI ÎMBUNĂTĂȚIT LA BLOCUL B 20, Sc.A

3.2.1. Studii cu privire la verificarea calității terenului îmbunătățit la blocul B20 Sc.A

Studiind lucrările de îmbunătățire ale terenului de fundare conform tehnologiei stabilite, s-au realizat verificări ale calității terenului prin încercări de penetrare dinamică ușoară după fiecare etapă de îmbunătățire, [95], [97].

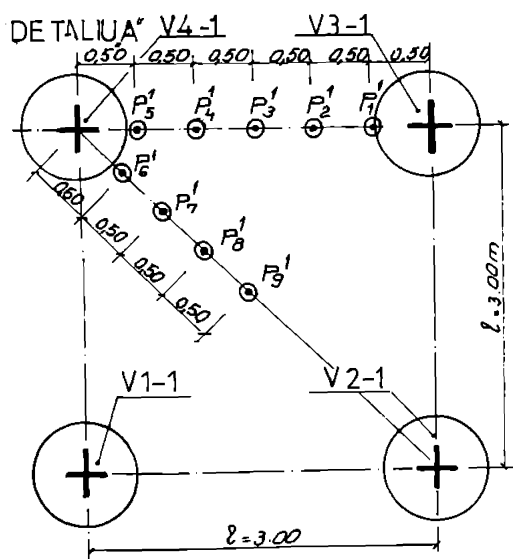


Fig.3.11. Dispunerea PDU de control etapa 1.

Pentru evidențierea îmbunătățirii terenului de fundare în adâncime și pe etape de îmbunătățire s-au executat un total de 18 penetrări dinamice ușoare, câte 9 penetrări după fiecare etapă de îmbunătățire.

După executarea vibroîntepărilor cu adaos de apă din etapa 1, V_{1-1} , V_{2-1} , V_{3-1} , V_{4-1} , s-au executat cele 9 penetrări PDU la distanțe de $0,50$ m și numerotate P_1' , P_2' , ..., P_9' , fig.3.11. Penetrările dinamice ușoare P_1' ... P_5' sunt amplasate în lungul laturii pătratului de $l=3,0$ m iar penetrările P_6' ... P_9' de-a lungul diagonalei pătratului.

În etapa a 2-a a îmbunătățirii au fost executate vibroîntepările din cel de-al doilea careu decalat cu 1,50 m, adică V₅₋₂, V₆₋₂, V₇₋₂, V₈₋₂, după care au fost efectuate în terenul de fundare, alte 9 penetrări dinamice de control, în jurul pozițiilor de penetrare din etapa 1, fig.3.12, fiind notate cu P₁², P₂², ...P₉². Penetrările fiind executate decalat cu 20...25 cm față de cele din etapa 1.

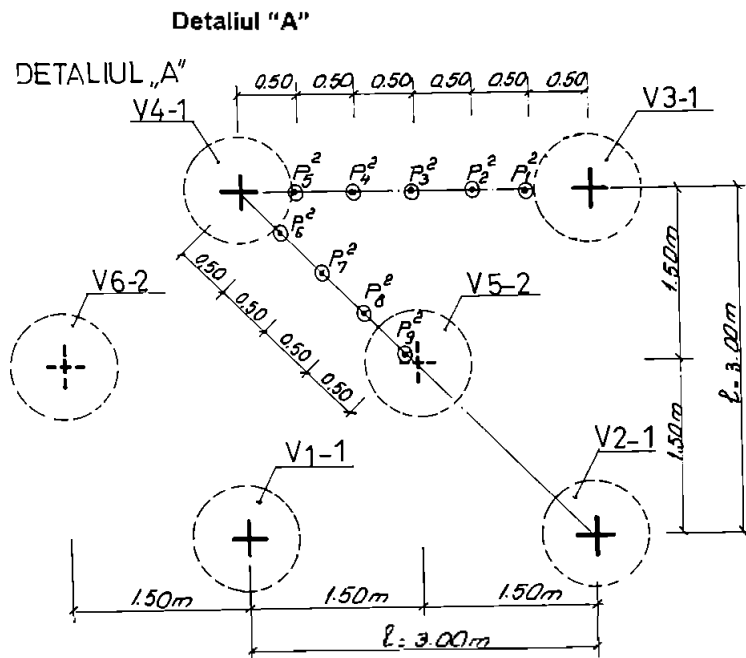


Fig.3.12. Dispunerea penetrărilor de control după etapa a 2-a a îmbunătățirii

Penetrările dinamice de control efectuate în terenul de fundare, după fiecare etapă de îmbunătățire, au fost conduse până la adâncimea de 4,0 m și dispuse din 0,50 m în 0,50 m între două vibroîntepări din etapa 1 și de-a lungul unei diagonale, rezultatele penetrărilor fiind reprezentate grafic în figura 3.13 cele din etapa 1, iar în figura 3.14, cele din etapa a 2-a, peste care s-au suprapus cele din etapa 1.

În urma analizării diagramelor de penetrare dinamică ușoară efectuate în cele 2 etape s-au desprins următoarele constatări:

A. ETAPA 1

a. Diagramele de penetrare dinamică P₁¹, P₅¹, și P₆¹, efectuate la distanța de 50 cm față de punctele de vibroîntepare, figura 3.11, indică creșteri extrem de mari ale lui N₁₀ pe întreaga adâncime a complexului nisipos în urma executării vibroîntepărilor din etapa 1, V₁₋₁, V₂₋₁, V₃₋₁, V₄₋₁, figura 3.13, între cotele de -2,50 m la -3,50 m numărul de lovituri N₁₀

FIG. 3.13 PENETRARI DE CONTROL ETAPA I A ÎMBUNĂȚĂȚIRII TERENULUI BLOC B20, ȘC A

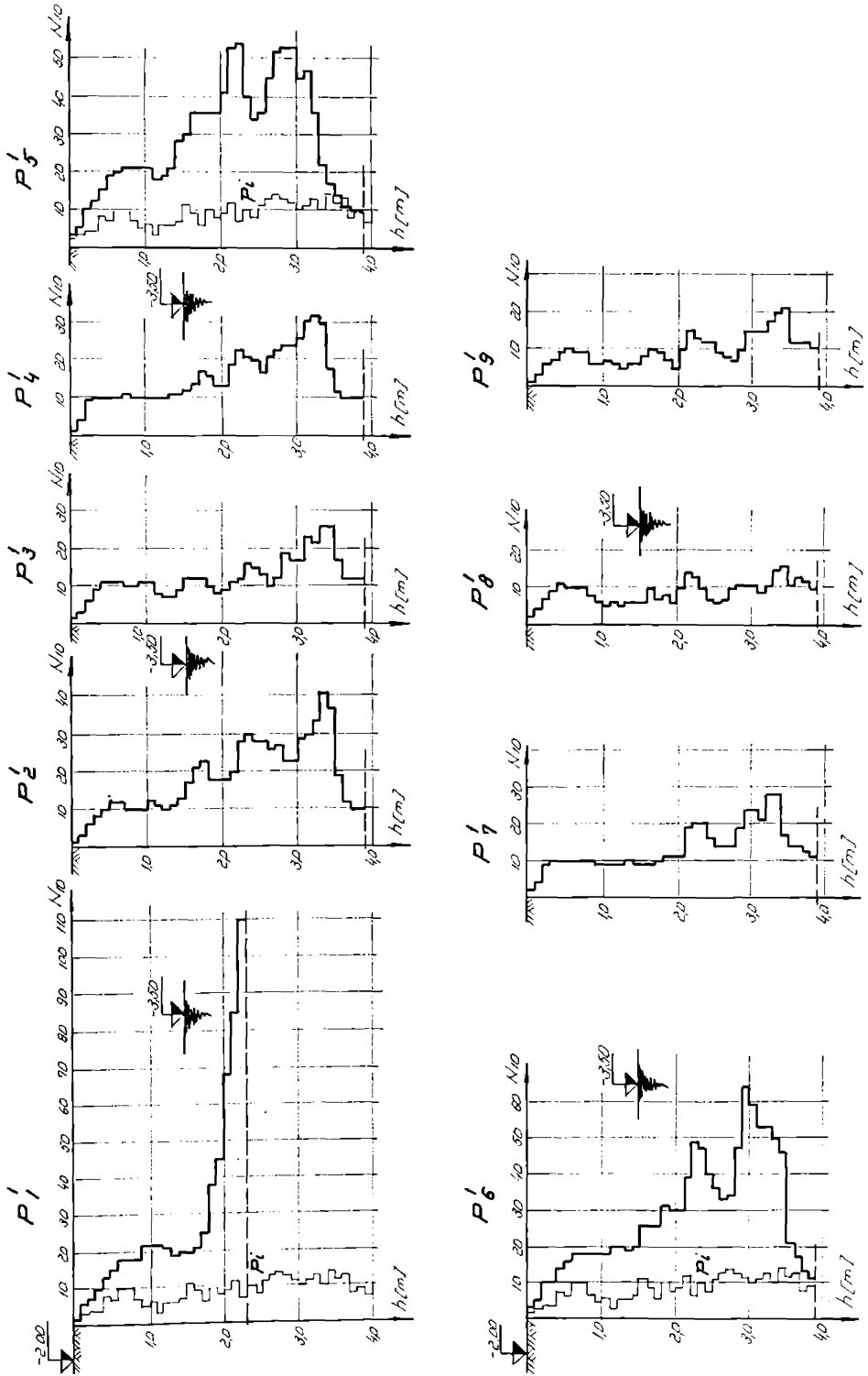
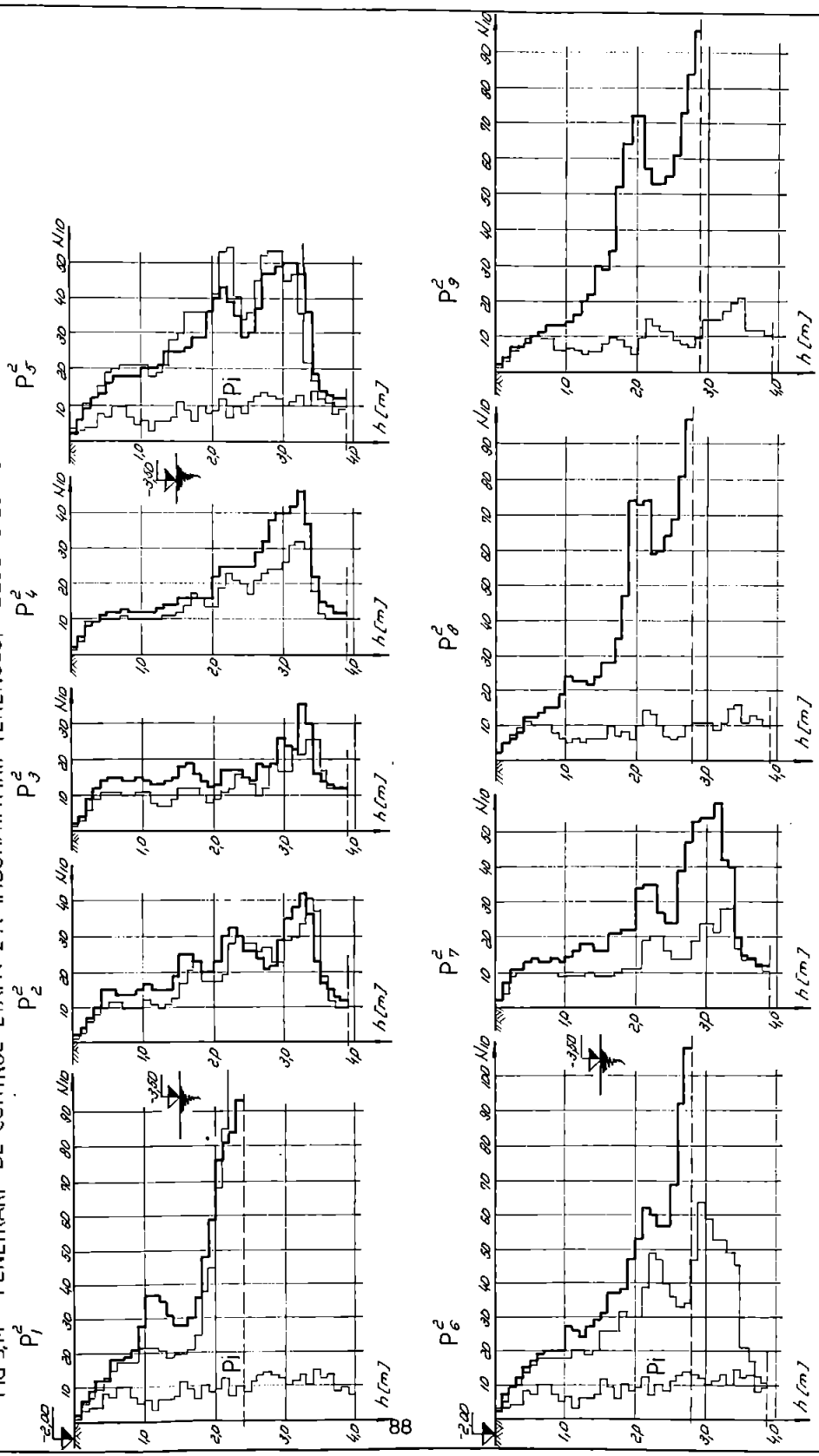


FIG 3.14 PENETRĂRI DE CONTROL ETAPA 2 A ÎMBUNĂTĂȚIRII TERENULUI BLOC B 20 Sc A



crește cu 10...20 lov/ 10cm față de penetrările inițiale din terenul natural , adică cu circa 100% iar de la cota de -3,50 m în jos până la stratul de argilă, cota -5,50 m, valoarea lui N_{10} trece peste 40 lov/10 cm, figura 3.13, crescând cu valori între 100% și 400%.

b. Diagramele de penetrare P_2^1 , P_4^1 și P_7^1 situate la distanța de 1,0 m de punctele de vibroînțepare indică creșteri ale numărului de lovituri între 10...22 lov/10cm față de digramele inițiale, adică cu 100% până la 220% dar numai de la cota de - 3,50 m în jos, deci de la cota apelor subterane în jos, figura 3.13.

c. Diagramele de penetrare P_8^1 și P_9^1 situate pe diagonala pătratului, la distanța de 1,50 m și respectiv 2,0 m față de punctul de vibroînțepare V_4^1 , nu indică creșteri a lui N_{10} , față de diagramele de penetrare inițiale;

d. Diagramele de penetrare P_3^1 situată între două vibroînțepări la distanța de 1,50 m între ele, indică creșteri ale numărului de lovituri de $N_{10}=4...14$ lov/10cm deci cu 40%...140% dar numai de la adâncimea de -4,80 m în jos, figura 3.13.

B. ETAPA 2

e. După executarea vibroînțepărilor terenului din etapa a 2-a s-a constatat o creștere extrem de mare a numărului de lovituri N_{10} , cu $N_{10}>30$ lov/10cm față de cele din etapa 1, pentru diagramele de penetrare P_6^2 , P_7^2 , P_8^2 și P_9^2 , fig. 3.14, penetrări ce se găsesc în raza de 1,00 m față de vibroînțeparea $V_{5.2}$ din fig.3.12, din etapa 2. Creșterea lui N_{10} este de circa 30%...180% până la nivelul apei freatice și de 100...300% sub cota nivelului apei freatice, deci de la -3,50 m în jos.

f. Acțiunea de îndesare a terenului de fundare de către vibroînțepările realizate în etapa a 2-a de îmbunătățire a fost extrem de benefică, indicând creșteri ale lui N_{10} între 5...15 lov/10 cm pentru toate celelalte 5 penetrări de control, figura 3.14; creșteri mai mici ale lui N_{10} cu 5...8 lov/10cm deci de 50%... 80% s-au constatat pe adâncimea cuprinsă între nivelul liber al terenului și nivelul apei freatice -3,50 m.

Creșteri mai mari, $N_{10}=7...15$ lov/10 cm, s-au constatat pentru zonele aflate sub nivelul apelor freatice, figurile 3.13 și 3.14, dar în procente mai mici 40%... 75%, deoarece N_{10} atinge la această adâncime valori $N_{10} \cong 20$ lov/10 cm după etapa 1 a îmbunătățirii.

Pentru calculul unor caracteristici geotehnice ale terenului îmbunătățit s-au utilizat relațiile existente în Instrucțiuni tehnice C176-84 și C159-89, prezentate în paragraful 3.2.1, [96], [97], [26].

S-au determinat diagramele medii de penetrare dinamică ușoară cu adâncimea pentru fiecare etapă de îmbunătățire a terenului pe principiul valorilor N_{10} apropiate și pe

FIG. 3.16 PENETRĂRI DE CONTROL MEDII ETAPA 2 A ÎMBUNĂTĂȚIRII TERENULUI BLOC B20, ȘC. A

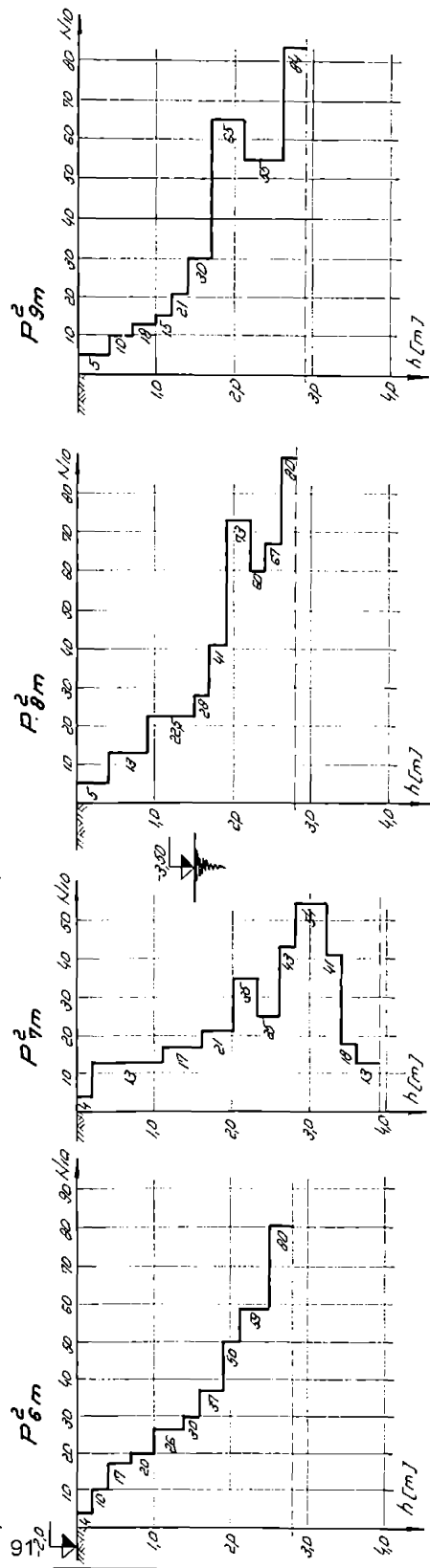
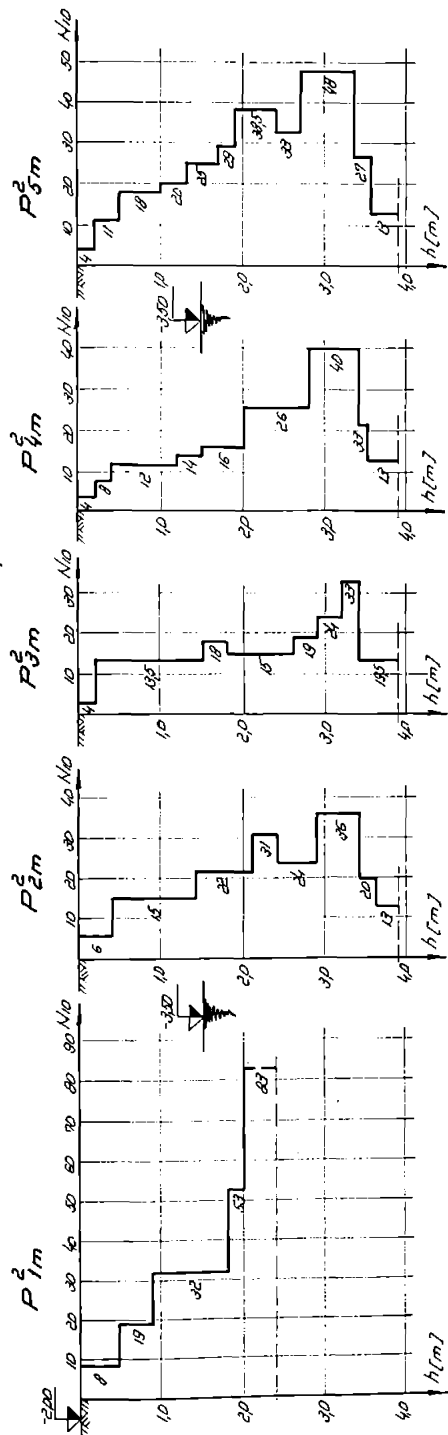


FIG. 3.17 VARIATIA INDICELUI PORILOR CU ADÂNCIMEA, BLOC B20, SC. A, ETAPA 1

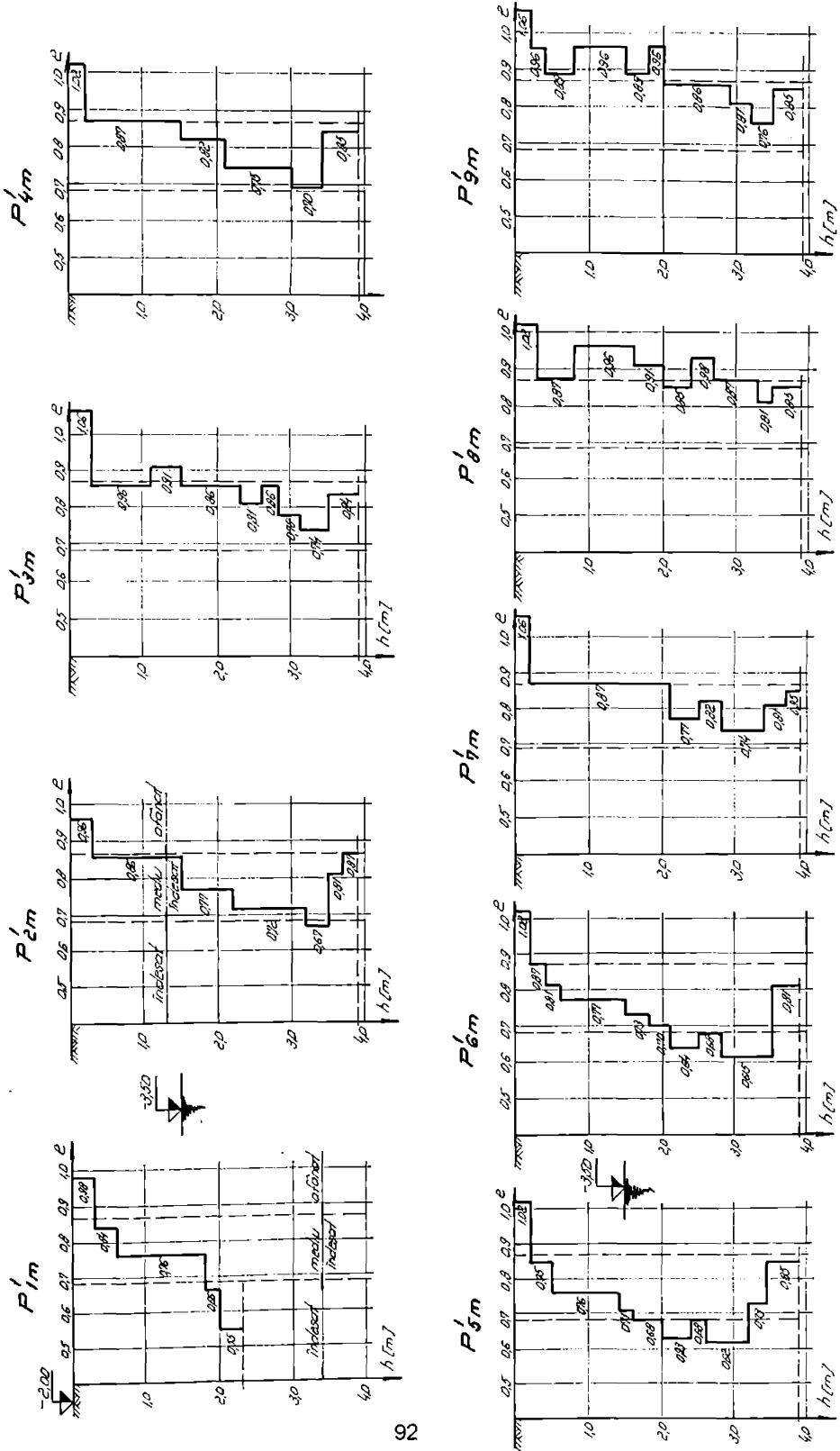


FIG. 3.18 VARIATIA INDICELUI PORILOR CU ADÂNCIMEA, BLOC B20, SC A, ETAPA 2

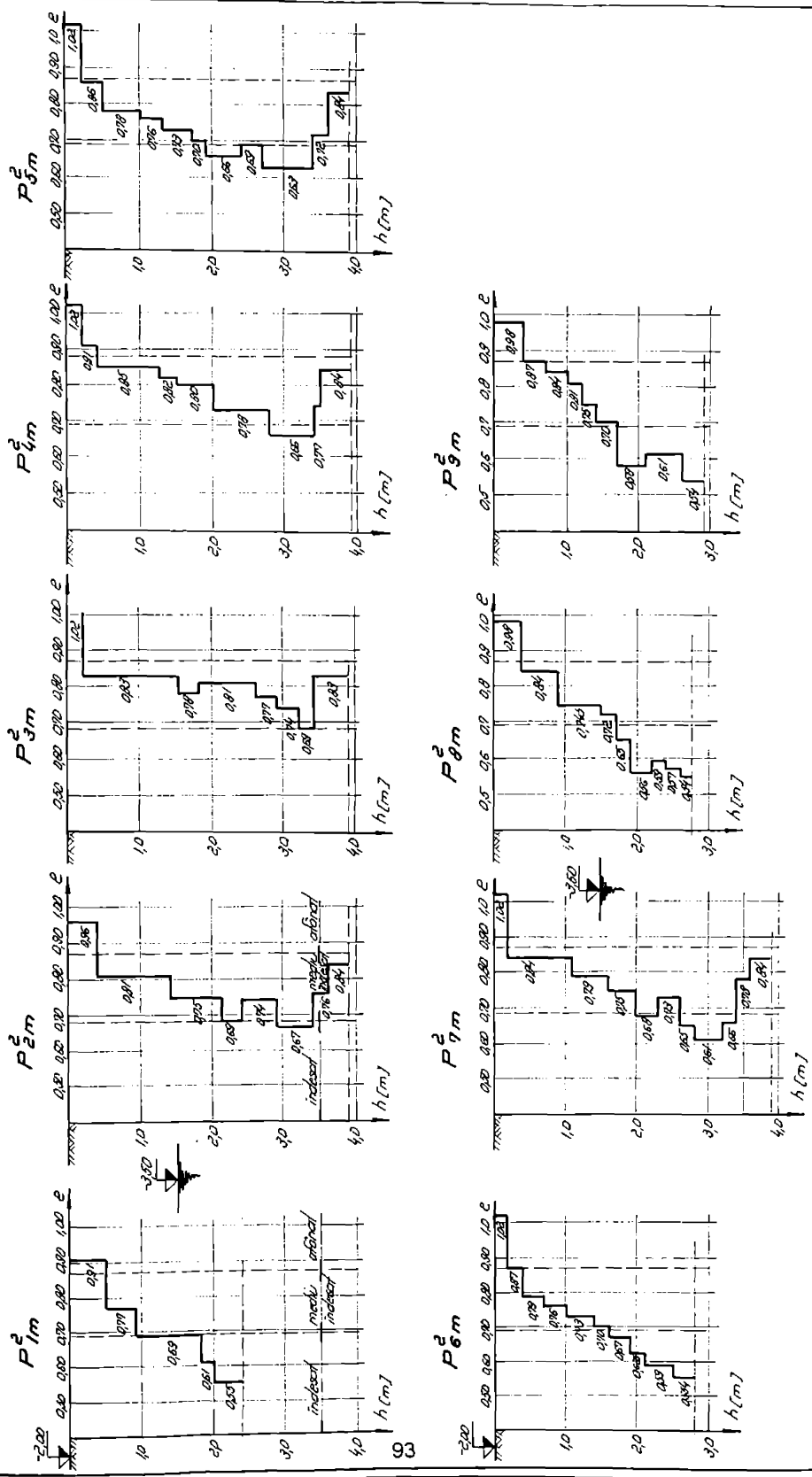


FIG. 3.19 VARIATIA GRADULUI DE INDESARE CU ADANCIMEA, BLOC B20, SC A - ETAPA 1

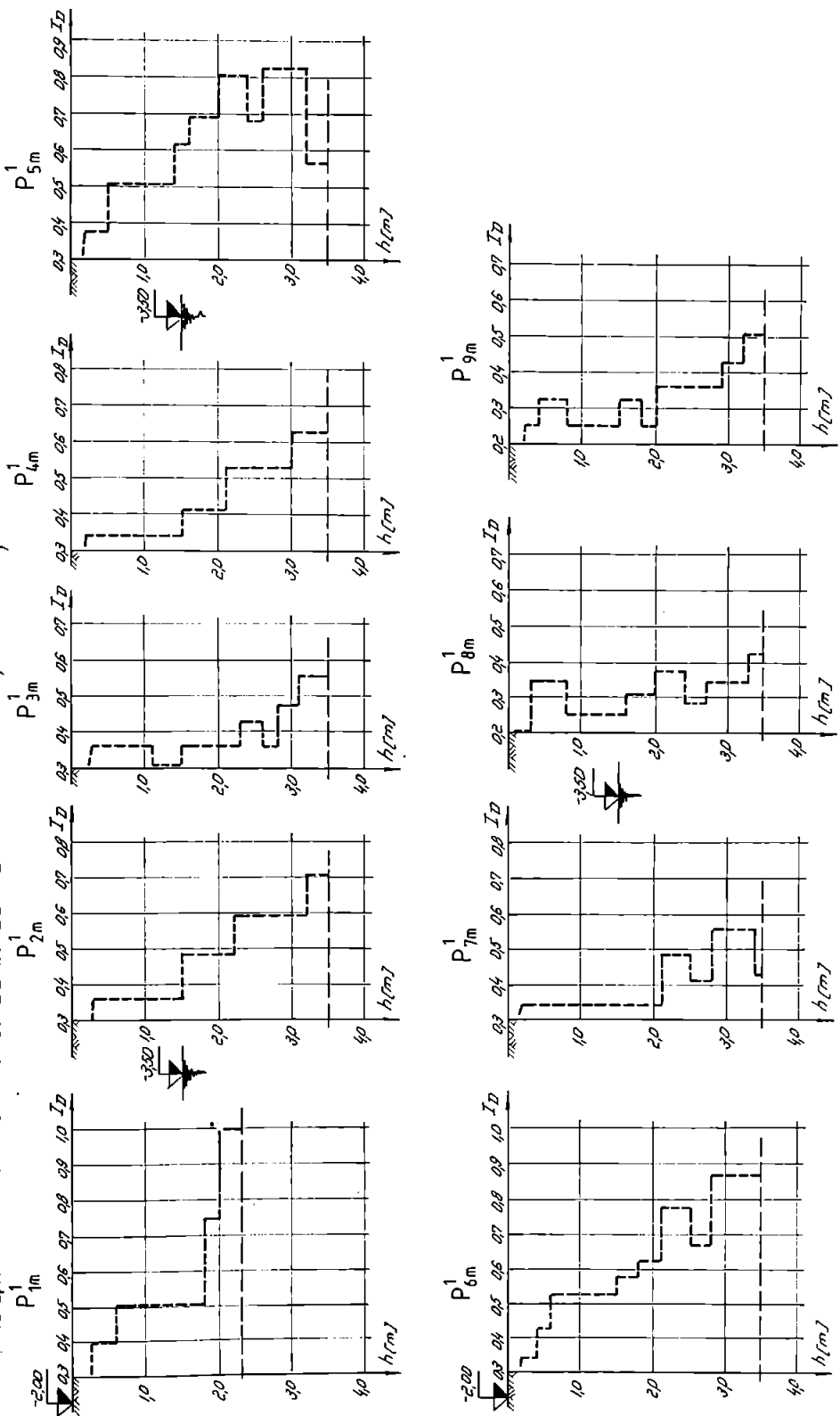
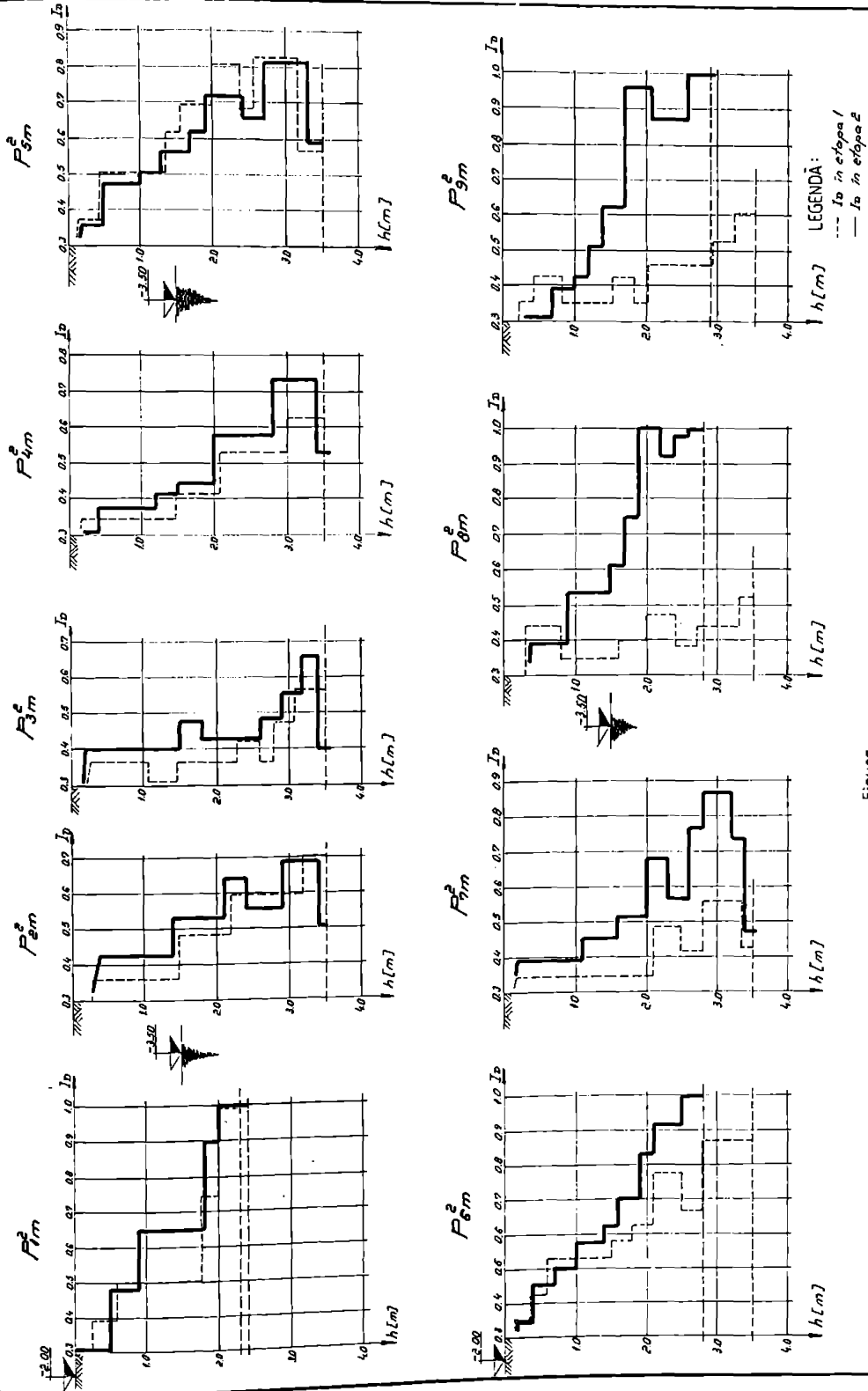


FIG 320 VARIATIA GRADULUI DE ÎNDESARE CU ADÂNCIMEA, BLOC B20, SC. A, ETAPA 1+2



Figura

TABELUL 3.9 CARACTERISTICI FIZICO - MECANICE PENTRU VALORI MEDII ALE PENETRĂRILOR
BLOC B 20, Sc. A, ETAPA 1

P^1_{1m}

h [m]	N ₁₀	R _p [daN/cm ²]	CARACTERISTICI FIZICO - MECANICE				
			e	n[%]	γ[kN/m ³]	E[kPa]	I ₀
0.50	13.0	26.39	0.84	45.7	14.38	8000	0.395
1.00	20.5	41.62	0.76	43.1	15.06	9000	0.508
1.50	20.5	41.62	0.76	43.1	15.06	9000	0.508
2.00	41.0	83.23	0.66	39.7	15.96	10000	0.747
2.50	87.0	176.6	0.55	35.5	17.05	12750	1.000
3.00							
3.50							
4.00							

P^1_{2m}

h [m]	N ₁₀	R _p [daN/cm ²]	CARACTERISTICI FIZICO - MECANICE				
			e	n[%]	γ[kN/m ³]	E[kPa]	I ₀
0.50	11	22.33	0.86	46.4	14.22	7700	0.360
1.00	11	22.33	0.86	46.4	14.22	7700	0.360
1.50	11	22.33	0.86	46.4	14.22	7700	0.360
2.00	19	38.57	0.77	43.4	14.97	9000	0.488
2.50	27	54.81	0.72	41.8	15.42	9400	0.593
3.00	27	54.81	0.72	41.8	15.42	9400	0.593
3.50	37	75.11	0.67	40.1	15.87	9900	0.706
4.00							

P^1_{3m}

h [m]	N ₁₀	R _p [daN/cm ²]	CARACTERISTICI FIZICO - MECANICE				
			e	n[%]	γ[kN/m ³]	E[kPa]	I ₀
0.50	10.5	21.31	0.865	46.5	14.17	7650	0.360
1.00	10.5	21.31	0.865	46.5	14.17	7650	0.360
1.50	8.0	16.24	0.910	47.9	13.83	7200	0.302
2.00	11.0	22.33	0.860	46.4	14.22	7700	0.360
2.50	14.5	29.44	0.810	44.7	14.68	8200	0.428
3.00	17.5	35.53	0.780	43.8	14.88	8600	0.474
3.50	24.0	48.72	0.740	42.5	15.24	9100	0.555
4.00							

P^1_{4m}

h [m]	N ₁₀	R _p [daN/cm ²]	CARACTERISTICI FIZICO - MECANICE				
			e	n[%]	γ[kN/m ³]	E[kPa]	I ₀
0.50	10	20.30	0.87	46.7	14.14	7600	0.342
1.00	10	20.30	0.87	46.7	14.14	7600	0.342
1.50	10	20.30	0.87	46.7	14.14	7600	0.342
2.00	14	28.42	0.82	45.1	14.54	8000	0.412
2.50	21	42.36	0.75	42.8	15.15	9000	0.530
3.00	21	42.36	0.75	42.8	15.15	9000	0.530
3.50	30	60.90	0.70	41.2	15.60	9600	0.628
4.00							

P^1_{5m}

h [m]	N ₁₀	R _p [daN/cm ²]	CARACTERISTICI FIZICO - MECANICE				
			e	n[%]	γ[kN/m ³]	E[kPa]	I ₀
0.50	12	24.36	0.885	46.10	14.30	7800	0.378
1.00	20	40.60	0.760	43.10	15.06	9000	0.502
1.50	29	58.87	0.710	41.50	15.32	9600	0.617
2.00	36	73.05	0.675	40.30	15.88	9850	0.692
2.50	35	71.05	0.680	40.50	15.78	9800	0.685
3.00	49	99.47	0.620	38.40	16.27	10400	0.825
3.50	25	50.75	0.730	42.20	15.33	9200	0.568
4.00							

P^1_{6m}

h [m]	N ₁₀	R _p [daN/cm ²]	CARACTERISTICI FIZICO - MECANICE				
			e	n[%]	γ[kN/m ³]	E[kPa]	I ₀
0.50	15	30.45	0.810	44.7	14.68	8250	0.428
1.00	19	38.57	0.770	43.4	14.97	9000	0.488
1.50	19	38.57	0.770	43.4	14.97	9000	0.488
2.00	30	60.90	0.700	41.2	15.60	9600	0.628
2.50	44	89.32	0.640	39.0	16.10	10400	0.777
3.00	53	107.6	0.615	38.1	16.30	10500	0.870
3.50	53	107.6	0.615	38.1	16.30	10500	0.870
4.00							

TABELUL 3.10 CARACTERISTICI FIZICO - MECANICE PENTRU VALORI MEDII ALE PENETRARIILOR BLOC B 20, Sc. A, ETAPA 1

P¹_{7m}

h [m]	N ₁₀	R _p [daN/cm ²]	CARACTERISTICI FIZICO - MECANICE				
			e	n[%]	γ[kN/m ³]	E[kPa]	I _b
0.50	10	20.30	0.87	46.7	14.14	7600	0.342
1.00	10	20.30	0.87	46.7	14.14	7600	0.342
1.50	10	20.30	0.87	46.7	14.14	7600	0.342
2.00	10	20.30	0.87	46.7	14.14	7600	0.342
2.50	19	38.57	0.77	43.4	14.97	9000	0.488
3.00	24	48.72	0.74	42.5	15.24	9100	0.555
3.50	15	30.45	0.81	44.7	14.68	8250	0.428
4.00							

P¹_{8m}

h [m]	N ₁₀	R _p [daN/cm ²]	CARACTERISTICI FIZICO - MECANICE				
			e	n[%]	γ[kN/m ³]	E[kPa]	I _b
0.50	10	20.30	0.87	46.7	14.14	7600	0.342
1.00	6	12.18	0.96	49.1	13.48	6500	0.250
1.50	6	12.18	0.96	49.1	13.48	6500	0.250
2.00	8	16.24	0.91	47.9	13.83	7200	0.302
2.50	7	14.21	0.93	48.4	13.69	6900	0.281
3.00	10	20.30	0.87	46.7	14.14	7600	0.342
3.50	15	30.45	0.81	44.7	14.68	8250	0.428
4.00							

P¹_{9m}

h [m]	N ₁₀	R _p [daN/cm ²]	CARACTERISTICI FIZICO - MECANICE				
			e	n[%]	γ[kN/m ³]	E[kPa]	I _b
0.50	9.0	18.27	0.890	47.4	13.98	7400	0.322
1.00	6.0	12.18	0.960	49.1	13.48	6500	0.250
1.50	6.0	12.18	0.960	49.1	13.48	6500	0.250
2.00	6.0	12.18	0.960	49.1	13.48	6500	0.250
2.50	10.5	21.31	0.885	46.5	14.17	7650	0.351
3.00	15.0	30.45	0.810	44.7	14.68	8250	0.428
3.50	20.0	40.60	0.760	43.1	15.06	9000	0.502
4.00							

TABELUL 3.11 CARACTERISTICI FIZICO - MECANICE PENTRU DIAGrame DE PENETRARE MEDII BLOC B 20, Sc. A, ETAPA 2

P^2_{1m}

h [m]	N ₁₀	R _p [daN/cm ²]	CARACTERISTICI FIZICO - MECANICE					
			e	n[%]	γ[kN/m ³]	E[kPa]	Φ [°]	I _D
0.50	8	16.24	0.91	47.9	13.83	7200	30.0	0.302
1.00	32	64.96	0.69	40.8	15.69	9700	34.1	0.651
1.50	32	64.96	0.69	40.8	15.69	9700	34.1	0.651
2.00	53	107.5	0.61	37.9	16.41	10450	35.7	0.900
2.50	83	168.4	0.55	35.3	17.09	12000	37.7	1.000
3.00								
3.50								
4.00								

P^2_{2m}

h [m]	N ₁₀	R _p [daN/cm ²]	CARACTERISTICI FIZICO - MECANICE					
			e	n[%]	γ[kN/m ³]	E[kPa]	Φ [°]	I _D
0.50	15	30.45	0.81	44.7	14.68	8250	31.5	0.428
1.00	15	30.45	0.81	44.7	14.68	8250	31.5	0.428
1.50	22	44.66	0.75	42.6	15.19	9050	32.9	0.530
2.00	22	44.66	0.75	42.6	15.19	9050	32.9	0.530
2.50	24	48.72	0.74	42.5	15.24	9100	33.1	0.555
3.00	36	73.08	0.67	40.1	15.87	9850	34.3	0.690
3.50	36	73.08	0.67	40.1	15.87	9850	34.3	0.690
4.00								

P^2_{3m}

h [m]	N ₁₀	R _p [daN/cm ²]	CARACTERISTICI FIZICO - MECANICE					
			e	n[%]	γ[kN/m ³]	E[kPa]	Φ [°]	I _D
0.50	13.5	27.40	0.83	45.4	14.47	8000	31.2	0.400
1.00	13.5	27.40	0.83	45.4	14.47	8000	31.2	0.400
1.50	13.5	27.40	0.83	45.4	14.47	8000	31.2	0.400
2.00	15.0	30.45	0.81	44.7	14.68	8250	31.5	0.428
2.50	15.0	30.45	0.81	44.7	14.68	8250	31.5	0.428
3.00	24.0	48.72	0.74	42.5	15.24	9100	33.1	0.555
3.50	33.0	66.99	0.69	40.8	15.69	9730	34.0	0.663
4.00								

P^2_{4m}

h [m]	N ₁₀	R _p [daN/cm ²]	CARACTERISTICI FIZICO - MECANICE					
			e	n[%]	γ[kN/m ³]	E[kPa]	Φ [°]	I _D
0.50	12	24.36	0.85	46.1	14.30	7800	30.9	0.378
1.00	12	24.36	0.85	46.1	14.30	7800	30.9	0.378
1.50	14	28.42	0.82	45.1	14.54	8200	31.3	0.412
2.00	16	32.48	0.80	44.4	14.70	8450	31.7	0.444
2.50	26	52.78	0.73	42.2	15.33	9160	33.5	0.581
3.00	40	81.20	0.66	39.7	15.96	10000	34.6	0.737
3.50	22	44.66	0.75	42.6	15.19	9050	33.0	0.530
4.00								

P^2_{5m}

h [m]	N ₁₀	R _p [daN/cm ²]	CARACTERISTICI FIZICO - MECANICE					
			e	n[%]	γ[kN/m ³]	E[kPa]	Φ [°]	I _D
0.50	11.0	22.33	0.86	46.4	14.22	7700	30.7	0.360
1.00	18.0	36.54	0.78	43.8	14.68	8600	32.1	0.474
1.50	25.0	50.75	0.73	42.2	15.33	9125	33.3	0.568
2.00	38.5	78.16	0.68	39.7	15.96	9960	33.6	0.722
2.50	38.5	78.16	0.66	39.7	15.96	9960	33.6	0.722
3.00	48.0	97.44	0.63	38.6	16.23	10400	35.4	0.815
3.50	27.0	54.81	0.72	41.8	15.42	9300	33.5	0.593
4.00								

P^2_{6m}

h [m]	N ₁₀	R _p [daN/cm ²]	CARACTERISTICI FIZICO - MECANICE					
			e	n[%]	γ[kN/m ³]	E[kPa]	Φ [°]	I _D
0.50	17	34.51	0.790	44.1	14.79	8600	32.0	0.459
1.00	20	40.60	0.760	43.1	15.06	9000	32.5	0.502
1.50	30	60.90	0.700	41.2	15.80	9600	33.7	0.628
2.00	50	101.5	0.625	38.4	16.27	10400	35.5	0.834
2.50	59	119.7	0.590	37.1	16.81	10800	36.1	0.914
3.00	80	162.4	0.554	35.6	17.03	12000	37.4	1.000
3.50								
4.00								

TABELUL 3.12 CARACTERISTICI FIZICO – MECANICE PENTRU DIAGrame DE PENETRARE MEDII BLOC B 20, Sc. A, ETAPA 2

P^2_{7m}

h [m]	N ₁₀	R _p (daN/cm ²)	CARACTERISTICI FIZICO - MECANICE					
			e	n[%]	γ _(kN/m³)	E[kPa]	φ [°]	I _b
0.50	13	26.39	0.84	45.7	14.38	8000	31.1	0.395
1.00	13	26.39	0.84	45.7	14.38	8000	31.1	0.395
1.50	17	34.51	0.79	44.1	14.79	8600	32.0	0.459
2.00	21	42.63	0.75	42.6	15.19	9000	32.7	0.516
2.50	25	50.75	0.73	42.3	15.27	9125	33.3	0.568
3.00	54	109.6	0.61	37.9	16.41	10450	35.7	0.870
3.50	18	36.54	0.78	43.8	14.88	8600	32.1	0.474
4.00								

P^2_{8m}

h [m]	N ₁₀	R _p (daN/cm ²)	CARACTERISTICI FIZICO - MECANICE					
			E	n[%]	γ _(kN/m³)	E[kPa]	φ [°]	I _b
0.50	13.0	26.39	0.840	45.7	14.38	8000	31.1	0.395
1.00	22.5	45.68	0.745	42.6	15.19	9070	32.9	0.536
1.50	22.5	45.68	0.745	42.6	15.19	9070	32.9	0.536
2.00	73.0	148.1	0.560	35.8	16.94	11100	37.3	1.000
2.50	67	136.0	0.570	36.2	16.83	10800	36.4	0.981
3.00								
3.50								
4.00								

P^2_{9m}

h [m]	N ₁₀	R _p (daN/cm ²)	CARACTERISTICI FIZICO - MECANICE					
			e	n[%]	γ _(kN/m³)	E[kPa]	φ [°]	I _b
0.50	10	20.30	0.87	46.7	14.14	7600	30.5	0.342
1.00	13	26.39	0.84	45.7	14.38	8000	31.1	0.395
1.50	30	60.90	0.70	41.2	15.60	9600	33.7	0.628
2.00	65	131.9	0.58	36.7	16.72	10850	36.4	0.965
2.50	55	111.6	0.61	37.9	16.41	10500	35.7	0.879
3.00	84	170.5	0.54	35.0	17.16	12750	37.5	1.000
3.50								
4.00								

adâncimea variabilă, figurile 3.15 și 3.16, pe baza cărora s-au determinat valorile e , $n\%$, γ_d , E , I_D și Φ prezentate în tabelele 3.9...3.12. În figurile 3.17 și 3.18 sunt reprezentate variațiile indicelui porilor cu adâncimea pentru etapa 1 și 2 a îmbunătățirii terenului de fundare .

Diagramele pun în evidență efectul îndesării în adâncime a terenului de fundare prin valori ale lui $e \leq 0,77$, de la adâncimea de $-2,50 \dots - 3,20$ m în jos, ceea ce corespunde unei valori $N_{10} \geq 20$ lov/10 cm și unui $I_D \geq 0,50$. Dreptele verticale corespunzătoare pentru $e=0,88$ și $e=0,69$ (pentru $N_{10}=10$ lov/10 cm și $N_{10}=33$ lov/10 cm) delimitează stările afânate, de îndesare medie și cele îndesate în care se găsește complexul nisipos pe adâncimea îmbunătățită.

În figurile 3.19 și 3.20 sunt reprezentate diagramele de variație cu adâncimea ale gradului de îndesare, după etapa 1 și 2 a îmbunătățirii terenului. Aceste diagrame au fost reprezentate cu ajutorul diagramei medii de penetrare N_{10} din figurile 3.15 și 3.16.

Variațiile gradului de îndesare pun în evidență efectul îndesării complexului nisipos, efect de îndesare ce este interpretat în paragraful 3.2.2. și a căror suprapunere este reprezentată în fig 3.20.

Caracteristicile geotehnice calculate cu ajutorul relațiilor din instrucțiunile C159-89 și C176-84, prezentate în paragraful 3.2.1, sunt redată centralizat în tabelele 3.9...3.12.

3.2.2. Studii de interpretare a rezultatelor experimentale de teren obținute pe amplasamentul blocului de locuințe B 20, sc. A.

Pe amplasamentul blocului de locuințe B 20, sc.A, Calea Aurel Vlaicu, Arad au fost executate un număr de 86 de vibroînțepări ale terenului de fundare în două etape de îmbunătățire. În etapa 1 au fost executate 50 de vibroînțepări ale terenului de fundare dificil, iar în etapa a 2-a au fost executate un număr de 36 de vibroînțepări ale terenului. Aceste vibroînțepări au fost dispuse în colțurile a două rețele pătrate cu latura $l=3,00$ m, rețele decalate pe fiecare direcție cu $1,50$ m, fiind prezentate ca dispunere în figura nr. 3.4 Tehnologia de realizare a vibroînțepărilor cu adaos de apă de la suprafața terenului până la inundarea punctului de vibroînțepare este prezentată în figura 3.10.

Cota săpăturii generale este situată la $-2,00$ m față de suprafața liberă a terenului natural și coincide cu cota radierului general. La această cotă s-a așternut un strat de balast în grosime de 40 cm. Astfel, grosimea stratului de fundare dificil ce a fost îmbunătățit prin vibroînțepare este $h=3,90$ m, fiind alcătuită dintr-un strat de $3,50$ m de teren natural nisipos afânat și $0,40$ m de balast.

În timpul execuției vibroînțepărilor, în terenul natural de fundare, în jurul tijei

echipamentului de vibroîntepare s-au format depresiuni ale terenului sub formă de pâlnii cu adâncimea de 50...55 cm și cu un diametru cuprins între 1,40...1,70 m. După nivelarea amplasamentului îmbunătățit s-a constatat o tasare generală $\Delta h=0,40$ m, ceea ce corespunde unei reduceri a grosimii inițiale a complexului nisipos afânat cu 10,25% și dovedește o îndesare a terenului aflat inițial într-o stare afânată, fig.3.21.

Pentru calculul și stabilirea caracteristicilor fizico-mecanice ale terenului îmbunătățit s-au stabilit diagrame de penetrare dinamică ușoară medii reprezentate grafic în figurile nr 3.15 (etapa1)și 3.16 (etapa2). Acestea s-au calculat ca medii pe adâncime variabilă în funcție de valorile N_{10} obținute în urma testării calității terenului îmbunătățit în cadrul celor două etape.

Cu ajutorul diagramelor de penetrare medii s-au stabilit valorile e, n, γ, ϕ, E și I_b înscrise în tabelele nr.3.9...3.12, folosind relațiile din C159-89, [96].

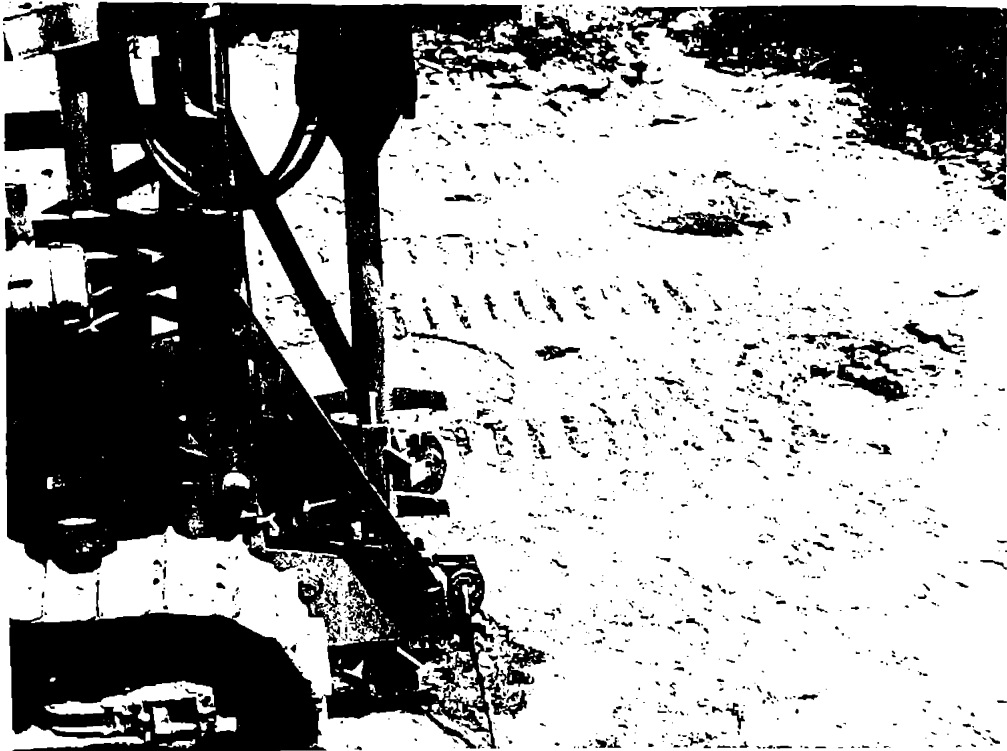


Fig.3.21 Depresiuni create prin vibroîntepare la suprafața liberă a terenului îmbunătățit (Imagini de pe șantierul experimental)

Valorile parametrilor geotehnici din tabelele nr.3.9...3.12 s-au calculat din 0,5 m în 0,5 m pe adâncimea stratului nisipos.

Pentru aprecierea stării de îndesare în terenul de fundare îmbunătățit s-au prezentat grafic valorile gradului de îndesare I_D , în figurile 3.19 și 3.20, stabilite în tabelele nr.3.9...3.12

În cazul reprezentării grafice a gradului de îndesare din fig.3.19. și 3.20, s-au folosit și valorile intermediare ale penetrării dinamice medii stabilite în fig.3.15 și 3.16, pentru ca I_D să reprezinte o variație continuă pe adâncimea îmbunătățită. În figurile nr. 3.20 valorile gradului de îndesare ale terenului îmbunătățit, stabilite pentru etapa 1 și etapa 2, sunt suprapuse pentru evidențierea și stabilirea sporului de îndesare realizat.

În conformitate cu figurile 3.19 și 3.20 s-au poziționat în terenul de fundare punctele în care gradul de îndesare (I_D) are valori de 0,33, 0,50 și 0,66, figurile 3.22, 3.23, 3.24, și 3.25. Aceste puncte au fost fixate pe baza variației gradului de îndesare pe adâncimea fiecărei penetrări medii în parte, $P_{1m}^i \dots P_{9m}^i$. Fiecare penetrare medie a fost parcursă pe adâncimea sa iar pentru valorile $I_D=0,33$, 0,50, sau 0,66 s-au reținut și fixat cotele de adâncime la care aceste valori au fost întâlnite. Aceste cote s-au fixat prin puncte în fig.3.22... 3.25.

În cazul unor salturi bruște pentru I_D care cuprind și valorile fixate în teren, se consideră că la nivelul respectiv de adâncime terenul are gradul de îndesare cuprins în salt.

Dacă gradul de îndesare are o valoare constantă pe adâncimea de penetrare, atunci punctul caracteristic se fixează în teren la mijlocul adâncimii de valoare constantă.

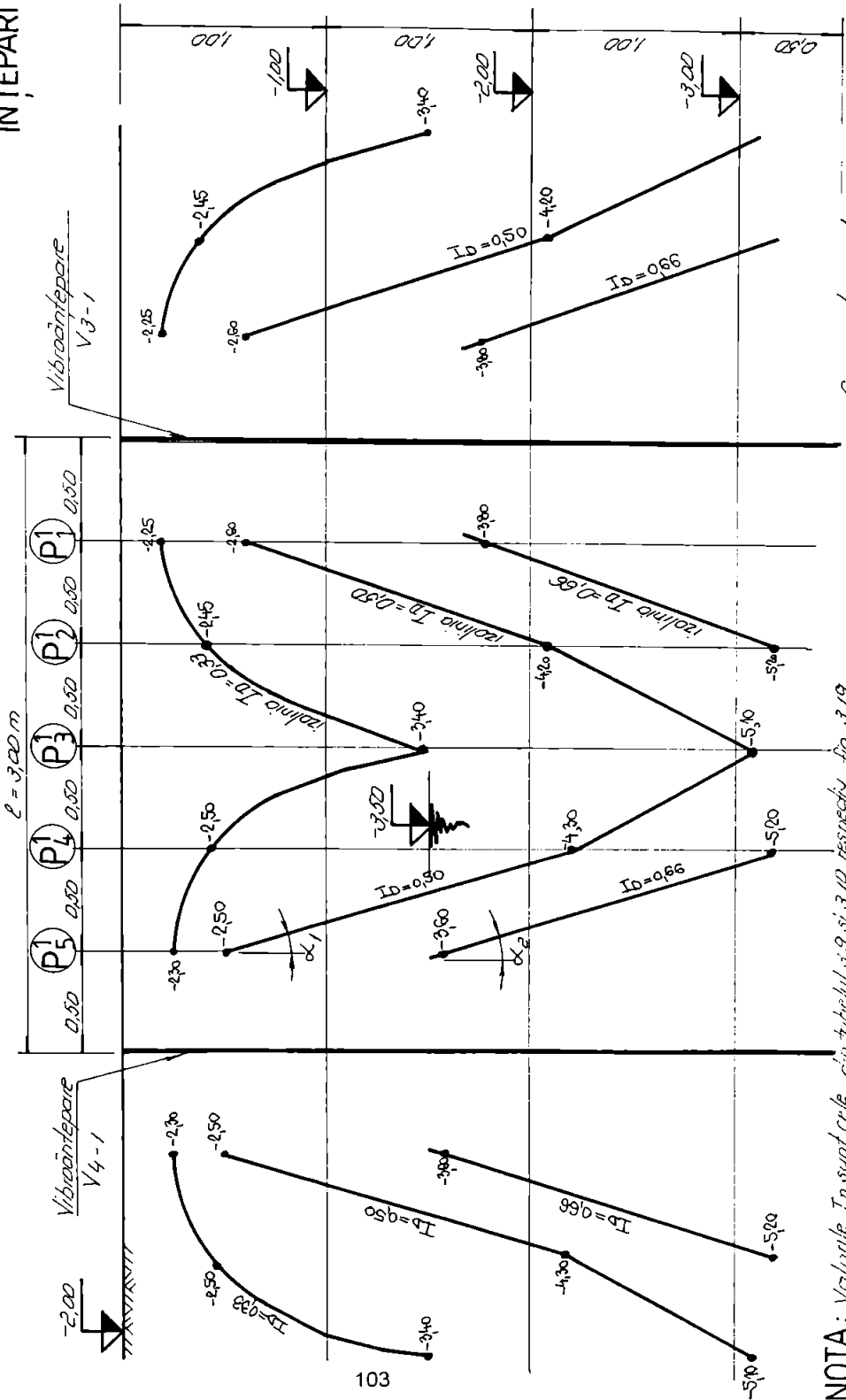
În figurile nr. 3.22...3.25 s-au înscris cotele de adâncime din teren unde se întâlnesc valorile I_D menționate.

În aceste figuri s-au reprezentat secțiuni verticale ale terenului de fundare în lungul laturii unui careu de îmbunătățire (fig.3.22 și 3.24) și în lungul diagonalei de îmbunătățire (fig.3.23 și 3.25). Prin unirea punctelor de egală valoare a gradului de îndesare din terenul de fundare se obțin izoliniile pentru $I_D=0,33$, $I_D=0,50$ și $I_D=0,66$. Aceste izolinii delimitează volumele de pământ din terenul de fundare în funcție de starea de îndesare în care se găsesc după executare îmbunătățirii complexului nisipos și anume starea afânată, starea de îndesare medie și starea îndesată.

Cu ajutorul izoliniilor construite în figurile nr.3.22, 3.23, 3.24 și 3.25 s-au stabilit zonele laterale de extindere a compactării terenului de fundare în jurul punctelor de vibroîntepare a terenului în cele două faze de îmbunătățire, fig. nr. 3.26 și 3.27, sub forma unor cercuri de egal grad de îndesare. Aceste cercuri au fost construite prin măsurarea distanțelor de la verticala punctului de vibroîntepare până la izoliniile $I_D= 0,33$, $I_D= 0,50$, $I_D=0,66$, existente la cotele de $-3,00$, $-4,00$ și $-5,00$ m din figurile 3.22 și 3.24.

Din analiza și interpretarea diagramelor de penetrare dinamică ușoară, fig.3.13și 3.14, executate în terenul de fundare îmbunătățit în două etape prin vibroîntepare cu adaos

FIG 3.22 IZOLINIILE ALE GRADULUI DE INDESARE I_D , BLOC B 20, SC. A - ET. 1 (INTRE 2 VIBRO INTEPARI)



NOTA: Valorile I_D sunt cele din tabelul 3.9 și 3.10 respectiv fig. 3.19

Scara: $4 \text{ cm} = 1 \text{ m}$

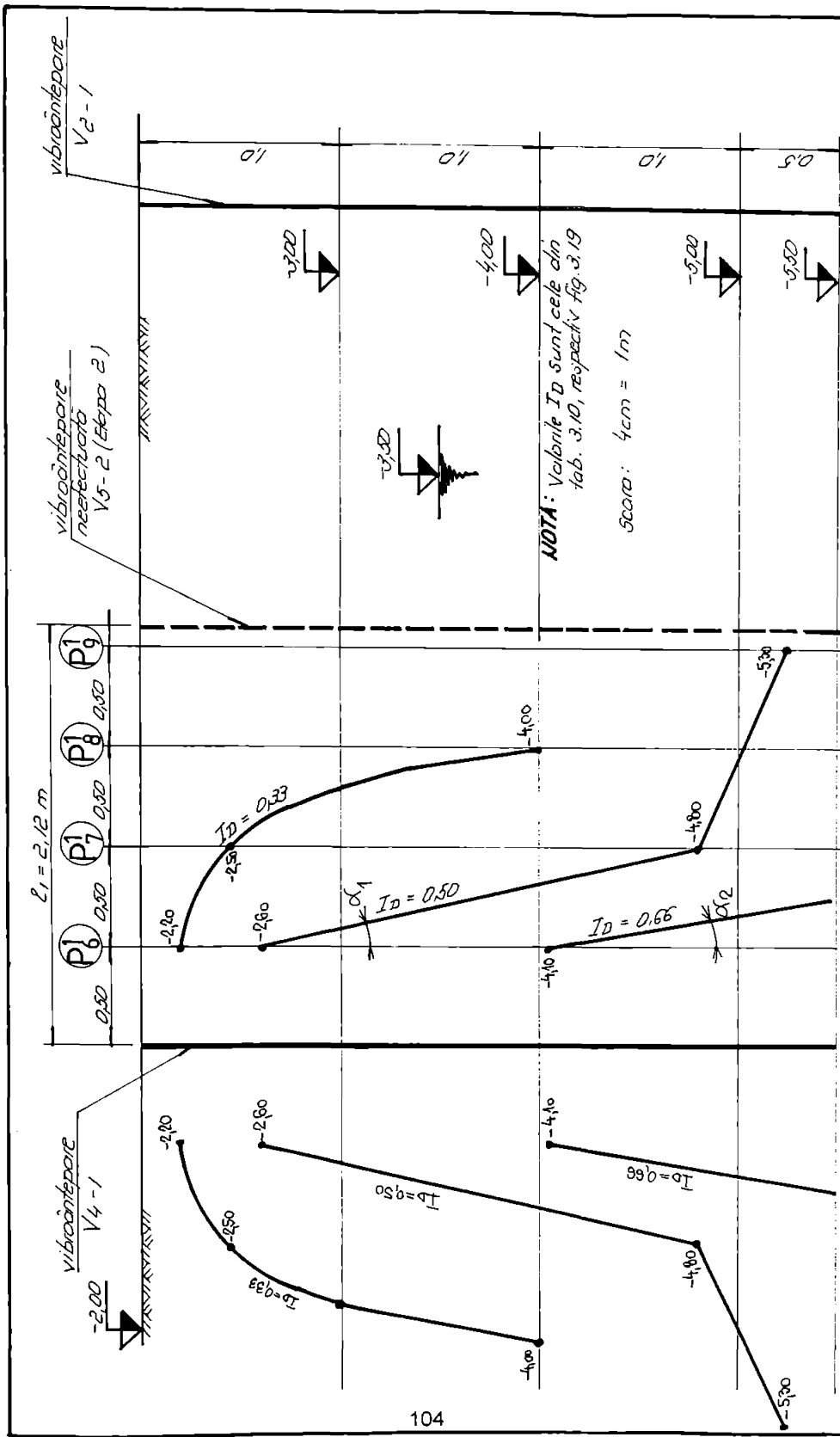
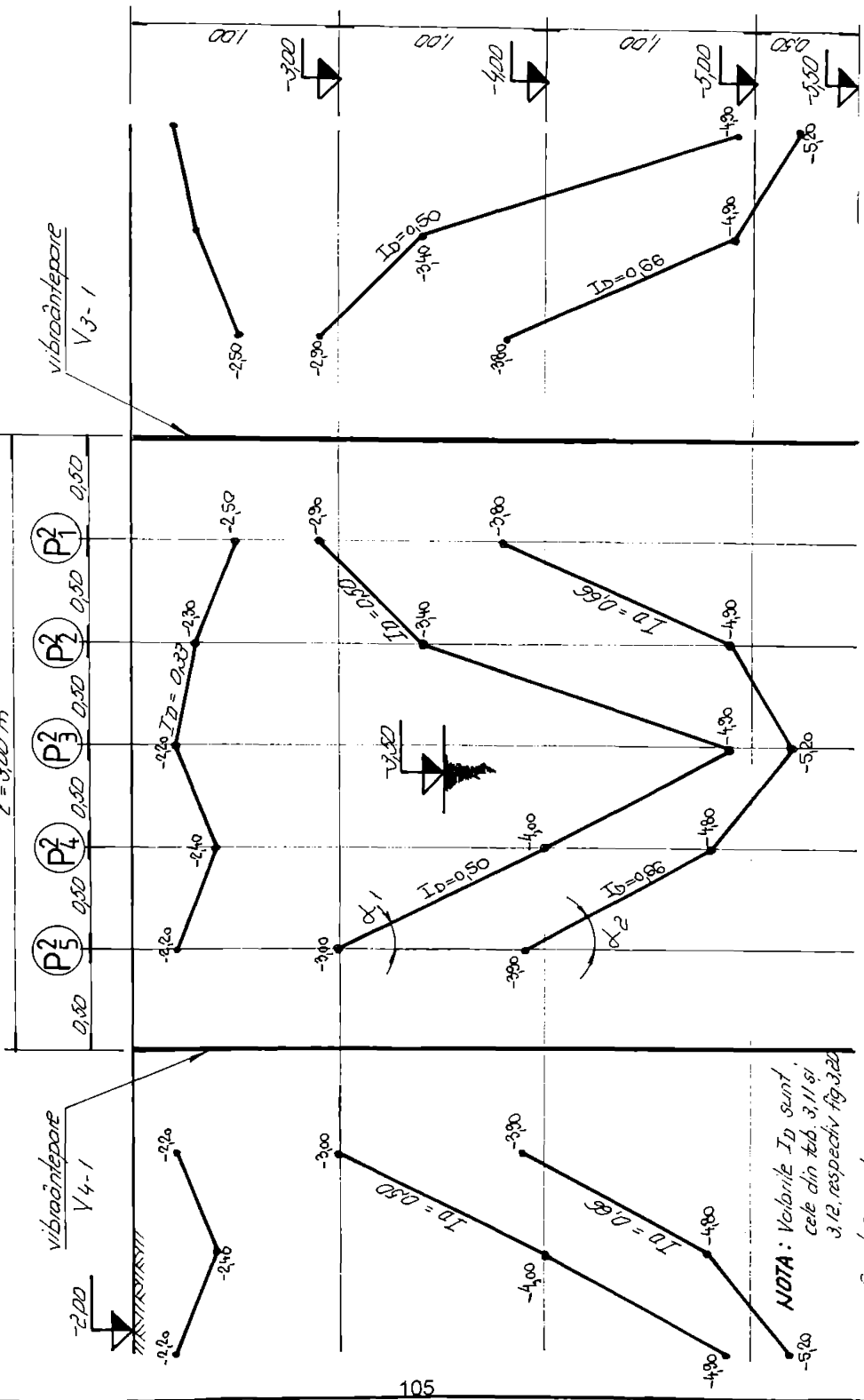


FIG 3.23 IZOLINIILE ALE GRADULUI DE INDESARE I_D BLOC B20, SC.A, ETAPA 1 IN LUNGUL DIAG.

$l = 3,200 \text{ m}$

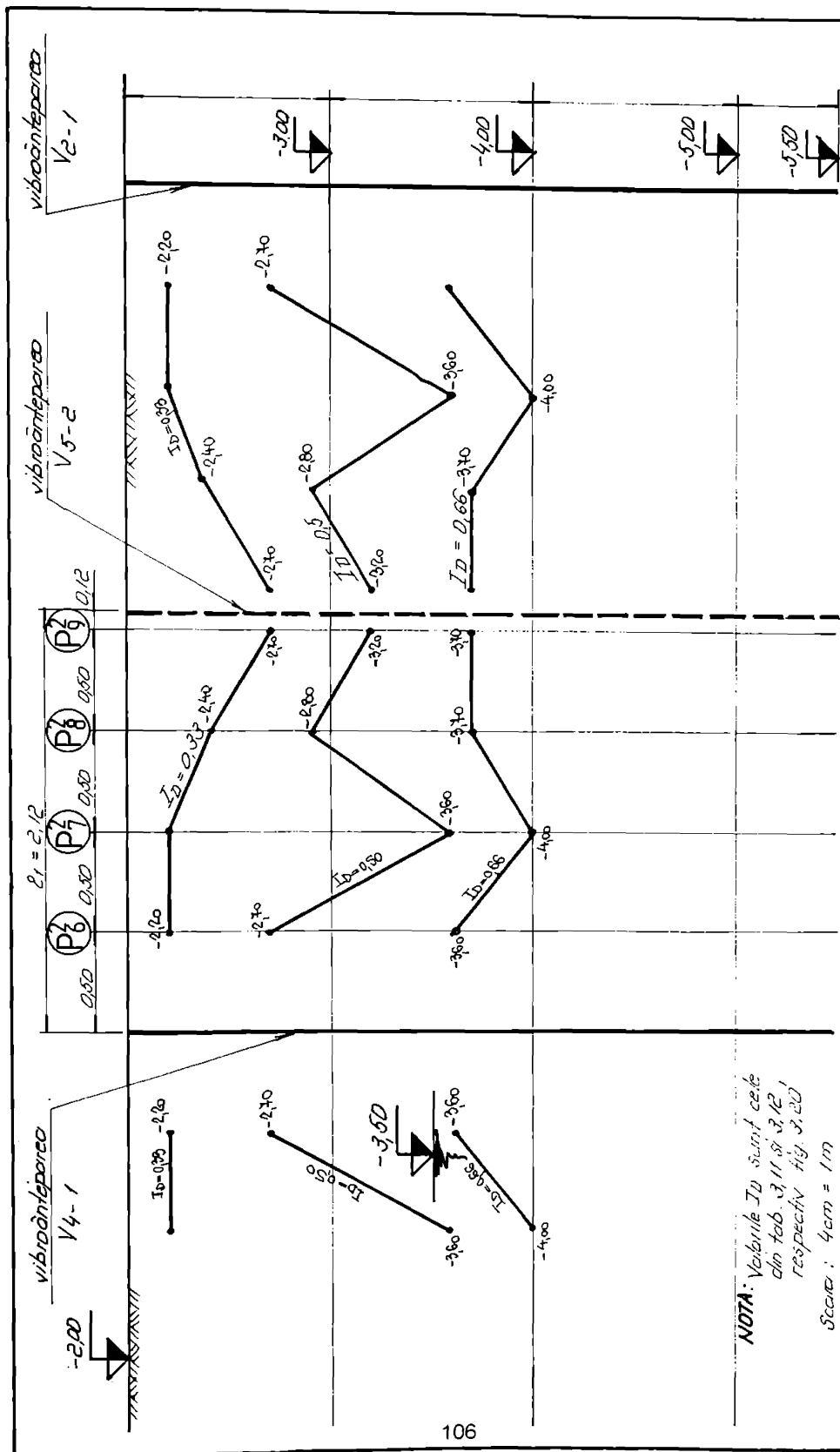


NOTA: Valurile I_b sunt cele din tab. 3.11 și 3.12, respectiv fig. 3.22

$\delta_c = 4 \text{ cm} = 1 \text{ cm}$

IZOLINII I_b BLOC B 20, SC A - ETAPA 2

Fig. 3.24



NOTA: Valorile I_D sunt cele
din tab. 3.11 și 3.12,
respectiv fig. 3.20
Secția: 4cm = 1m

Fig. 3.25 IZOLINIILE ALE GRADULUI DE INDESARE BLOC B20, SC.A-E TAPA 2 (IN LUNGUL DIAG.)

de apă și cu ajutorul valorilor caracteristicilor fizico-mecanice stabilite în tabelele nr.3.9...3.12 dar și cu figurile 3.22...3.25 ce reprezintă izoliniile din terenul de fundare se desprind următoarele observații și constatări experimentale:

a. În jurul punctelor de vibroîntepare a terenului de fundare se formează zone cu raze variabile și crescătoare cu adâncimea a căror grad de îndesare este $I_D \geq 0,50$, fig. 3.26 3.27

b. După executarea vibroîntepărilor din etapa 1 se constată că în terenul de fundare zonele cu grad de îndesare $I_D \geq 0,50$ încep de la cota de $-2,50$ m (din cauza inundării cu apă și anularea angrenajului capilar) unde au o rază $r_1=0,50$ m și se limitează în adâncime la cota de $-5,50$ m unde se întâlnește stratul de argilă și prezintă o rază de $r_2=1,45$; aceste izolinii ale lui $I_D=0,50$ prezintă o înclinare α_1 față de verticala egală cu $\alpha_1=14^\circ \dots 19^\circ$ în suprafață și se mărește în adâncime la o valoare $\alpha_1=25^\circ \dots 29^\circ$, având valori mai mici pentru α_1 în lungul diagonalei careului unde vibroînteparea alăturată se situează la distanța de $l_1=4,24$ m, fig. 3.22 și 3.23.

c. Volumul de teren în care starea de îndesare este mai mică decât $0,33$ se extinde între vibroîntepări până la cota de $-3,50$ m în lungul laturii $l = 3,00$ m și la peste $-4,00$ m adâncime în lungul diagonalei careului;

d. Zonele de teren delimitate de izoliniile $I_D=0,66$ au forma unor trunchiuri de con cu $\alpha_2=15^\circ \dots 20^\circ$ și încep de la adâncimea de $-3,50 \dots -4,00$ m, raza $r_1= 0,50$ m la partea superioară și $r_2=0,75 \dots 1,25$ m la cota de $- 5,50$ m unde se întâlnește stratul de argilă;

e. După executarea vibroîntepărilor din etapa a 2-a (la intersecția diagonalelor careului cu latura $l=3,00$ m) s-a constatat că un volum redus din suprafață, până la cota de $-2,50$ m, prezintă un grad de îndesare mai mic decât valoarea $I_D=0,33$;

f. Izoliniile gradului de îndesare $I_D=0,50$ prezintă acum o înclinare $\alpha_1 \cong 30^\circ$ extinzându-se la cota de $-5,50$ m până la o rază de $r_2=1,70 \dots 1,90$ m ceea ce denotă o mărire a volumului de teren compactat în prima etapă de îmbunătățire;

g. Izoliniile gradului de îndesare $I_D=0,66$ au aceeași tendință ca și cele pentru $I_D=0,50$, deci tind către un unghi cu verticala $\alpha_2 \cong 30^\circ$ și razele se extind la $r_2=1,60 \dots 1,75$ m la cota de $-5,50$ m, fig. 24;

h. În jurul vibroîntepărilor din etapa a 2-a (de la intersecția diagonalelor) terenul de fundare are sub forma unui cilindru de teren foarte compactat de la adâncimea de $r=1,00$ m în jos, cu o rază de $r=1,00$ m, în care starea de îndesare este mai mare decât $I_D \geq 5,50$, iar de la adâncimea de $-3,75$ m terenul pe toată lungimea diagonalei, are gradul de îndesare $I_D \geq 0,66$, fig.3.25.

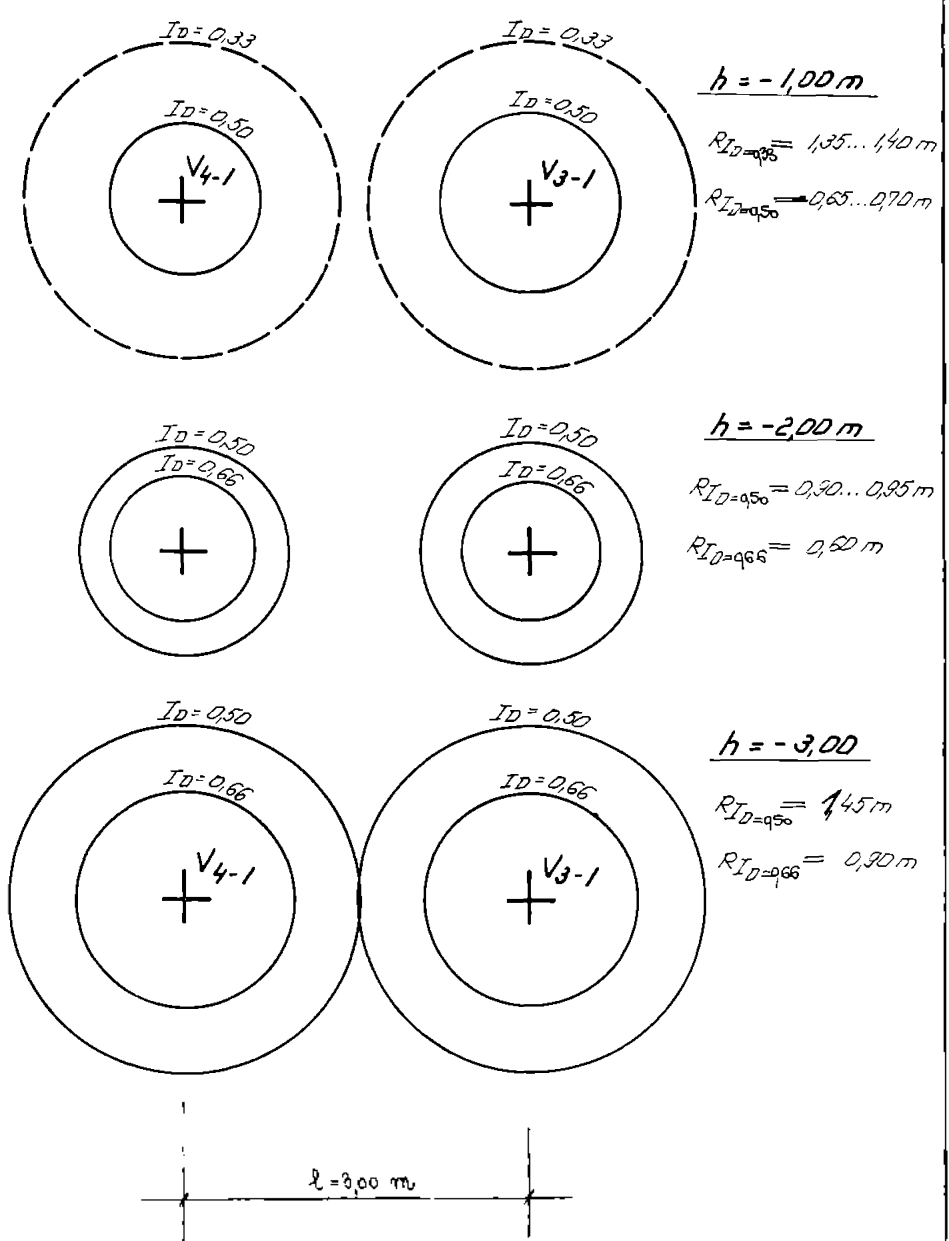


Fig. 3.26 INFLUENȚA ÎNBUNĂȚĂRII ÎN TERENUL DE FUNDARE, BLOC B 20, SC A, ETAPA 1

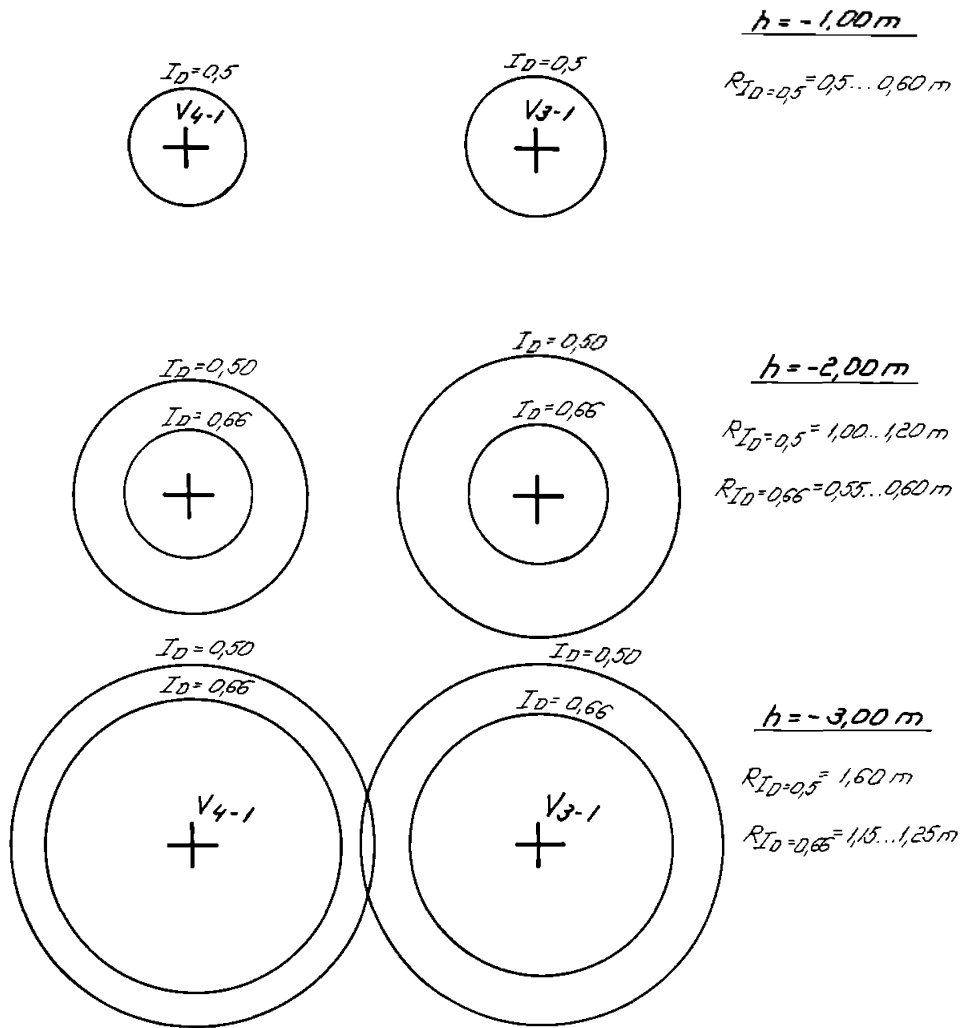


Fig. 3.27 INFLUENTA INBUNATATIRII IN TERENUL DE FUNDARE, BLOC B 20, SC.A, ETAPA 2

i. Volumul inițial de teren ce a fost îmbunătățit prin vibroînțepare, corespunzător rețelei cu latura $l=3,00$ m, a fost $V_i= 3,0 \times 3,0 \times 3,90=35,10$ mc volum care în urma lucrărilor de compactare ajunge la valoarea finală $V_f=3,0 \times 3,0 \times 3,50=31,50$ mc; această reducere de volum cu 3,6 m, deci 10,25% se produce ca urmare a reducerii porozității inițiale, concretizată printr-o tasare a suprafeței libere a terenului cu 0,40 m, din acest volum de teren îmbunătățit un volum de $19,20$ m³ este reprezentat de complexul nisipos ce are gradul de îndesare $I_D \geq 0,50$, deci un procent de 61%, iar ternul cu grad de îndesare $I_D \geq 0,66$, reprezintă un volum de 9,82 mc ceea ce reprezintă 31,17% din volumul unui careu,

j. Compactarea prin vibroînțepare cu adaos de apă a terenului de fundare de pe amplasamentul blocului B20, sc.A a însemnat o creștere a gradului de îndesare cu peste 70%, o descreștere a indicelui porilor de la $e_i=0,87$ la $e_f=0,63$ cu circa 27%, porozitatea prezintă o descreștere cu 18% de la 46,7% la 38,4% iar unghiul frecării interioare ajunge la $\phi=31^\circ \dots 37,3^\circ$.

Aceste îmbunătățiri ale caracteristicilor terenului de fundare de pe amplasamentul blocului B20, Sc.A prin folosirea vibroînțepării cu adaos de apă până la inundarea punctului de vibroînțepare au permis autorului prezentei lucrări să recomande executantului folosirea acestei tehnologii, pentru care a acordat și asistență tehnică, și la îmbunătățirea terenului de fundare de pe amplasamentul blocurilor de locuit B20, Sc.B, B21, B22 din Calea Aurel Vlaicu din municipiul Arad, [85], [86].

3.3. CERCETĂRI EXPERIMENTALE ASUPRA TERENULUI ÎMBUNĂTĂȚIT LA BLOCUL B 20 Sc.B

3.3.1. Studii cu privire la verificarea calității terenului îmbunătățit pentru blocul B20, Sc.B

Stratificația terenului de fundare pentru blocul B20, Sc.B este aceeași (cu unele mici excepții) cu a amplasamentului pentru scara A și a fost prezentată în paragraful 3.2.1. Stabilirea caracteristicilor fizico-mecanice și aprecierea stării de îndesare a complexului nisipos din amplasamentul scării B s-a bazat pe cele 5 (cinci) penetrări dinamice ușoare inițiale efectuate și pentru această scară și sunt prezentate în fig.3.28. Valorile N_{10} se situează în jurul valorii $N_{10}=10$ lov/10 cm.

Starea inițială a terenului de fundare este caracterizată printr-o porozitate inițială

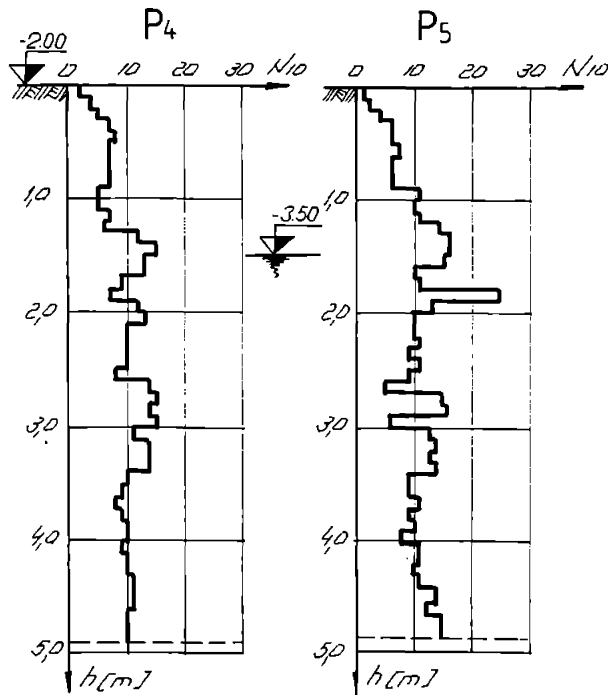
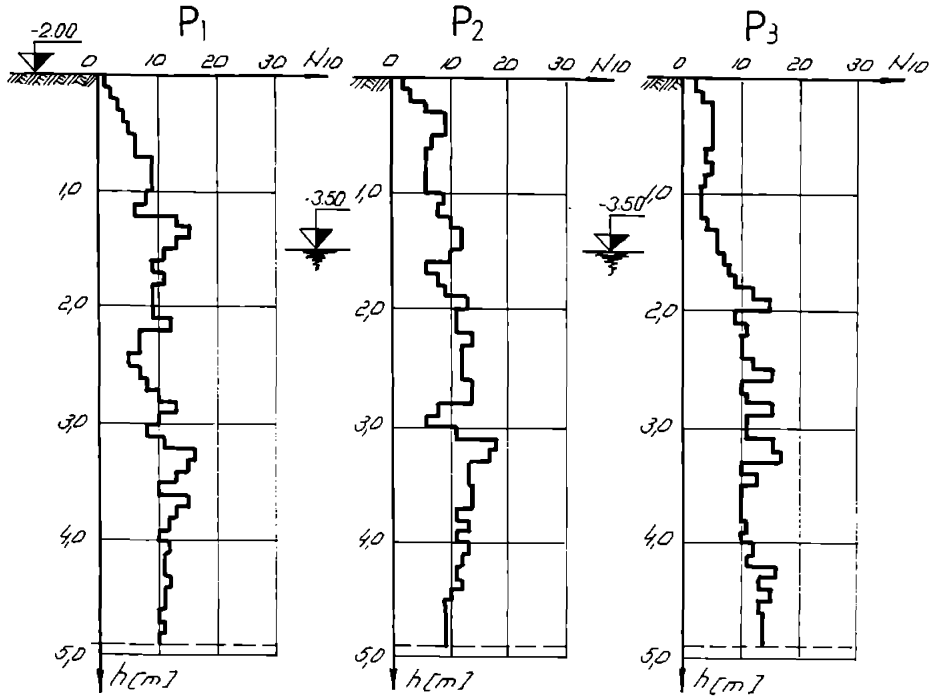


FIG.3,28 PENETRARI INIZIALI IN TEREN NATURAL -BLOC B20,SC B

TABELUL 3.13 CARACTERISTICI FIZICO-MECANICE ALE TERENULUI NATURAL BLOC B 20, Sc.B

P₁

h [m]	N ₁₀	R _p [daN/cm ²]	CARACTERISTICI FIZICO-MECANICE				
			e	n[%]	γ[kN/m ³]	E[kPa]	I _D
0.50	5	10.15	0.98	49.5	13.34	6250	0.234
1.00	9	18.27	0.89	47.4	13.98	7400	0.322
1.50	11	22.33	0.86	46.4	14.22	7700	0.360
2.00	9	18.27	0.89	47.4	13.98	7400	0.322
2.50	7	14.21	0.93	48.4	13.69	6900	0.281
3.00	10	20.30	0.87	46.7	14.14	7600	0.342
3.50	13	26.39	0.84	45.7	14.38	8000	0.395
4.00							

P₂

h [m]	N ₁₀	R _p [daN/cm ²]	CARACTERISTICI FIZICO-MECANICE				
			e	n[%]	γ[kN/m ³]	E[kPa]	I _D
0.50	9	18.27	0.89	47.4	13.98	7400	0.322
1.00	6	12.18	0.96	49.1	13.48	6500	0.250
1.50	12	24.36	0.85	46.1	14.30	7800	0.378
2.00	13	26.39	0.84	45.7	14.38	8000	0.395
2.50	12	24.36	0.85	46.1	14.30	7800	0.378
3.00	6	12.18	0.96	49.1	13.48	6500	0.250
3.50	14	28.42	0.82	45.1	14.54	8200	0.412
4.00							

P₃

h [m]	N ₁₀	R _p [daN/cm ²]	CARACTERISTICI FIZICO-MECANICE				
			e	n[%]	γ[kN/m ³]	E[kPa]	I _D
0.50	5	10.15	0.98	49.5	13.34	6250	0.234
1.00	3	6.09	1.06	51.5	12.84	5100	0.176
1.50	6	12.18	0.96	49.1	13.48	6500	0.250
2.00	15	30.45	0.81	44.7	14.68	8200	0.428
2.50	15	30.45	0.81	44.7	14.68	8200	0.428
3.00	11	22.33	0.86	46.4	14.22	7700	0.360
3.50	13	26.39	0.84	45.7	14.38	8000	0.395
4.00							

P₄

h [m]	N ₁₀	R _p [daN/cm ²]	CARACTERISTICI FIZICO-MECANICE				
			e	n[%]	γ[kN/m ³]	E[kPa]	I _D
0.50	7	14.21	0.93	48.4	13.69	6900	0.281
1.00	5	10.15	0.98	49.5	13.34	6250	0.234
1.50	15	30.45	0.81	44.7	14.68	8200	0.428
2.00	12	24.36	0.85	46.1	14.30	7800	0.378
2.50	10	20.30	0.87	46.7	14.14	7600	0.342
3.00	15	30.45	0.81	44.7	14.68	8250	0.428
3.50	10	20.30	0.87	46.7	14.14	7600	0.342
4.00							

P₅

h [m]	N ₁₀	R _p [daN/cm ²]	CARACTERISTICI FIZICO-MECANICE				
			e	n[%]	γ[kN/m ³]	E[kPa]	I _D
0.50	8	16.24	0.91	47.9	13.83	7200	0.302
1.00	11	22.33	0.86	46.4	14.22	7700	0.360
1.50	16	32.48	0.80	44.4	14.70	8450	0.443
2.00	13	26.39	0.84	45.7	14.38	8000	0.395
2.50	11	22.33	0.86	46.4	14.22	7700	0.360
3.00	6	12.18	0.96	49.1	13.48	6500	0.250
3.50	9	18.27	0.89	47.4	13.98	7400	0.322
4.00							

mare $n_i\%=44,4...51,5$, indicele porilor $e_i=0,80...1,06$, un grad de îndesare mic $I_D=0,234...0,443$ și un modul de deformație liniară redus ca mărime $E_i=5.100...8.450$ kPa, tabelele 3.13. Parametrii geotehnici mai sus menționați s-au obținut prin prelucrare penetrărilor dinamice ușoare inițiale $P_1... P_5$ [97], [84].

Terenul de fundare se caracterizează prin aceea că se găsește într-o stare afânată și o ușoară îndesare medie iar în conformitate cu instrucțiunile P125—84 este un pământ lichefiabil și ușor lichefiabil în cazul mișcărilor seismice pentru zona D, prin posibilitatea pierderii rezistenței sale la forfecare.

Tehnologia de îmbunătățire a terenului slab de fundare, dispunerea punctelor de vibroîntepare și lucrările de verificare a calității terenului îmbunătățit sunt identice cu cele prezentate la scara A.

Penetrările dinamice de control s-au executat în terenul de fundare îmbunătățit atât după etapa 1 cât și după etapa 2-a de îmbunătățire, distribuția lor fiind prezentată în figurile 3.11 și 3.12, anterior prezentată.

După fiecare etapă de îmbunătățire au fost executate câte 9 penetrări dinamice $P_1^1...P_9^1$ la distanțe de 0,50 m între ele. Reprezentarea grafică a acestora este redată în figurile 3.29 pentru etapa 1 și 3.30 pentru etapa 2-a, peste care s-au suprapus și cele din etapa 1. Penetrările dinamice de control s-au executat pentru un careu arbitrar ales după ce a fost efectuată îmbunătățirea terenului de fundare din etapa 1 și au fost conduse până la adâncimea de 4,0 m, măsurată de la cota platformei de lucru.

În urma analizei celor 18 penetrări dinamice ușoare de control efectuate în cele două etape de îmbunătățire a terenului de fundare s-au desprins următoarele constatări:

A. ETAPA 1 (fig.3.29)

a. Diagramele de penetrare dinamică P_5^1 și P_6^1 efectuate la distanța de 50 cm față de punctele de vibroîntepare indică creșteri extrem de mari ale numărului de lovituri pentru pătrunderea conului în teren pe 10 cm adâncime, N_{10} , pe întreaga adâncime a complexului nisipos după executarea vibroîntepărilor din etapa 1. Penetrarea P_1^1 indică creșteri moderate ale lui N_{10} , acestea fiind de 10lov/ 10 cm până la adâncimea de 2,0 m și creșteri cu 20...23 lov/10cm de la această adâncime în jos până la stratul de argilă situat la cota de -5,50 m. Pentru penetrările P_5^1 și P_6^1 și creșterile lui N_{10} sunt de 100%, deci ating valori $N_{10}=20\text{lov}/10\text{cm}$ până la nivelul apei subterane, adâncime de la care N_{10} crește progresiv și atinge valori $N_{10} > 50 \text{ lov}/10\text{cm}$.

b. Penetrările P_2^1 , P_4^1 și P_7^1 situate la distanța de 1,0 m față de vibroîntepările din etapa 1 păstrează alura celor inițiale până la cota de -3,20...-3,40 m, deci până în

apropierea apelor subterane.

De la această cotă se constată creșteri cu 10...20 lov/10 cm ale lui N_{10} .

Creșterile cu peste 100% ale lui N_{10} se produc de la -4,00 m în jos .

c. Diagrama de penetrare P_3^1 situată în mijlocul laturii unui careu de îmbunătățire adică la 1,50 m față de vibroînțepări, indică creșteri a lui N_{10} cu 5...10 lov/10cm numai de la adâncimea de -4,0 m în jos.

d. Diagramele de penetrare P_8^1 și P_9^1 dispuse în lungul diagonalei careului de îmbunătățire la distanțele de 1,50 m și 2,0 m față de punctul de vibroînțepare nu indică creșteri ale lui N_{10} , alura acestora fiind aceeași cu a celor inițiale.

B. ETAPA 2 (fig.3.30)

e. După executarea vibroînțepărilor din etapa a 2-a s-a constatat că penetrările dinamice P_9^2 , P_8^2 , aflate în raza de 1,0 m a vibroînțepării din etapa a 2-a, prezintă o creștere de 100% a lui N_{10} până la adâncimea de -3,0 m apoi valorile lui N_{10} cresc la peste $N_{10}=50$ lov/10 cm. Creșterea importantă a lui N_{10} se produce la adâncimi situate sub nivelul apelor subterane, adică sub cota de -3,50 m.

f. Vibroînțepările executate în centrul careului, în etapa a 2-a de îmbunătățire a terenului de fundare prezintă o influență bună asupra terenului concretizată prin valori mai mari ale tuturor celorlalte penetrări dinamice de control efectuate în etapa a 2-a. Aceste penetrări prezintă creșteri mici ale lui $N_{10}=2...7$ lov/10cm, până la cota apelor subterane și creșteri mai mari de $N_{10}=8...15$ lov/10cm pentru adâncimi sub cota -3,50 m.

Caracteristicile geotehnice ale terenului îmbunătățit s-au determinat pe baza diagramelor de penetrare medie stabilite pe baza mediilor lui N_{10} efectuate pe adâncime variabilă după principiul valorilor apropiate. Aceste diagrame de penetrări dinamice medii sunt prezentate în figurile nr.3.31 și 3.32.

Caracteristicile geotehnice au fost calculate cu relațiile de calcul din instrucțiunile C159-89 și C176-84 și sunt prezentate centralizat în tabelele nr. 3.14... 3.17, fiind determinate valorile $e, n\%, \gamma_a, E, \Phi$ și I_b . Totodată s-au reprezentat grafic variațiile indicelui porilor (fig.3.33 și 3.34) și a gradului de îndesare (fig. 3.35 și 3.36) pentru fiecare penetrare dinamică medie efectuată în etapa 1 și 2.

Figura 3.36 prezintă suprapunerea gradelor de îndesare calculate pentru îmbunătățirea terenului din etapa 1 și 2.

FIG.3.29 PENETRĂRI DE CONTROL ETAPA 1 A ÎMBUNĂTĂȚIRII TERENULUI, BLOC B20.Sc B

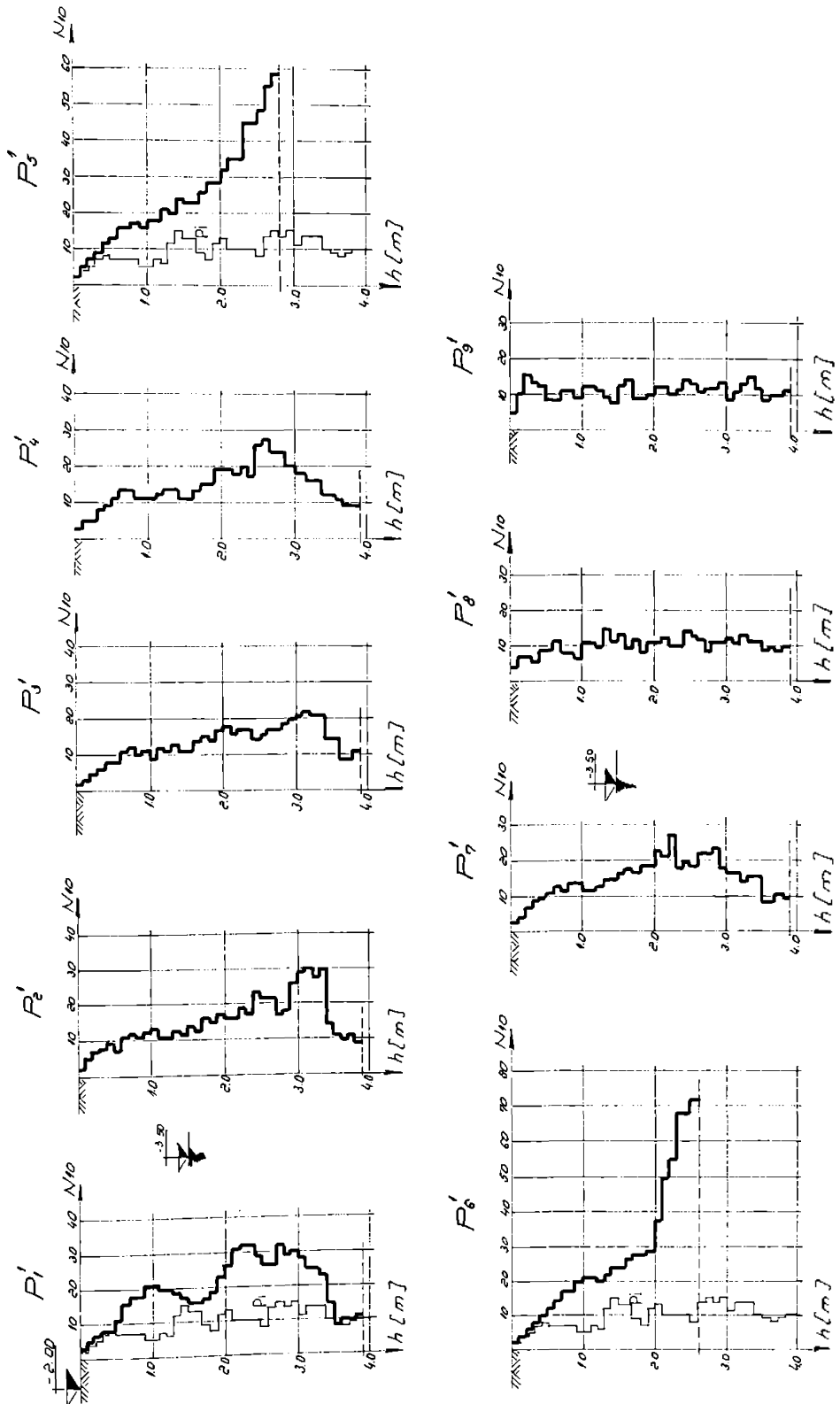


FIG. 3.30. PENETRĂRI DE CONTROL ETAPA 2 A ÎMBUNĂTĂȚIRII TERENULUI, BLOC B20, Sc.B

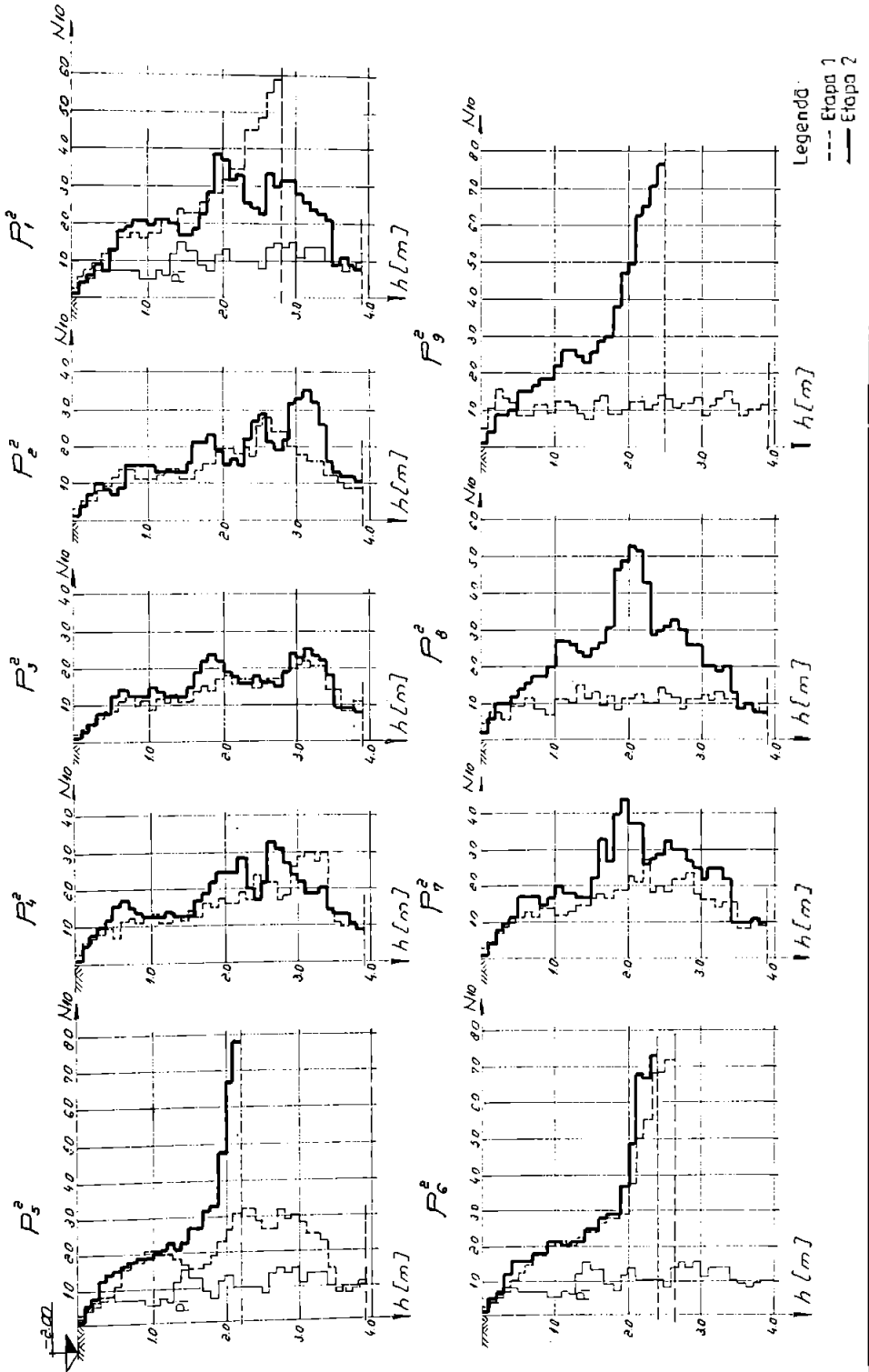


FIG. 3.32 PENETRĂRI DE CONTROL MEDII ETAPA 2 A ÎMBUNĂTĂȚII TERENULUI BLOC B20, SC. B

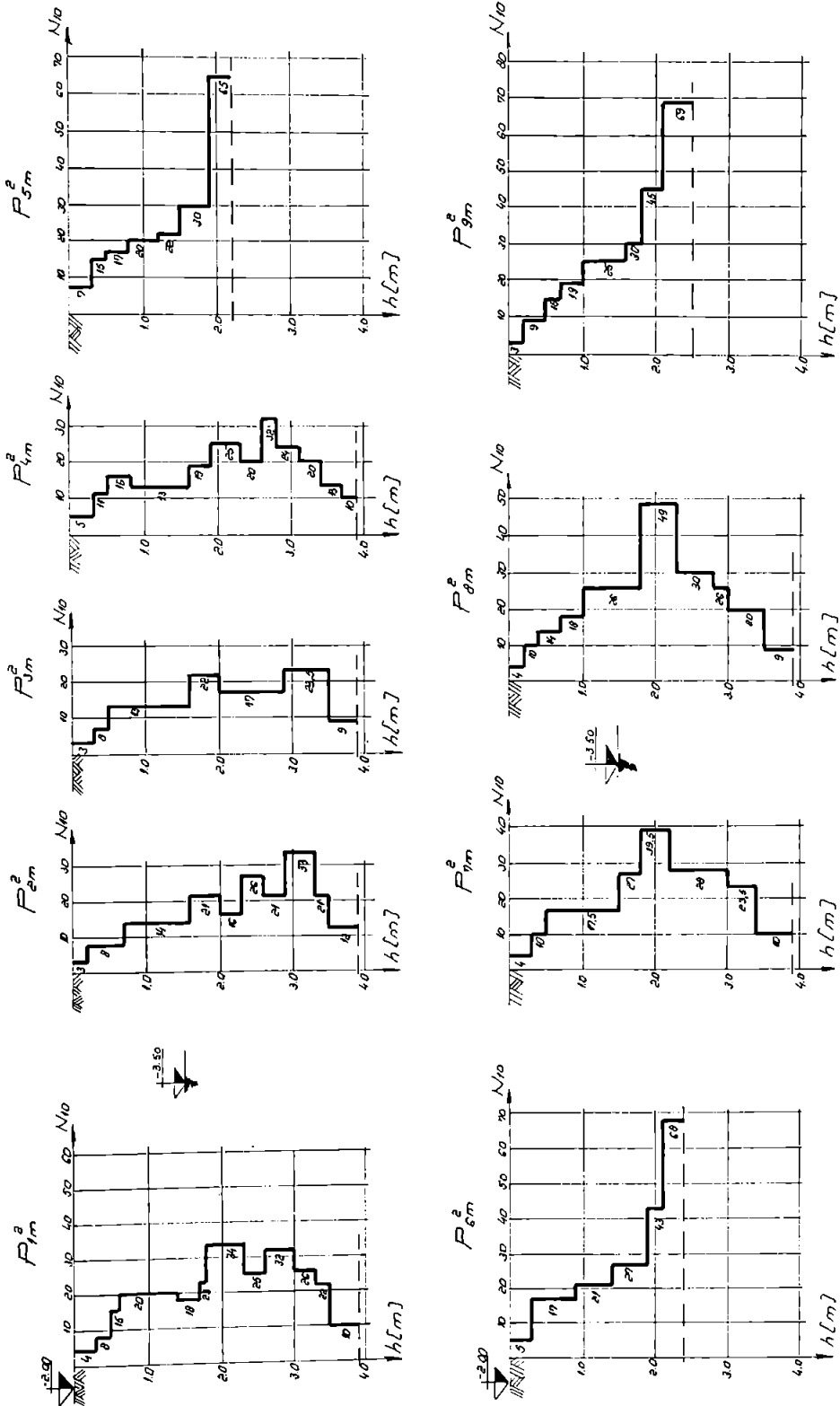


FIG. 3.33 VARIATIA INDICELUI PORILOR CU ADÂNCIMEA BLOC B20 SC.B ETAPA 1

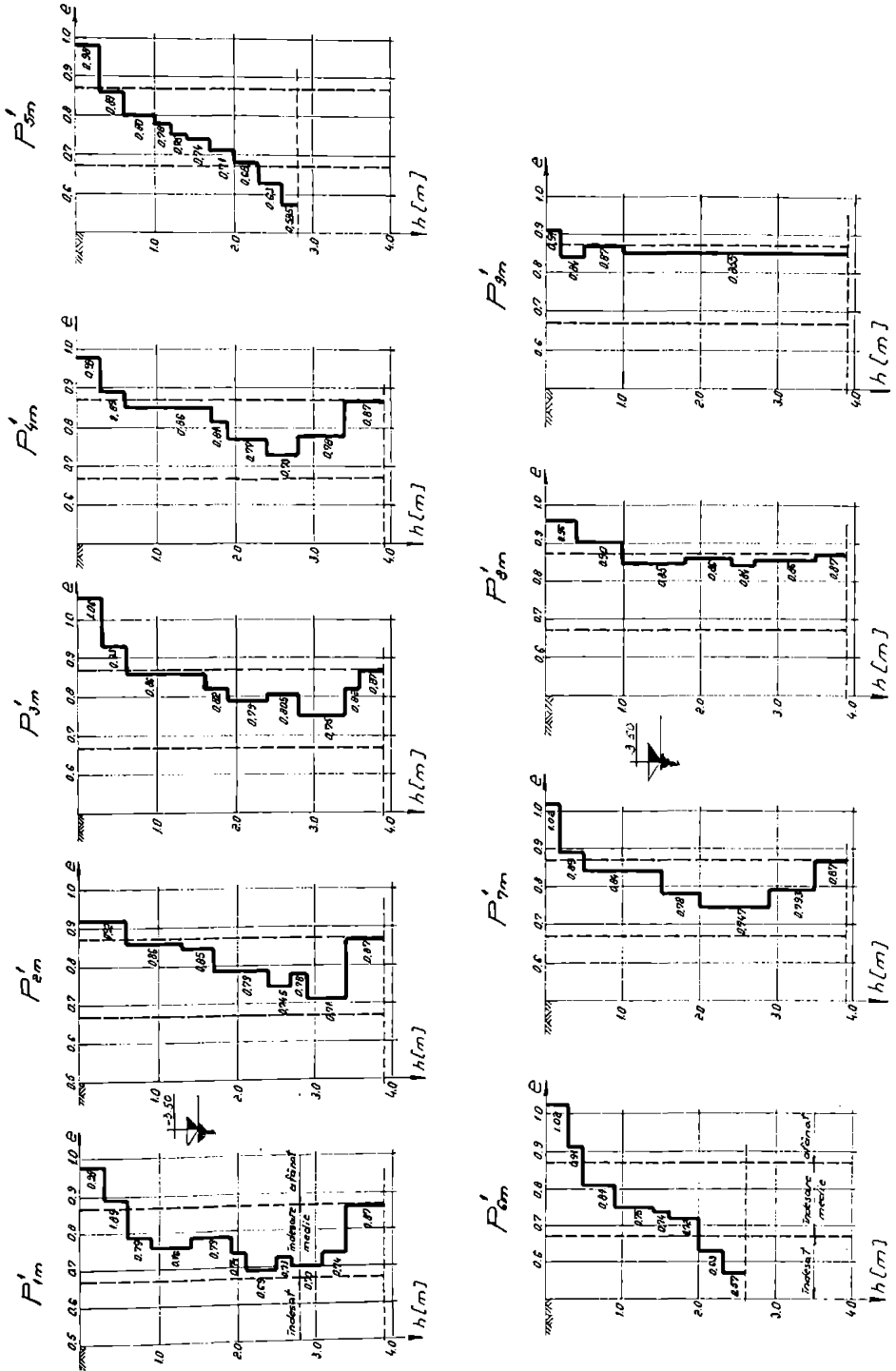


FIG 3.34 VARIATIA INDICELUI PORILOR CU ADÂNCINEA BLOC B 20, S.C.B ETAPA 2

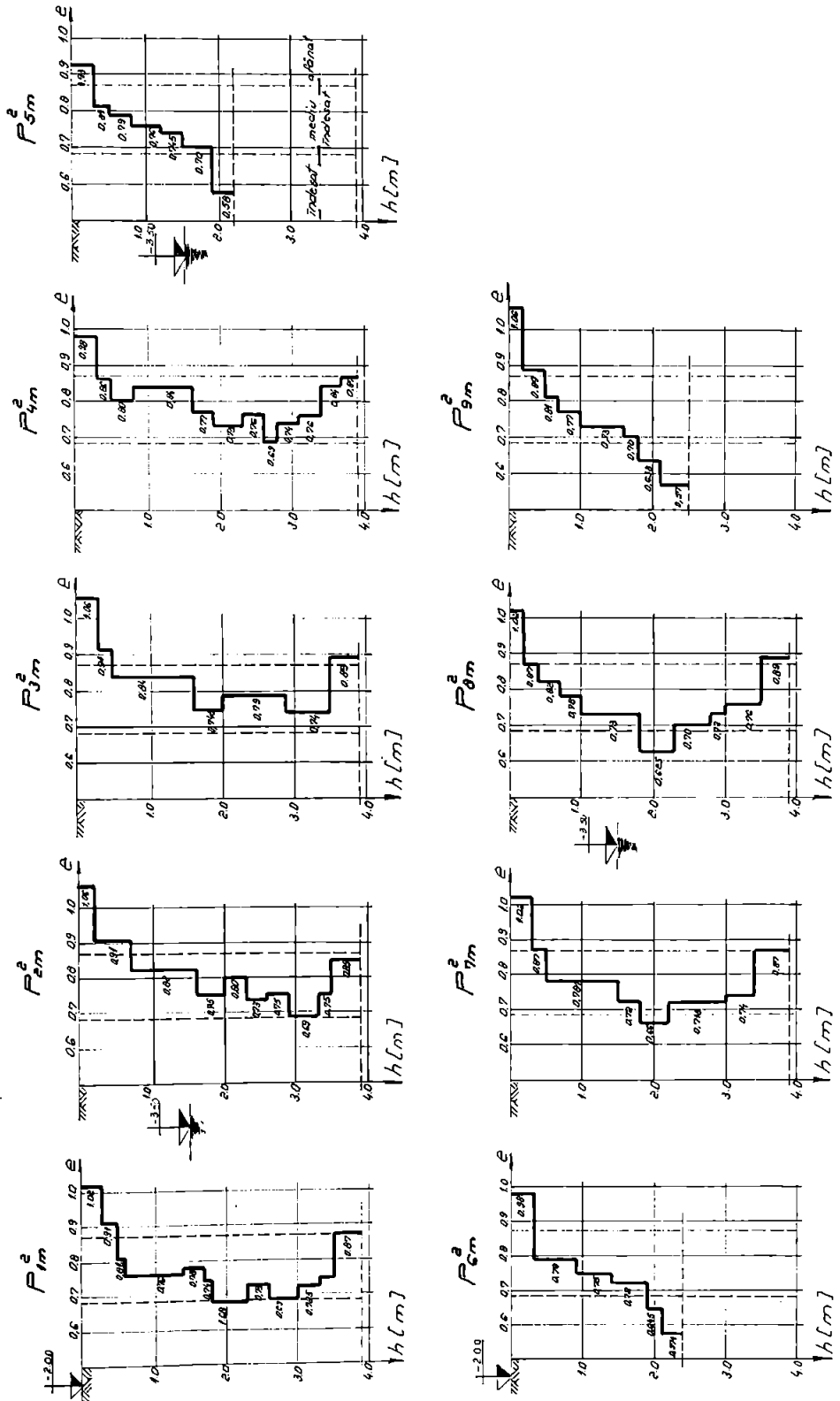


FIG 3.35 VARIATIYA GRADULUI DE ÎNDESARE CU ADÂNCIMEA - BLOC B20, Sc. B - ETAPA 1

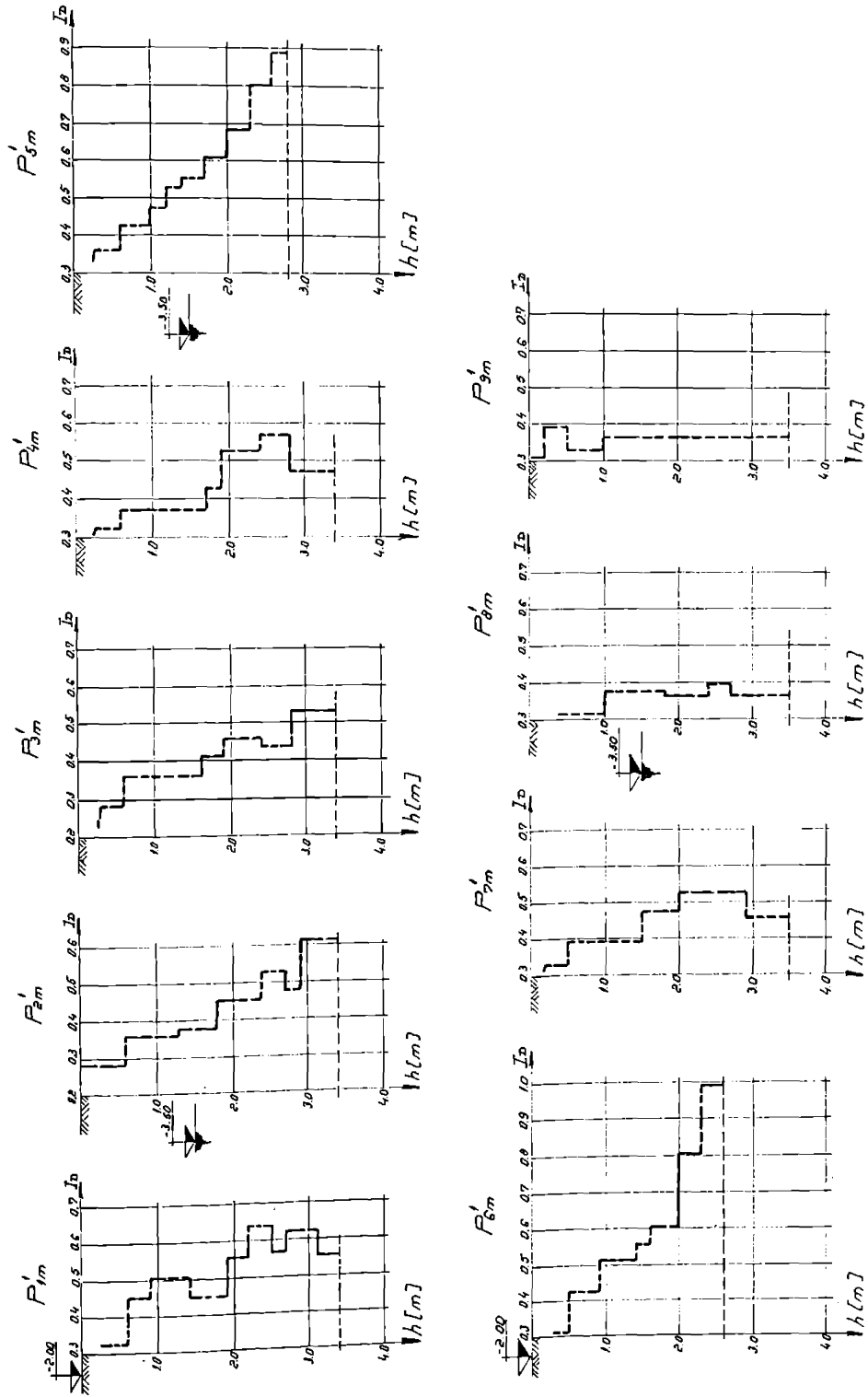
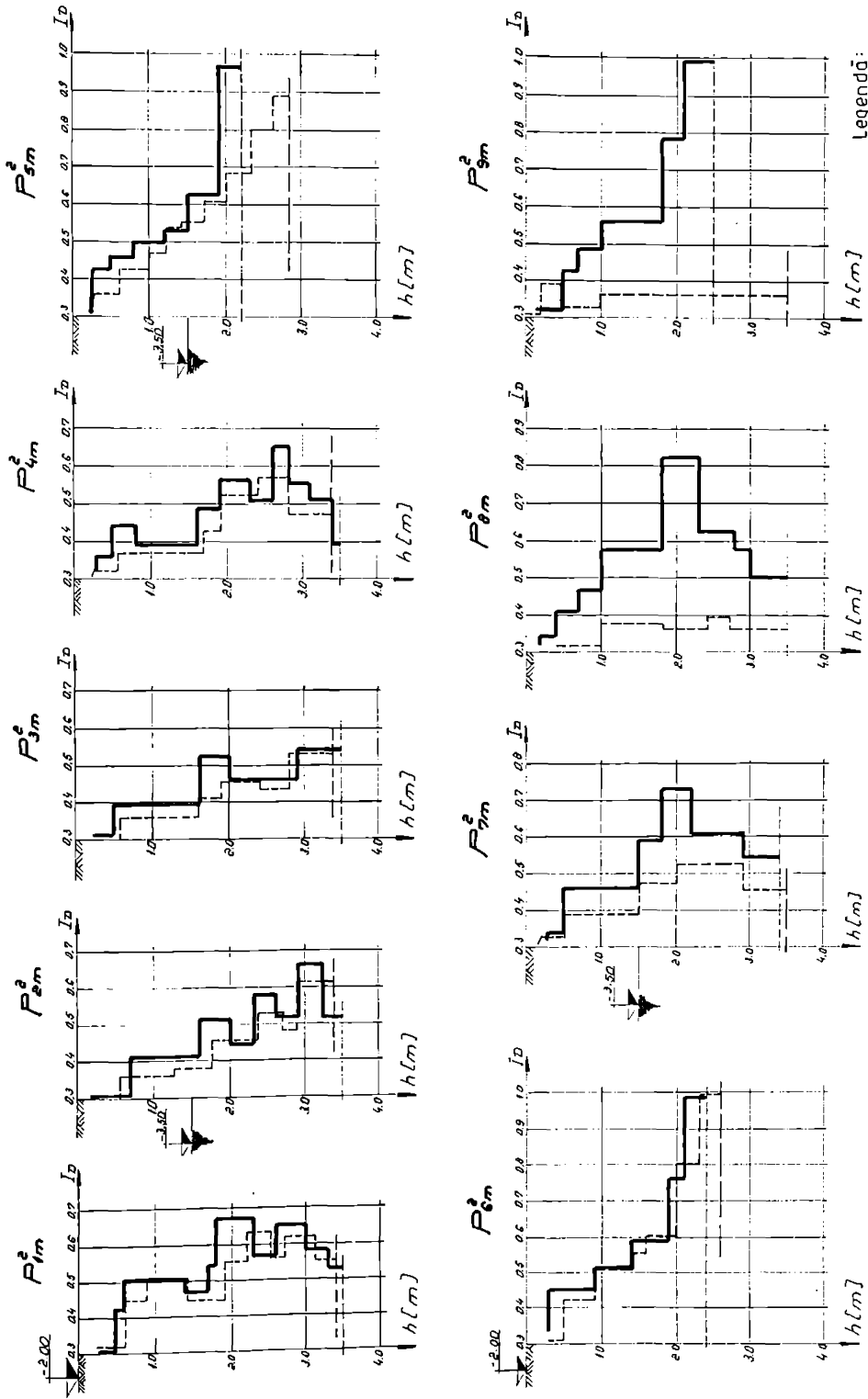


FIG. 3.36 VARIATIA GRADULUI DE ÎNDESARE CU ADÂNCIMEA BLOC B 20, Sc. 8 ETAPA 2



Legendă:
 --- Etapa 1
 — Etapa 2

TABELUL 3.14 CARACTERISTICI FIZICO - MECANICE PENTRU DIAGrame DE PENETRARE MEDII BLOC 20, Sc. B, ETAPA 1

P¹_{1m}

h [m]	N ₁₀	R _p [daN/cm ²]	CARACTERISTICI FIZICO - MECANICE				
			e	n[%]	γ[kN/m ³]	E[kPa]	I _b
0.50	9	18.27	0.890	47.4	13.98	7400	0.322
1.00	20	40.60	0.760	43.1	15.06	9000	0.502
1.50	17	34.50	0.790	44.1	14.79	8600	0.459
2.00	24	48.72	0.740	42.5	15.24	9100	0.555
2.50	31	62.93	0.695	40.8	15.64	9620	0.640
3.00	30	60.90	0.700	41.2	15.60	9600	0.628
3.50	24	48.72	0.740	42.5	15.24	9800	0.555
4.00							

P¹_{2m}

h [m]	N ₁₀	R _p [daN/cm ²]	CARACTERISTICI FIZICO - MECANICE				
			e	n[%]	γ[kN/m ³]	E[kPa]	I _b
0.50	7.0	14.21	0.930	48.4	13.69	6900	0.281
1.00	11.0	22.33	0.860	46.4	14.22	7700	0.360
1.50	12.0	24.36	0.850	46.1	14.30	7800	0.378
2.00	16.5	33.50	0.790	44.1	14.79	8550	0.451
2.50	22.0	44.66	0.745	42.6	15.19	9050	0.530
3.00	28.5	57.86	0.710	41.5	15.52	9400	0.611
3.50	28.5	57.86	0.710	41.5	15.52	9400	0.611
4.00							

P¹_{3m}

h [m]	N ₁₀	R _p [daN/cm ²]	CARACTERISTICI FIZICO - MECANICE				
			e	n[%]	γ[kN/m ³]	E[kPa]	I _b
0.50	7.0	14.21	0.930	48.4	13.69	6900	0.281
1.00	11.0	22.33	0.860	46.4	14.22	7700	0.360
1.50	11.0	22.33	0.860	46.4	14.22	7700	0.360
2.00	17.0	34.51	0.790	44.1	14.79	8600	0.459
2.50	15.5	31.46	0.805	44.5	14.69	8400	0.436
3.00	21.0	42.63	0.750	42.8	15.15	9000	0.530
3.50	21.0	42.63	0.750	42.8	15.15	9000	0.530
4.00							

P¹_{4m}

h [m]	N ₁₀	R _p [daN/cm ²]	CARACTERISTICI FIZICO - MECANICE				
			e	n[%]	γ[kN/m ³]	E[kPa]	I _b
0.50	9	18.27	0.890	47.4	13.98	7400	0.322
1.00	12	24.36	0.850	46.1	14.30	7800	0.378
1.50	12	24.36	0.850	46.1	14.30	7800	0.378
2.00	19	38.57	0.770	43.4	14.97	9000	0.529
2.50	25	50.75	0.730	42.2	15.33	9125	0.566
3.00	18	36.54	0.780	43.8	14.88	8600	0.474
3.50	18	36.54	0.780	43.8	14.88	8600	0.474
4.00							

P¹_{5m}

h [m]	N ₁₀	R _p [daN/cm ²]	CARACTERISTICI FIZICO - MECANICE				
			e	n[%]	γ[kN/m ³]	E[kPa]	I _b
0.50	11	22.33	0.860	46.4	14.22	7700	0.360
1.00	18	36.54	0.780	43.8	14.88	8600	0.474
1.50	24	48.72	0.740	42.5	15.24	9100	0.555
2.00	35	71.05	0.680	40.5	15.78	9800	0.685
2.50	47	95.41	0.630	38.6	16.23	10400	0.806
3.00	57	115.7	0.585	35.9	16.16	10600	0.897
3.50							
4.00							

P¹_{6m}

h [m]	N ₁₀	R _p [daN/cm ²]	CARACTERISTICI FIZICO - MECANICE				
			e	n[%]	γ[kN/m ³]	E[kPa]	I _b
0.50	15	30.45	0.810	44.7	14.68	8200	0.428
1.00	21	42.63	0.750	42.8	15.15	9000	0.515
1.50	24	48.72	0.740	42.5	15.24	9100	0.555
2.00	28	56.84	0.720	41.8	15.48	9400	0.605
2.50	47	95.41	0.630	38.6	16.23	10400	0.806
3.00	89	140.1	0.570	36.2	16.83	10900	0.997
3.50							
4.00							

TABEL 3.15 CARACTERISTICI FIZICO - MECANICE PENTRU VALORI MEDII ALE PENETRARIILOR BLOC B 20, Sc. B, ETAPA 1

P¹_{7m}

h [m]	N ₁₀	R _p [daN/cm ²]	CARACTERISTICI FIZICO - MECANICE				
			e	n[%]	γ[kN/m ³]	E[kPa]	I ₀
0.50	9.0	18.27	0.89	47.4	13.98	7400	0.322
1.00	13.0	26.39	0.84	45.7	14.38	8000	0.395
1.50	13.0	26.39	0.84	45.7	14.38	8000	0.395
2.00	18.0	36.54	0.78	43.8	14.88	8600	0.474
2.50	21.5	43.65	0.74	42.7	15.17	9000	0.523
3.00	16.5	33.50	0.79	44.2	14.77	8500	0.451
3.50	16.5	33.50	0.79	44.2	14.77	8500	0.451
4.00							

P¹_{8m}

h [m]	N ₁₀	R _p [daN/cm ²]	CARACTERISTICI FIZICO - MECANICE				
			e	n[%]	γ[kN/m ³]	E[kPa]	I ₀
0.50	8.5	17.26	0.90	47.7	13.90	7300	0.312
1.00	12.0	24.36	0.85	46.1	14.30	7800	0.378
1.50	12.0	24.36	0.85	46.1	14.30	7800	0.378
2.00	11.0	22.33	0.86	46.4	14.22	7700	0.360
2.50	13.0	26.39	0.84	45.7	14.38	8000	0.395
3.00	11.0	22.33	0.86	46.4	14.22	7700	0.360
3.50	11.0	22.33	0.86	46.4	14.22	7700	0.360
4.00							

P¹_{9m}

h [m]	N ₁₀	R _p [daN/cm ²]	CARACTERISTICI FIZICO - MECANICE				
			e	n[%]	γ[kN/m ³]	E[kPa]	I ₀
0.50	13.0	26.39	0.840	45.7	14.38	8000	0.395
1.00	11.5	23.35	0.855	46.25	14.26	7750	0.363
1.50	11.5	23.35	0.855	46.25	14.26	7750	0.363
2.00	11.5	23.35	0.855	46.25	14.26	7750	0.363
2.50	11.5	23.35	0.855	46.25	14.26	7750	0.363
3.00	11.5	23.35	0.855	46.25	14.26	7750	0.363
3.50	11.5	23.35	0.855	46.25	14.26	7750	0.363
4.00							

TABELUL 3.16 CARACTERISTICI FIZICO - MECANICE PENTRU DIAGrame DE PENETRARE MEDII BLOC B 20, Sc. B, ETAPA 2

P²_{1m}

h [m]	N ₁₀	R _p [daN/cm ²]	CARACTERISTICI FIZICO - MECANICE					
			e	n[%]	γ _(kN/m³)	E[kPa]	Φ [°]	I _D
0.50	15	30.45	0.81	44.7	14.68	8250	31.5	0.428
1.00	20	40.60	0.76	43.1	15.06	9000	32.5	0.502
1.50	18	36.54	0.78	43.8	14.88	8600	32.1	0.474
2.00	34	69.02	0.68	40.5	15.77	9750	34.2	0.674
2.50	25	50.75	0.73	42.2	15.33	9125	33.3	0.568
3.00	32	64.96	0.69	40.8	15.69	9700	34.1	0.651
3.50	22	44.66	0.74	42.6	15.19	9050	33.0	0.530
4.00								

P²_{2m}

h [m]	N ₁₀	R _p [daN/cm ²]	CARACTERISTICI FIZICO - MECANICE					
			e	n[%]	γ _(kN/m³)	E[kPa]	Φ [°]	I _D
0.50	8	16.24	0.91	47.9	13.83	7200	30.0	0.302
1.00	14	28.42	0.82	45.1	14.54	8200	31.3	0.412
1.50	14	28.42	0.82	45.1	14.54	8200	31.3	0.412
2.00	21	42.83	0.75	42.8	15.15	9000	32.7	0.536
2.50	26	52.68	0.73	42.2	15.33	9150	33.5	0.580
3.00	33	67.00	0.69	40.8	15.69	9730	34.0	0.663
3.50	21	42.63	0.75	42.8	15.15	9000	32.7	0.516
4.00								

P²_{3m}

h [m]	N ₁₀	R _p [daN/cm ²]	CARACTERISTICI FIZICO - MECANICE					
			e	n[%]	γ _(kN/m³)	E[kPa]	Φ [°]	I _D
0.50	8.0	16.24	0.910	47.9	13.83	7200	30.0	0.302
1.00	13.0	26.39	0.840	45.7	14.38	8000	31.1	0.395
1.50	13.0	26.39	0.840	45.7	14.38	8000	31.1	0.395
2.00	22.0	44.66	0.745	42.6	15.19	9050	32.9	0.529
2.50	17.0	34.51	0.790	44.1	14.79	8600	32.0	0.459
3.00	23.5	47.71	0.740	42.5	15.24	9100	33.1	0.549
3.50	23.5	47.71	0.740	42.5	15.24	9100	33.1	0.549
4.00								

P²_{4m}

h [m]	N ₁₀	R _p [daN/cm ²]	CARACTERISTICI FIZICO - MECANICE					
			e	n[%]	γ _(kN/m³)	E[kPa]	Φ [°]	I _D
0.50	11	22.33	0.86	46.4	14.22	7700	30.7	0.360
1.00	13	26.39	0.84	45.7	14.38	8000	31.1	0.395
1.50	13	26.39	0.84	45.7	14.38	8000	31.1	0.395
2.00	25	50.75	0.73	42.2	15.33	9125	33.3	0.568
2.50	20	40.60	0.76	43.1	15.06	9000	32.5	0.502
3.00	24	48.72	0.74	42.5	15.24	9100	33.1	0.555
3.50	13	26.39	0.84	45.7	14.38	8000	31.1	0.395
4.00								

P²_{5m}

h [m]	N ₁₀	R _p [daN/cm ²]	CARACTERISTICI FIZICO - MECANICE					
			e	n[%]	γ _(kN/m³)	E[kPa]	Φ [°]	I _D
0.50	15	30.45	0.81	44.7	14.68	8250	31.5	0.428
1.00	20	40.60	0.76	43.1	15.06	9000	32.5	0.502
1.50	30	60.90	0.70	41.2	15.60	9600	33.7	0.628
2.00	65	131.9	0.58	36.7	16.72	10850	36.4	0.965
2.50								
3.00								
3.50								
4.00								

P²_{6m}

h [m]	N ₁₀	R _p [daN/cm ²]	CARACTERISTICI FIZICO - MECANICE					
			e	n[%]	γ _(kN/m³)	E[kPa]	Φ [°]	I _D
0.50	17	34.51	0.790	44.1	14.79	8600	32.0	0.459
1.00	21	42.63	0.750	42.6	15.19	9000	32.7	0.516
1.50	27	54.81	0.720	41.6	15.42	9300	33.5	0.593
2.00	43	87.28	0.645	39.2	16.09	10300	35.1	0.767
2.50	68	138.0	0.571	36.3	16.80	10850	36.9	0.989
3.00								
3.50								
4.00								

TABELUL 3.17 CARACTERISTICI FIZICO - MECANICE PENTRU DIAGrame DE PENETRARE MEDII BLOC B 20, Sc. B, ETAPA 2

P^2_{7m}

h [m]	N ₁₀	R _p [daN/cm ²]	CARACTERISTICI FIZICO - MECANICE					
			e	n[%]	γ[kN/m ³]	E[kPa]	Φ [°]	I _D
0.50	10.0	20.30	0.870	46.7	14.14	7600	30.5	0.342
1.00	17.5	35.53	0.781	43.7	14.86	8625	32.0	0.466
1.50	27.0	54.81	0.720	41.8	15.42	9300	33.5	0.593
2.00	39.5	80.19	0.660	39.7	15.96	10000	34.9	0.732
2.50	28.0	56.84	0.718	41.7	15.46	9350	33.5	0.805
3.00	28.0	56.84	0.718	41.7	15.46	9350	33.5	0.605
3.50	23.5	47.71	0.740	42.5	15.24	9000	33.0	0.549
4.00								

P^2_{8m}

h [m]	N ₁₀	R _p [daN/cm ²]	CARACTERISTICI FIZICO - MECANICE					
			e	n[%]	γ[kN/m ³]	E[kPa]	Φ [°]	I _D
0.50	14	28.42	0.820	45.1	14.54	8200	31.3	0.412
1.00	26	52.78	0.730	42.2	15.33	9150	33.5	0.580
1.50	26	52.78	0.730	42.2	15.33	9150	33.5	0.580
2.00	49	99.47	0.625	38.4	16.27	10400	35.5	0.825
2.50	30	60.90	0.700	41.2	15.60	9600	35.7	0.628
3.00	26	52.78	0.730	42.2	15.33	9150	33.5	0.580
3.50	20	40.60	0.760	43.1	15.06	9000	32.5	0.502
4.00								

P^2_{9m}

h [m]	N ₁₀	R _p [daN/cm ²]	CARACTERISTICI FIZICO - MECANICE					
			e	n[%]	γ[kN/m ³]	E[kPa]	Φ [°]	I _D
0.50	15	30.45	0.810	44.7	14.68	8250	31.5	0.428
1.00	25	50.75	0.730	42.2	15.33	9125	33.3	0.568
1.50	25	50.75	0.730	42.2	15.33	9125	33.3	0.568
2.00	45	91.35	0.638	38.9	16.17	10400	35.1	0.787
2.50	69	140.0	0.570	36.2	16.83	10900	36.9	0.997
3.00								
3.50								
4.00								

3.3.2. Studii de interpretare a rezultatelor experimentale de teren obținute pe amplasamentul blocului de locuințe B 20, Sc.B.

Îmbunătățirea terenului de fundare s-a executat în condiții identice cu îmbunătățirea executată în condiții identice cu îmbunătățirea executată pentru blocul B20, Sc. A.

În conformitate cu figurile 3.35 și 3.36 în terenul de fundare s-au fixat valorile lui I_b corespunzătoare valorilor 0,33, 0,50 și 0,66. Prin unirea punctelor de egal grad de îndesare în terenul de fundare s-au obținut izoliniile pentru $I_b=0,33$, $I_b=0,50$ și $I_b=0,66$, fig.3.37... fig.3.39. Astfel în masivul de pământ îmbunătățit se pot delimita zonele afânate, cele cu îndesare medie și cele ce se găsesc în stare afânată. Modul de fixare în teren al punctelor cu grad de îndesare de 0,33, 0,50 sau 0,66 a fost descris în paragraful 3.2.2.

Din analizele și interpretarea diagramelor de penetrare dinamică ușoară, fig.3.29 și 3.30, executate după cele două etape de îmbunătățire, cu ajutorul caracteristicilor fizico-mecanice din tabelele 3.14...3.17 și a figurilor nr.3.37, 3.38 și 3.39 se *desprind următoarele observații și constatări experimentale*:

a. În jurul punctelor de vibroîntepare a terenului de fundare din etapa 1 și 2 se formează zone de teren puternic compactate cu raze variabile și crescătoare odată cu adâncimea, de formă tronconică, a căror grad de îndesare este $I_b \geq 0,50$.

b. După executarea vibroîntepărilor din etapa 1 în terenul de fundare îmbunătățit, zonele cu grad de îndesare mai mare decât 0,50 încep de la cota de $-2,90 \dots -3,20$ m unde au o rază $r_1=0,50$ m.

La adâncimea de $-5,50$ m, adică la baza stratului nisipos, izolinia $I_b=0,50$ se extinde până la o rază $r_2=1,60$ m. În suprafață izolinia formează cu verticala un unghi $\alpha_1=20^\circ \dots 34^\circ$ iar în adâncime unghiul este $\alpha_1=30^\circ \dots 45^\circ$, fig.3.37.

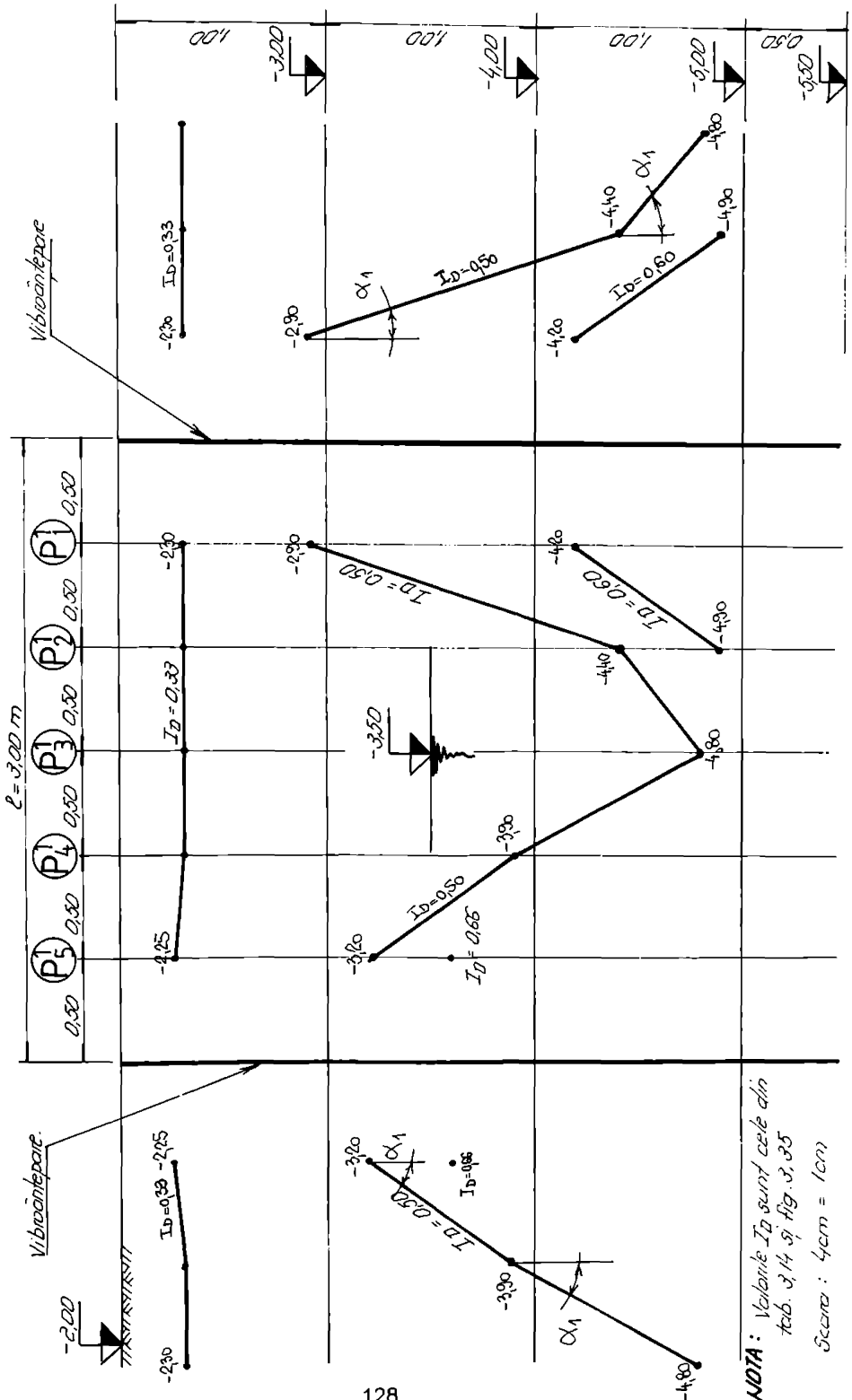
c. Terenul pentru care starea de îndesare este mai mică decât 0,33 se află situat între suprafața terenului și cota de $-2,30$ m.

d. Zonele de teren după etapa 1 pentru care starea de îndesare este mai mare decât $I_b \geq 0,66$ se găsesc numai în jurul punctelor de vibroîntepare având raza $r_3=0,50$ m, fig.3.37. S-au fixat puncte în teren în care I_b atinge valoarea 0,66, pentru penetrarea P^1_5 .

e. După executarea vibroîntepărilor din etapa a 2-a s-a constatat o creștere semnificativă a gradului de îndesare pentru zonele de teren aflate sub nivelul apelor subterane și a celor din jurul punctului de vibroîntepare, $V_{5.2}$.

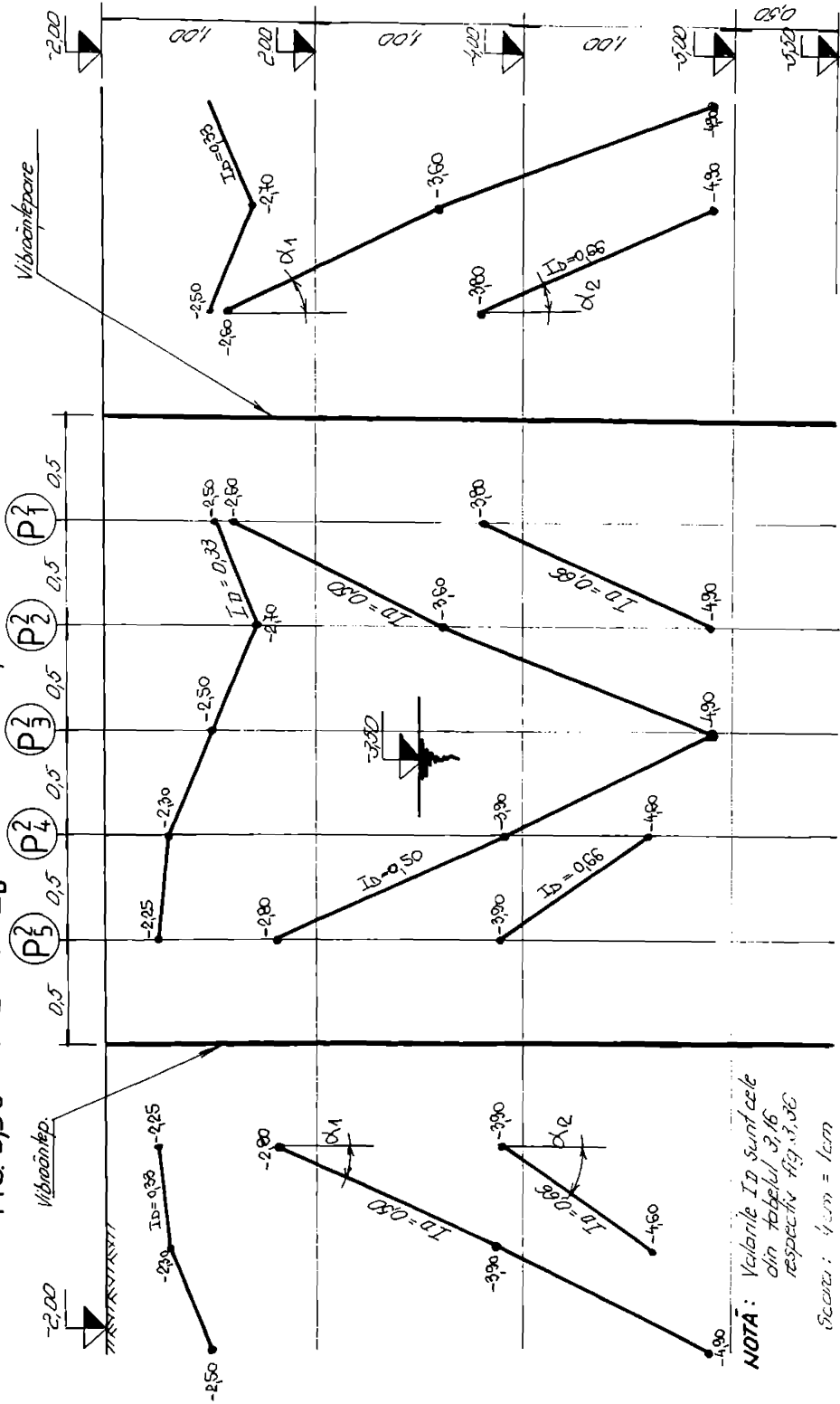
f. Zonele de teren ce prezintă un grad de îndesare $I_b \geq 0,50$ încep de la cota de $-2,60 \dots -2,80$ m cu raza $r_1=0,50$ m, având la bază raza $r_2=1,70 \dots 1,80$ m și o înclinare $\alpha_1=25 \dots 30^\circ$ având loc o mărire a volumului de teren compactat în prima etapă, fig.3.38.

FIG. 3.37 ÎZOLINIÎ ID BLOC B 20, SC B ETAPA 1



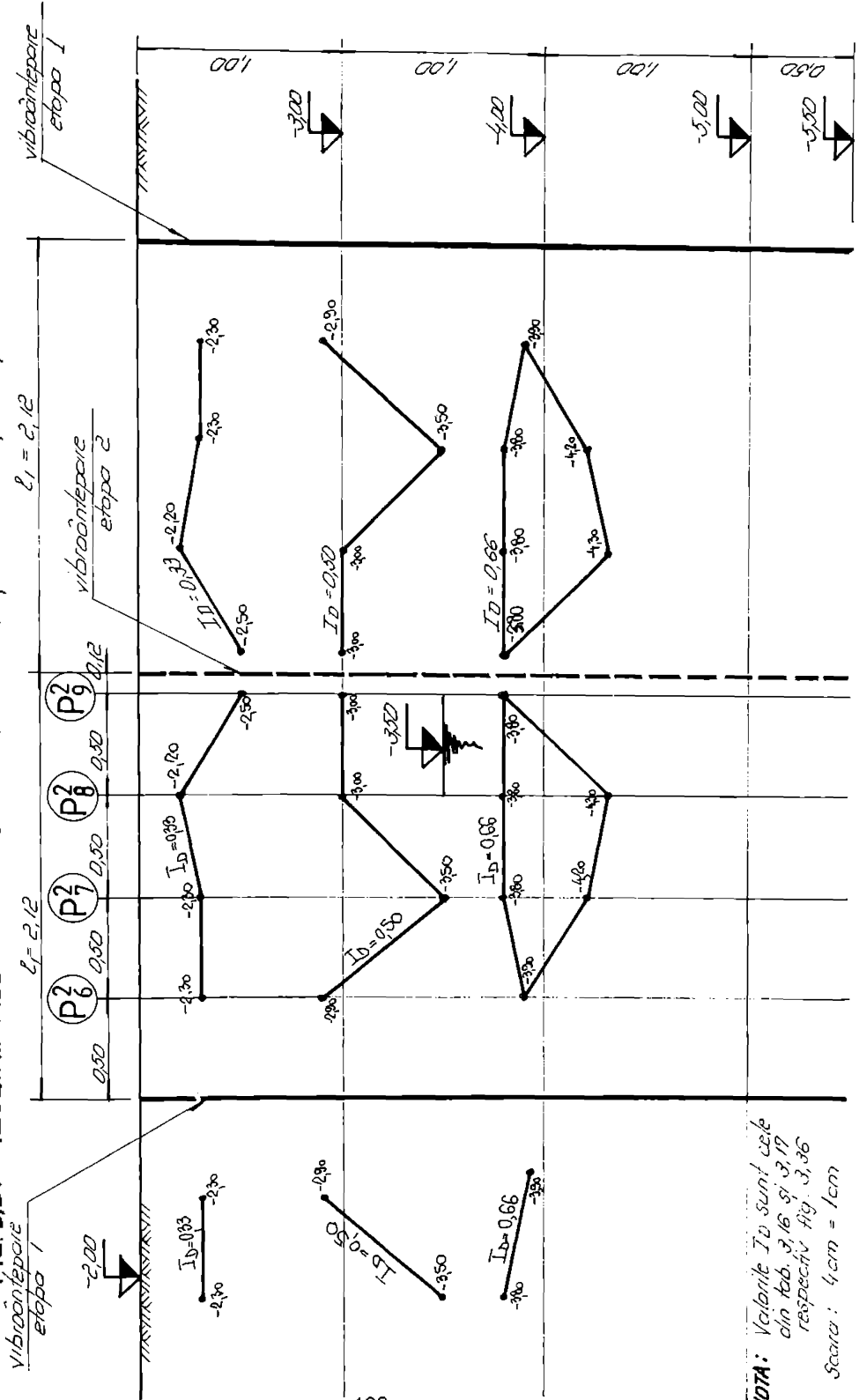
NOTA: Valorile I_D sunt cele din tab. 3.14 și fig. 3.35
 Secțiune: $4 \text{ cm} = 1 \text{ cm}$

FIG. 3.38 IZOLINII I_D - BLOC B 20, SC B - ETAPA 2



NOTA: Valorile I_D sunt cele din tabelul 3.16 respectiv fig. 3.36
 Scara: 4 cm = 1 cm

FIG 3.39 IZOLINIILE ALE GRADULUI DE INDESARE, BLOC B20, SC. B, ET. 2 (DE-A LUNGUL DIAG.)



NOTA: Valorile I_D sunt cele din tab. 3.16 si 3.17 respectiv fig. 3.36
 Scara: 1cm = 1cm

g. Ca urmare a efectului de compactare din etapa a 2-a în terenul de fundare apar zone în care gradul de îndesare crește peste valoarea de 0,66. Aceste zone apar de la adâncimea de $-3,80 \dots -3,90$ m în jos, cu raza $r_3=0,50$ m, până la cota de $-5,50$ m unde se întâlnește stratul de argilă. La bază, zona puternic îndesată se extinde până la o distanță $r_4=1,25 \dots 1,60$ m. Izolinia $I_D=0,66$ are o înclinare $\alpha_2=25^\circ \dots 36^\circ$.

h. În jurul vibroînțepărilor din etapa a 2-a (cele din centrul careului inițial) terenul de fundare apare puternic îndesat sub formă de cilindru. De la adâncimea de $-3,00$ m se atinge gradul de îndesare mai mare decât $I_D \geq 0,50$, iar de la cota $-3,80$ m terenul îmbunătățit prezintă un grad de îndesare mai mare decât 0,66,

i. Volumul inițial de teren îmbunătățit prin vibroînțepare s-a redus, prin tasarea suprafeței terenului cu $35 \dots 40$ cm, cu $3,15$ mc, ceea ce reprezintă o reducere cu $8,97\%$. Din volumul final $V_f=3,0 \times 3,0 \times 3,55=31,95$ mc un volum de $18,28$ mc este reprezentat de complexul nisipos cu un grad de îndesare $I_D \geq 0,50$, deci un procent de $57,21\%$, iar terenul ce prezintă un grad de îndesare peste $I_D \geq 0,66$ este de $7,66$ mc, deci 24% din volumul îmbunătățit al unui careu.

j. Compactarea prin vibroînțepare cu adaos de apă a terenului de fundare de pe amplasamentul blocului B 20, Sc. B a însemnat o creștere a gradului de îndesare la valori curente peste $0,50$ până la $I_D=0,997$, deci creșteri ale lui I_D de peste 100% . S-a obținut o porozitate sub 43% față de cea inițială $n_i=46,5 \dots 48,4\%$, deci o descreștere cu 15% și un unghi al frecării interioare $\Phi=30^\circ \dots 36,9^\circ$.

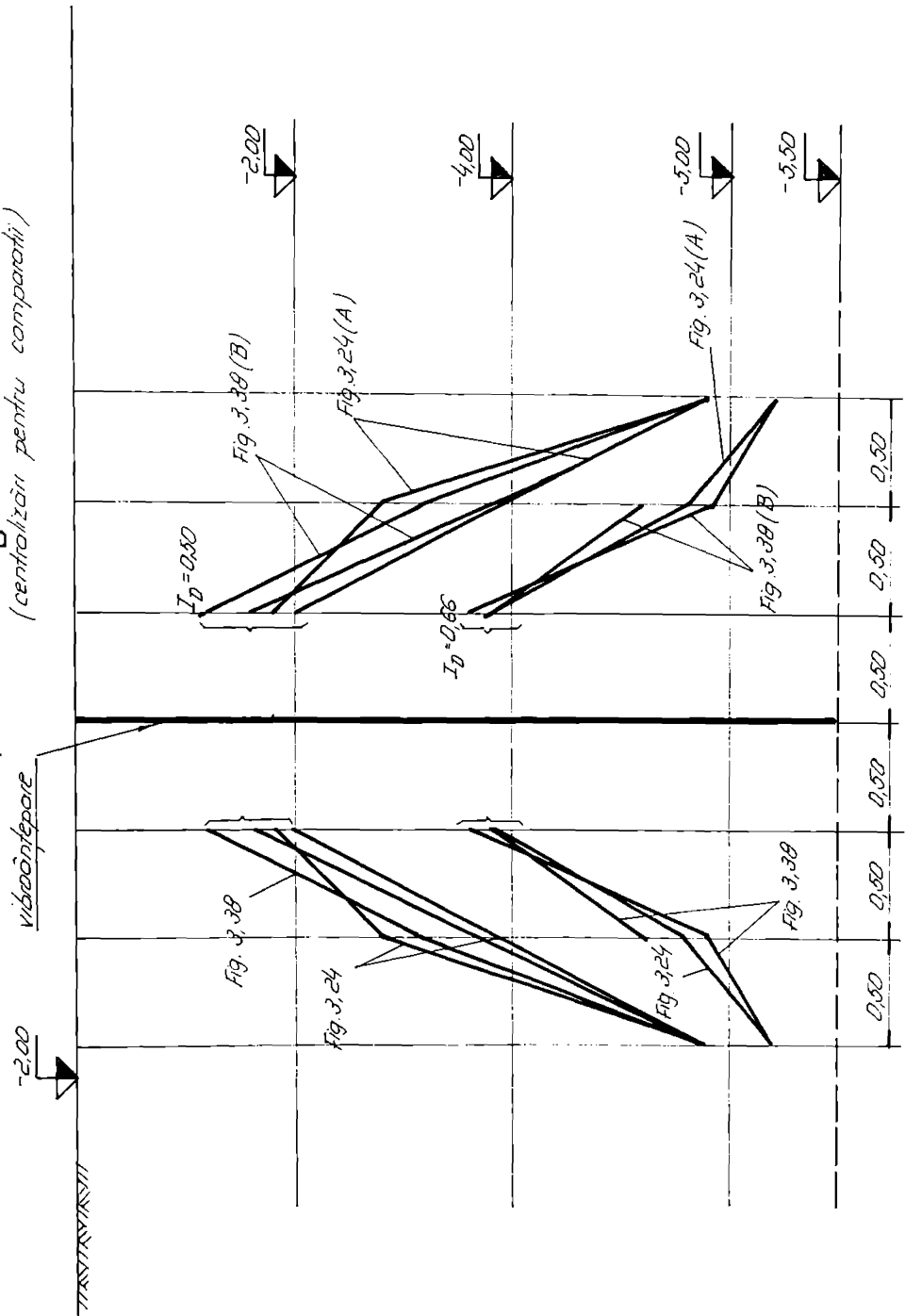
3.4 . CONCLUZII CU PRIVIRE LA REZULTATELE OBTINUTE PRIN VIBROÎNȚEPARE PENTRU TERENUL DE FUNDARE AL BLOCULUI DE LOCUINȚE B 20, Sc. A ȘI Sc.B

a. Îmbunătățirea terenului de fundare prin procedeul vibroînțepării cu adaos de apă până la inundarea punctului de vibroînțepare și-a demonstrat eficacitatea prin tasarea de $35 \dots 40$ cm a suprafeței terenului de la cota de $-2,0$ m și prin compactarea sa chiar de la adâncimi mici de $-2,50 \dots -2,70$ m în jos, prin realizarea unei stări îndesate a terenului cu $I_D \geq 0,50$, figurile 3.13, 3.14, 3.29 și 3.30.

b. Reducerea de volum a masivului de pământ îmbunătățit este de $3,15 \dots 3,60$ mc ceea ce reprezintă o reducere de volum de $8,97 \dots 10,25\%$ pentru un careu de îmbunătățire. Din totalul volumului de teren îmbunătățit un volum de $18,28 \dots 19,20$ mc ($57,21 \dots 61\%$), este reprezentat de terenul ce are un grad de îndesare $I_D \geq 0,50$, iar terenul cu

FIG.3.41 IZOLINI ID PENTRU BLOC B 20 ETAPA 2

(centralizări pentru comparații)



gradul de îndesare peste $I_D \geq 0,66$ are volumul de 7,66...9,82 mc deci reprezintă 24 ...31,17% din totalul volumului îmbunătățit.

c. Realizarea vibroîntepărilor în terenul de fundare conduce la formarea de zone puternic îndesate în jurul punctelor de vibroîntepare. Aceste zone au o formă geometrică de tip trunchi de con cu raze mai mici, de circa $r=0,50$ m, la partea superioară și de $r=1,00...1,80$ m la partea inferioară la cota de $-5,50$ m. Acest fapt este evidențiat de figurile 3.40 și 3.41 în care s-au suprapus toate izoliniile obținute pentru $I_D=0,50$ și $I_D=0,66$ din jurul punctelor de vibroîntepare pentru cele două etape de îmbunătățire.

d. Inundarea cu apă adăugată din suprafață, a punctului de vibroîntepare, contribuie la realizarea saturării pământului în zona suprafeței libere până la cota apei subterane de $-3,50$ m. În aceste condiții, vibrațiile transmise de echipament produc fluidizarea și compactarea și a părții superioare a terenului din amplasament, zonă ce rămâne întodeauna afânată în cazul procedurii de vibroîntepare fără adaos de apă. Saturarea cu apă a punctului de vibroîntepare permite apariția zonelor de pământ îndesat de la cote foarte mici de $-0,50... -0,70$ m.

e. În practica de proiectare, zonele puternic compactate de formă tronconică din jurul punctelor de vibroîntepare din etapa 1 pot fi considerate ca fiind niște cilindri rigizi, ca cele din etapa 2, cu o rază de circa 1,0 m în jurul punctului de vibroîntepare.

f. Caracteristicile geotehnice medii, de calcul a deformabilității și capacității portante a terenului îmbunătățit se pot determina prin proporționalitatea dintre aceste nuclee mai îndesate și terenul mai puțin compactat dintre acestea .

g. Adâncimea de compactare a terenului este egală cu cea a echipamentului introdus în teren din cauza prezenței stratului de argilă cafenie plastic consistentă de la cota de $-5,50$ m

CAP 4. STUDII EXPERIMENTALE DE TEREN PE AMPLASAMENTUL BLOCULUI DE LOCUINȚE B 21, CALEA AUREL VLAICU, ARAD

4.1. STUDII INIȚIALE PRIVIND IDENTIFICAREA GEOTEHNICĂ A TERENULUI DE FUNDARE

Studiile geotehnice realizate în anul 1988 de către C.P.J. Arad, pentru amplasamentul blocului B 21 Sc.A și B au fost completate prin noi prelevări de probe geotehnice și 10(zece) penetrări dinamice ușoare, PDU, [84], [85]. Terenul de fundare este alcătuit din straturi succesive formate din nisipuri fine, mijlocii și mari cu pietriș, (10...15%), la bază.

Pe baza studiului geotehnic [84] și a determinărilor suplimentare efectuate [86], s-a stabilit că stratificația terenului de fundare este alcătuită din următoarea succesiune de straturi nisipoase:

- ± 0,00...-1,50 m - Umplură de pământ ;
- 1,50... -2,40 m - Praf argilos nisipos cafeniu ;
- 2,40... -3,00 m - Nisip fin prăfos cafeniu de îndesare medie și afânat ;
- 3,00... -3,60 m - Nisip fin și mijlociu cafeniu, foarte uniform, de îndesare medie și afânat ;
- 3,60... -5,30 m - Nisip mijlociu și mare, foarte uniform, cenușiu, cu rar pietriș, de îndesare medie și afânat ;
- 5,30... -8,00 m - Argilă cafenie, cu intercalații cenușii, plastic consistentă.

Nivelul apelor subterane a fost interceptat la cota: N.H. = -3,50 m.

Analizându-se proiectul de execuție a rezultat un sistem de fundare (pentru blocul de locuințe B21, cu regim de înălțime S+P+8E) alcătuit dintr-un radier general cu cota de fundare la adâncimea de -2,00 m față de suprafața terenului. Pe baza stării afânate și de îndesare medie în care se găsesc straturile nisipoase și încadrarea acestora în categoria pământurilor lichifiabile și ușor lichifiabile, s-a apreciat ca posibilă fundarea directă a blocului B 21 numai după ce terenul de fundare este îmbunătățit până la cota de -5,20 m.

Stratificația terenului de fundare din amplasamentul blocului B 21 precum și experiența acumulată la lucrările de îmbunătățire a terenului de fundare de la blocul B 20, au permis autorului lucrării recomandarea îmbunătățirii terenului de la blocul B 21 prin metoda vibroînțepării cu adaos de apă, prin inundarea punctului de lucru de la cota de -2,00 m.

Pentru probele recoltate de la cotele de -2,00, -2,80, -3,30, -4,00 și -5,00 m s-au

stabilit în laborator granulozitățile acestora și s-au reprezentat grafic în figura 4.1, [85].

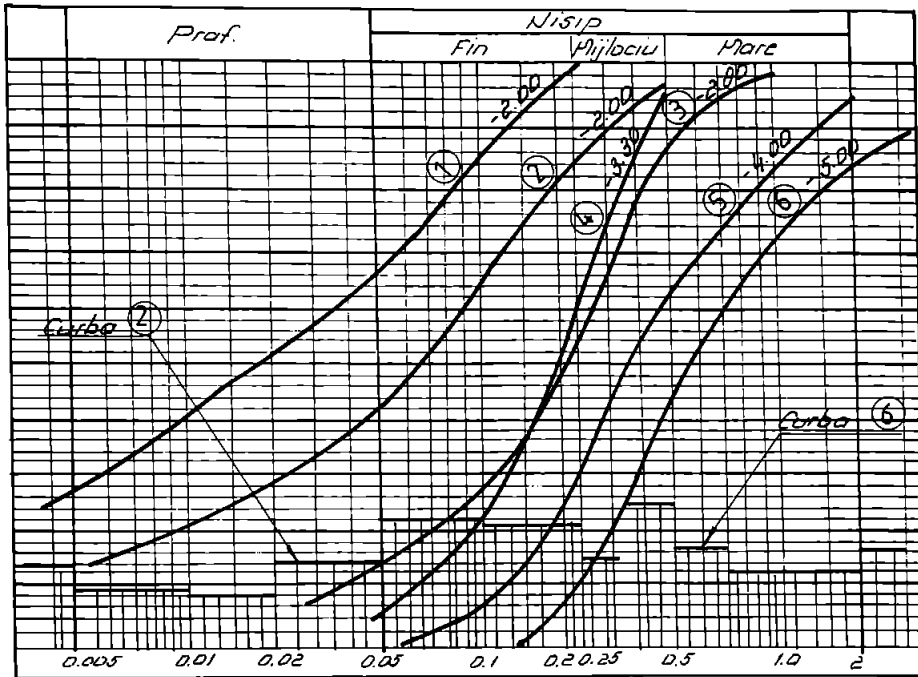


Fig. 4.1. Domeniul de granulozitate al complexului nisipos

Tabelul 4.1 prezintă fracțiunile granulometrice și gradul de neuniformitate, U_n , al probelor de pământ ce sunt reprezentate granulometric în fig.4.1.

Fracțiuni granulare ale probelor prelevate

Tabelul 4.1

Proba	Cota [m]	Argilă	Praf	Nisip fin	Nisip mijlociu	Nisip mare	Pietriș 2...13 mm	U_n
1	-1,50	28%	38%	32%	2%	-	-	28,34
2	-2,00	13%	29%	43%	12%	3%	-	25,71
3	-2,80	-	12%	41%	34%	13%	-	7,50
4	-3,30	-	5%	56%	34%	5%	-	3,85
5	-4,00	-	-	30%	34%	30%	6%	3,08
6	-5,00	-	-	9%	36%	39%	16%	2,80

Se observă conținutul mai ridicat în fracțiuni granulare fine al straturilor de la suprafață, straturi ce au și coeficientul de neuniformitate mai mare.

Pentru acestea conținutul de nisip fin este cuprins între 32...56%, iar $U_n=7,50...28,34$ nisipul fin dintre cotele -2,40 până la -3,00 m, fiind un pământ cu granulozitate uniformă.

Straturile de nisip situate sub cota de $-3,00$ m sunt nisipuri fine și mijlocii-mari având un procent mai mare de pietriș spre cota de $-5,00$ m. Aceste straturi au o granulozitate foarte uniformă, deoarece gradul de neuniformitate este mai mic de $U_n=2,80...3,85 < 5$, [94].

Determinarea unor caracteristici fizico-mecanice și a gradului de îndesare al complexului nisipos care formează terenul de fundare al blocului B 21 s-a făcut pe baza celor 5(cinci) penetrări dinamice ușoare (PDU), executate pentru fiecare scară și notate $P_1...P_5$, fiind conduse până la adâncimea de $4,00$ m, de la cota săpăturii generale de $-2,00$ m. Dispunerea în amplasament a celor 5 penetrări este prezentată în fig. 4.2, pentru scara A, și sunt reprezentate grafic în figura 4.3, [84], [89].

Din interpretarea celor 5(cinci) penetrări dinamice ușoare inițiale efectuate în terenul de fundare, a rezultat că numărul mediu de lovituri N_{10} are o valoare apropiată de $N_{10}=10\text{lov}/10$ cm.

Prin prelucrarea rezultatelor de penetrare inițiale, conform instrucțiunilor C159-89 și C176-84, au fost determinate unele caracteristici fizico-mecanice prezentate în tabelele 4.2.

Terenul de fundare prezintă o porozitate inițială mare $n_i\%=45,1...51,5\%$, un indice al porilor cuprins între valorile $e_i=0,82...1,06$, o valoare $\gamma_d=12,84...14,54$ kN/m³ și un grad de îndesare ce depășește foarte puțin starea afânată, $I_D=0,176...0,412$. Modulul de deformație liniară are o valoare caracteristică a pământurilor cu compresibilitate mare și foarte mare $E=6250...8000$ kPa, [84],[85].

Indicii geotehnici prezentați anterior, caracterizează terenul de fundare al blocului B21, sc.A ca fiind un complex nisipos în stare afânată cu zone de îndesare medie.

Diametrul mijlociu $d_{50}=0,065...0,58$ mm, diametrul eficace $d_{10}=0,037...0,25$ mm fracțiune argilă=0%, fracțiunea pietriș mic=6...16%, gradul de îndesare $I_D<0,60$, uniformitatea complexului nisipos și nivelul apelor subterane, $-3,50$ m, caracterizează complexul nisipos ce formează terenul de fundare pentru blocul de locuințe B21, sc.A, ca fiind un pământ lichifiabil și ușor lichifiabil în cazul mișcărilor seismice pentru zona D, conform instrucțiunilor P125-84.

Caracteristicile geotehnice nefavorabile pun în evidență o capacitate portantă redusă, o deformabilitate mare și posibilitatea pierderii rezistenței la forfecare a complexului nisipos în cazul mișcărilor seismice pentru zona D [98].

Din aceste motive și pe baza experienței acumulate în cazul precedent, Bloc B 20, autorul prezentei lucrări a recomandat îmbunătățirea terenului de fundare dificil, cu ajutorul metodei vibroînțepărilor și adaos de apă până la inundarea punctului de vibroînțepare, pe adâncimea de $3,0...5,0$ m, conform celor prezentate în paragraful 3.13, și schemei tehnologice stabilite în figura 3.10.

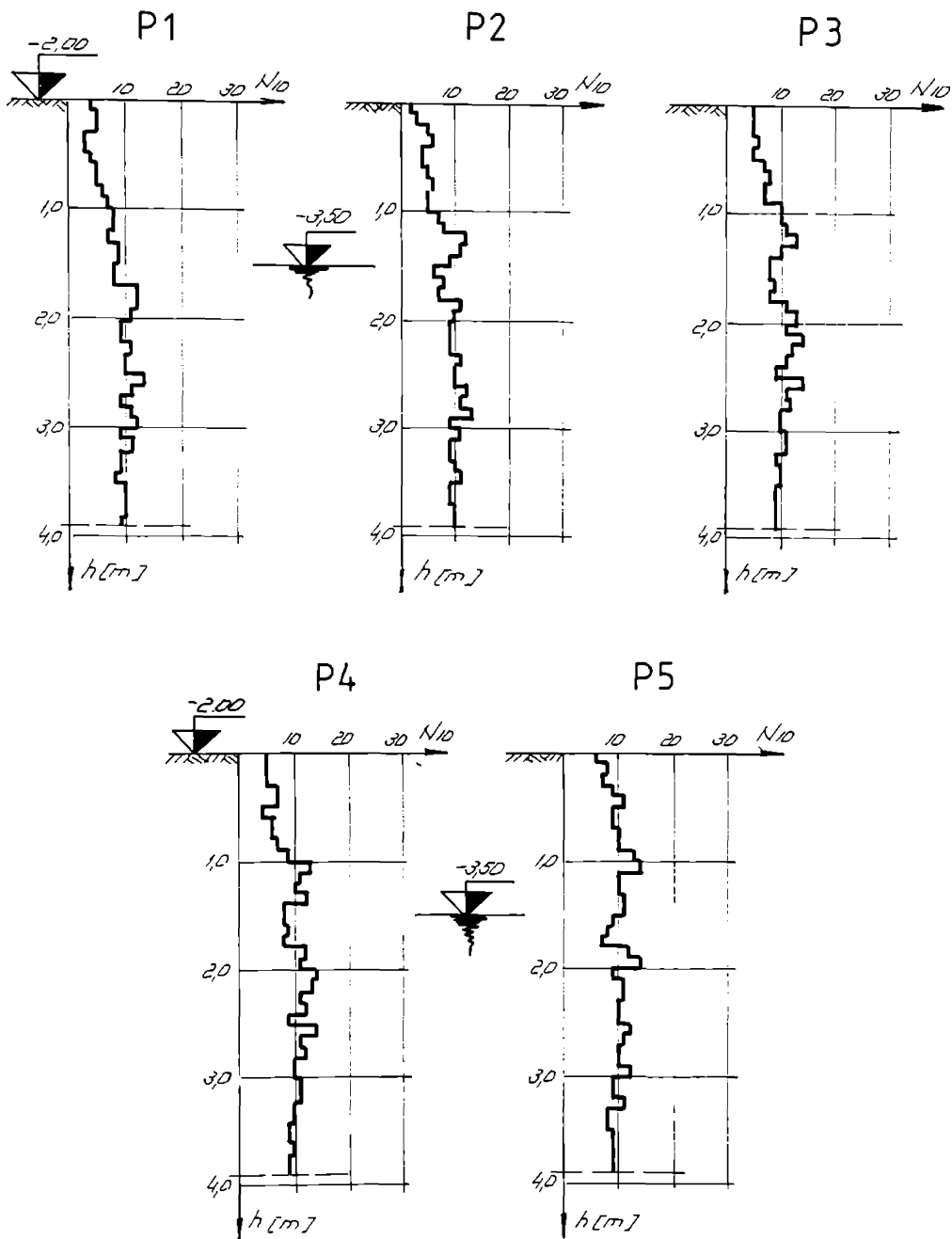


Fig. 4.3. PENETRĂRI ÎNȚĂLE ÎN TEREN NATURAL
BLOC B21, SC. A

TABELUL 4.2 CARACTERISTICI FIZICO - MECANICE ALE TERENULUI NATURAL BLOC B 21, Sc.,A

P₁

h [m]	N ₁₀	R _p [daN/cm ²]	CARACTERISTICI FIZICO - MECANICE				
			e	n[%]	γ[kN/m ³]	E[kPa]	I _b
0.50	3	6.09	1.06	51.5	12.84	5100	0.176
1.00	7	14.21	0.93	48.4	13.69	6900	0.281
1.50	9	18.27	0.89	47.4	13.98	7400	0.322
2.00	11	22.33	0.86	46.4	14.22	7700	0.360
2.50	10	20.30	0.87	46.7	14.14	7600	0.342
3.00	12	24.36	0.85	46.1	14.30	7800	0.378
3.50	8	16.24	0.91	47.9	13.83	7200	0.302
4.00							

P₂

h [m]	N ₁₀	R _p [daN/cm ²]	CARACTERISTICI FIZICO - MECANICE				
			e	n[%]	γ[kN/m ³]	E[kPa]	I _b
0.50	4	8.12	1.02	50.5	13.10	5800	0.206
1.00	5	10.15	0.98	49.5	13.34	6250	0.234
1.50	9	18.27	0.89	47.4	13.98	7400	0.322
2.00	10	20.30	0.87	46.7	14.14	7600	0.342
2.50	10	20.30	0.87	46.7	14.14	7600	0.342
3.00	9	18.27	0.89	47.4	13.98	7400	0.322
3.50	11	22.33	0.86	46.4	14.22	7700	0.360
4.00							

P₃

h [m]	N ₁₀	R _p [daN/cm ²]	CARACTERISTICI FIZICO - MECANICE				
			e	n[%]	γ[kN/m ³]	E[kPa]	I _b
0.50	5	10.15	0.98	49.5	13.34	6250	0.234
1.00	10	20.30	0.87	46.7	14.14	7600	0.342
1.50	8	16.24	0.91	47.9	13.83	7200	0.302
2.00	13	26.39	0.84	45.7	14.38	8000	0.395
2.50	9	18.27	0.89	47.4	13.98	7400	0.322
3.00	10	20.30	0.87	46.7	14.14	7600	0.342
3.50	10	20.30	0.87	46.7	14.14	7600	0.342
4.00							

P₄

h [m]	N ₁₀	R _p [daN/cm ²]	CARACTERISTICI FIZICO - MECANICE				
			e	n[%]	γ[kN/m ³]	E[kPa]	I _b
0.50	7	14.21	0.93	48.4	13.69	6900	0.281
1.00	9	18.27	0.89	47.4	13.98	7400	0.322
1.50	8	16.24	0.91	47.9	13.83	7200	0.302
2.00	11	22.33	0.86	46.4	14.22	7700	0.360
2.50	9	18.27	0.89	47.4	13.98	7400	0.322
3.00	10	20.30	0.87	46.7	14.14	7600	0.342
3.50	9	18.27	0.89	47.4	13.98	7400	0.322
4.00							

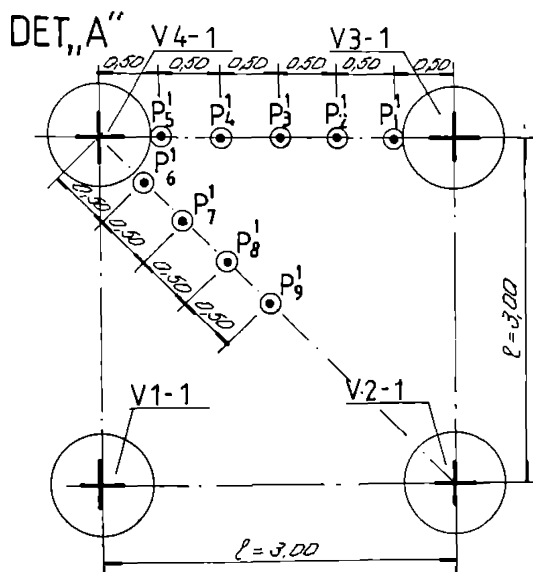
P₅

h [m]	N ₁₀	R _p [daN/cm ²]	CARACTERISTICI FIZICO - MECANICE				
			e	n[%]	γ[kN/m ³]	E[kPa]	I _b
0.50	11	22.33	0.86	46.4	14.22	7700	0.360
1.00	13	26.39	0.84	45.7	14.38	8000	0.395
1.50	11	22.33	0.86	46.4	14.22	7700	0.360
2.00	14	28.42	0.82	45.1	14.54	8200	0.412
2.50	10	20.30	0.87	46.7	14.14	7600	0.342
3.00	12	24.36	0.85	46.1	14.30	7800	0.378
3.50	8	16.24	0.91	47.9	13.83	7200	0.302
4.00							

4.2. CERCETĂRI EXPERIMENTALE ASUPRA TERENULUI ÎMBUNĂTĂȚIT PENTRU AMPLASAMENTUL BLOCULUI B 21, Sc.A.

4.2.1. Studii cu privire la verificarea calității terenului îmbunătățit pe bule blocul B 21, sc.A.

Lucrările de verificare a calității îmbunătățirii terenului de fundare prin tehnologia de vibroînțepare stabilită au fost realizate prin încercări de penetrare dinamică ușoară.



Penetrările de control au fost dispuse în lungul laturii unui careu al îmbunătățirii ($P_1^1 \dots P_5^1$) și în lungul diagonalei sale ($P_6^1 \dots P_9^1$), amplasarea acestora fiind prezentată în fig.4.2, iar detaliile "A" în fig.4.4 și 4.5, [85]. După fiecare etapă de îmbunătățire au fost executate câte 9 (nouă) penetrări dinamice ușoare de control, conduse până la o adâncime de 4,00 m. După executarea vibroînțepărilor V_{1-1} , V_{2-1} , V_{3-1} , și V_{4-1} din etapa 1 a îmbunătățirii cele 9 (nouă) penetrări de control au fost executate la distanțe de 0,50 m

Fig.4.4. Schema distanței penetrărilor de control, etapa 1. între ele și vibroînțepări, fig.4.4, notate cu $P_1^1 \dots P_9^1$.

După executarea vibroînțepărilor V_{5-2} , V_{6-2} , V_{7-2} , și V_{8-2} din etapa a 2-a de îmbunătățire a terenului de fundare, cele 9 (nouă) penetrări dinamice de control, notate cu $P_1^2 \dots P_9^2$, s-au executat decalat cu 20...25 cm față de cele din etapa 1, fig.4.5, [85], [97].

Reprezentarea grafică a celor 18 penetrări dinamice de control este prezentată în figura 4.6, pentru etapa 1, și în figura 4.7 pentru etapa a 2-a de îmbunătățire a terenului de fundare de pe amplasamentul blocului B 21, sc.A. În figura 4.7 se prezintă suprapunerea diagramelor similare ca poziție efectuate în cele două etape de îmbunătățire.

Pe baza analizei și studiului acestor diagrame de penetrare de control s-au desprins următoarele constatări:

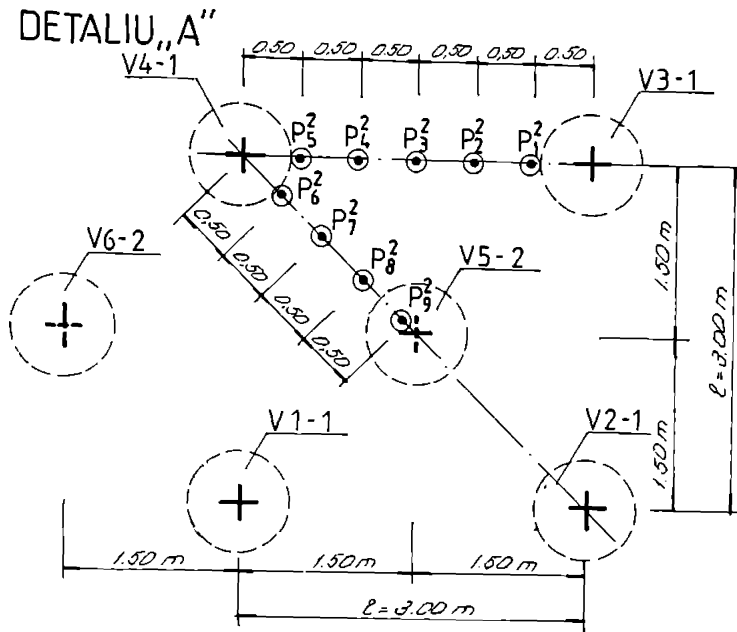


Fig.4.5. Schema distanței penetrărilor de control

A. ETAPA 1

a. Diagramele de penetrare dinamică de control P_1^1 , P_5^1 și P_6^1 executate la o distanță de 50 cm față de punctele de vibrație $V_{3,1}$ și $V_{4,1}$, fig.4.4, indică creșteri extrem de mari ale valorilor N_{10} pe toată adâncimea de penetrare a complexului nisipos, după efectuarea vibrațiilor aferente etapei 1 de îmbunătățire, fig.4.6.

Între cotele de $-2,30$ și $-2,70$ m valorile N_{10} cresc cu 5...14 lov/10 cm față de penetrările inițiale executate în teren natural, ajungând la valori a lui N_{10} în jur de $N_{10}=20...24$ lov/10 cm.

Acestea reprezintă o creștere cu 100...140%. Între cotele de $-2,70$ m și $-3,50$ m (cota apei subterane), creșterea valorilor lui N_{10} este una continuă cu atingerea unor valori ale lui N_{10} de $N_{10}=30$ lov/10 cm, deci creșteri de până la 200%.

La depășirea cotei apelor subterane se pot observa pe diagramele de penetrare de la distanța de 50 cm, față de vibrații, salturi bruște de 16...21 lov/10 cm și apoi creșteri continue ale valorilor N_{10} până la $N_{10}=60$ lov/10 cm, cu excepția penetrărilor P_1^1 la care N_{10} are valori de circa 30 lov/10 cm. Aceste creșteri însemnate ale valorilor N_{10} sunt constante de la cota de $-3,50$ m până la baza complexului nisipos care se situează la cota $-5,00$ m de unde începe stratul de argilă cafenie, [85], [28].

b. Diagramele de penetrare executate la distanța de 1,0 m față de punctele de vibrație arată creșteri foarte diferite ale valorilor N_{10} cu adâncimea.

FIG 4.6 PENETRĂRI DE CONTROL - ETAPA 1 A ÎMBUNĂTĂȚIRI TERENULUI - BLOC C 21, S-E A

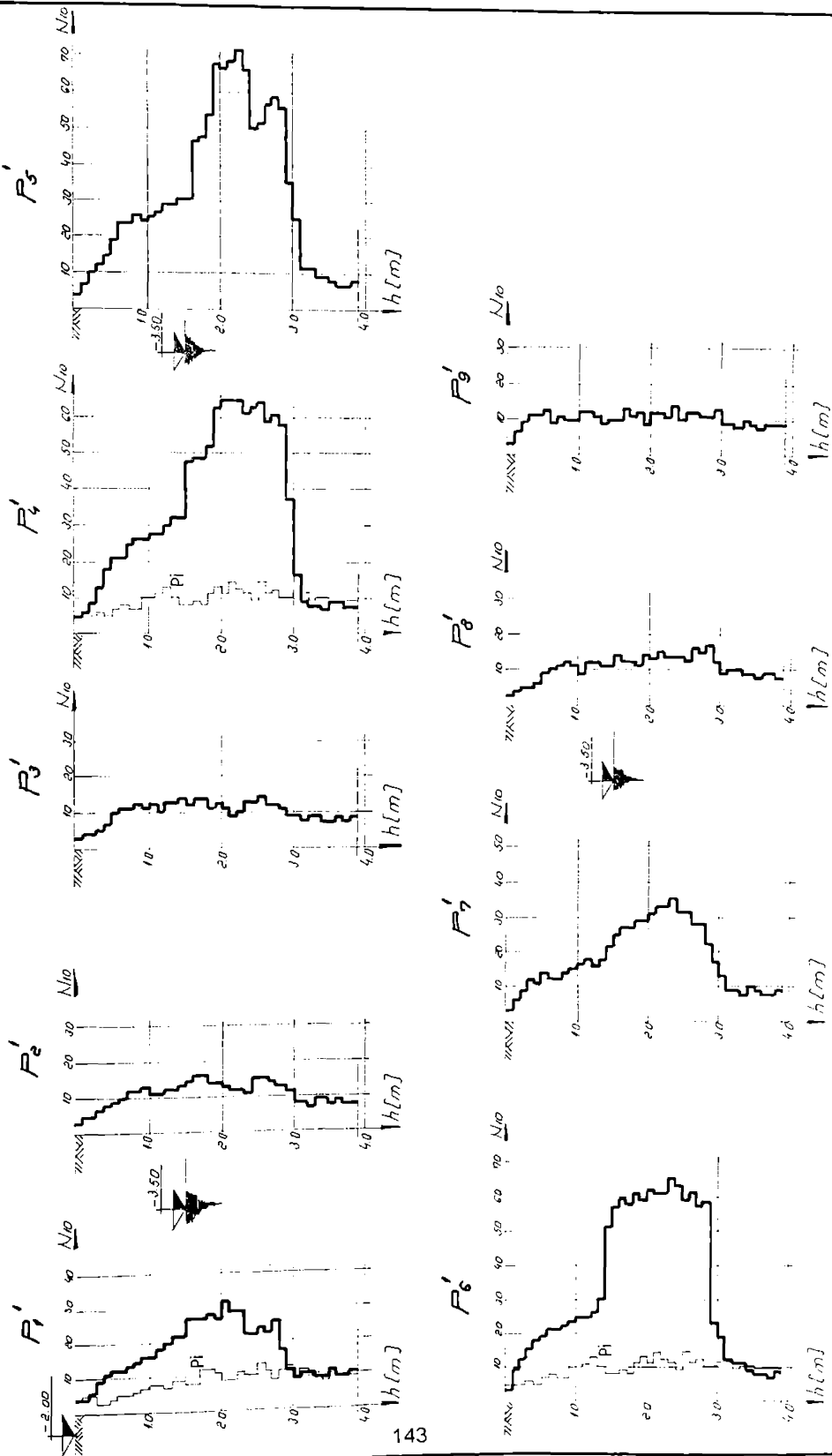
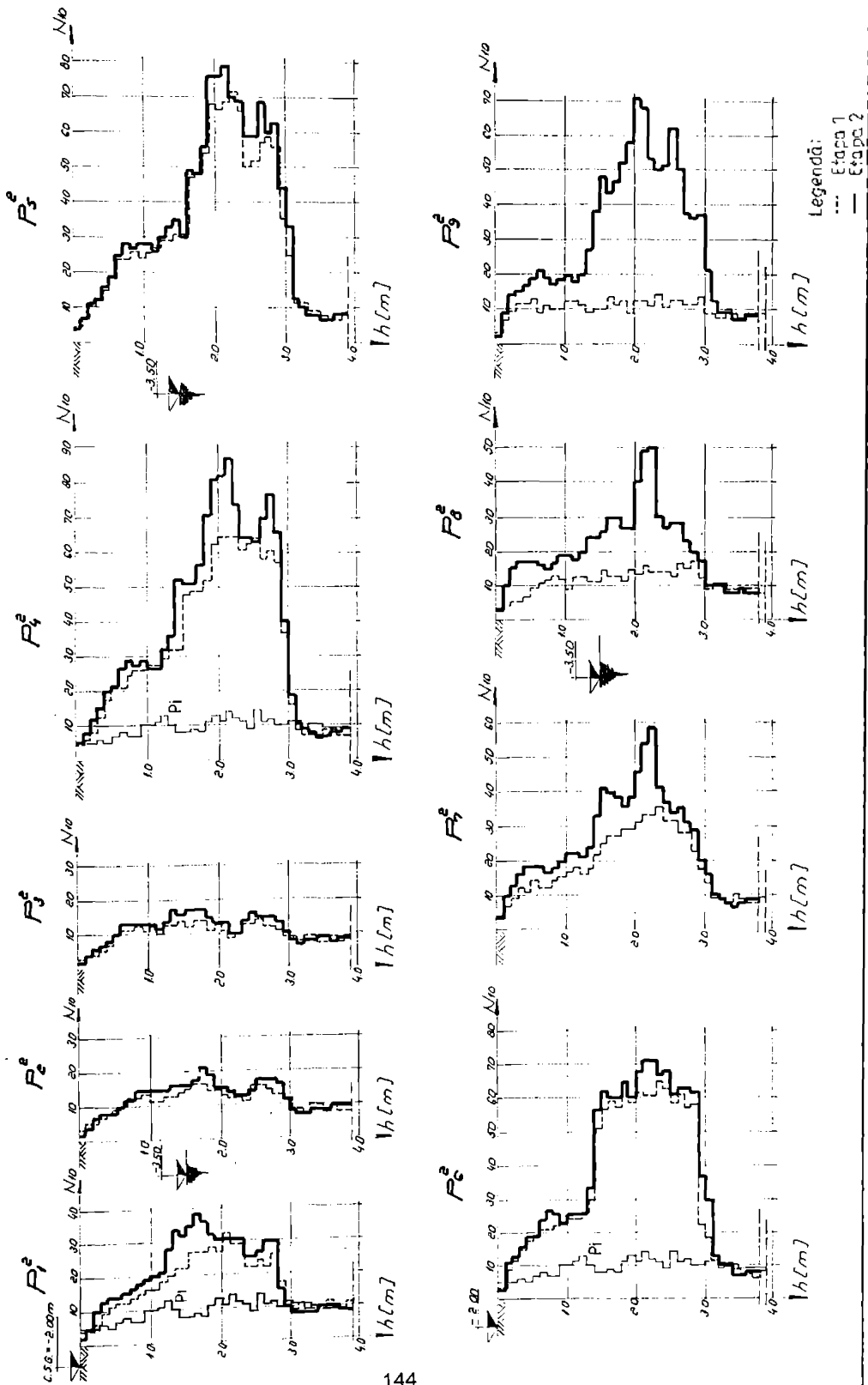


FIG. 4.7 PENETRĂRI DE CONTROL ETAPA 2 A ÎMBUNĂȚĂRII TERENULUI BLOC B21 Sc.A



Penetrarea P_2^1 nu indică creșteri pentru N_{10} . Penetrarea P_7^1 indică creșteri mici pentru N_{10} până la nivelul apelor subterane (3...7lov/10 cm), după care N_{10} atinge valori de $N_{10}=30$ lov/10 cm.

Diagrama P_4^1 prezintă creșteri mari ale lui N_{10} , de 100%...150%, din suprafață până la cota apelor subterane, cotă de la care N_{10} crește printr-un salt brusc la valori de $N_{10}=60$ lov/10 cm, similar cu penetrările de la distanța de 0,50 m față de punctele de vibroînțepare, fig.4.6.

c. Diagramele de penetrare P_6^1 și P_9^1 situate în lungul diagonalei careului de îmbunătățire la distanțele de 1,5 și 2,0 m și penetrarea P_3^1 situată la mijlocul laturii careului la 1,50 m, nu prezintă creșteri ale valorilor N_{10} față de starea inițială a terenului de fundare.

B. ETAPA 2

d. După realizarea vibroînțepărilor V_{5-2} , V_{6-2} , V_{7-2} , și V_{8-2} din etapa a 2-a a îmbunătățirii terenului de fundare s-a constatat că diagramele de penetrare de control P_9^2 și P_6^2 au înregistrat creșteri mari ale lui N_{10} , până la baza complexului nisipos, situată la cota de -5,00 m.

Penetrarea P_9^2 înregistrează creșteri ale lui N_{10} până la valori cuprinse între 50...70lov/10 cm, iar pentru P_6^2 creșterile lui N_{10} se situează între valorile de 30...50lov/10 cm

Pentru ambele cazuri creșterile valorilor N_{10} sunt de 100%... 110% până la cota de -3,50 m ,a apelor subterane, și peste 200% sub această cotă, unde influența apei subterane conduce la acele salturi bruște ale lui N_{10} din diagrama de penetrare.

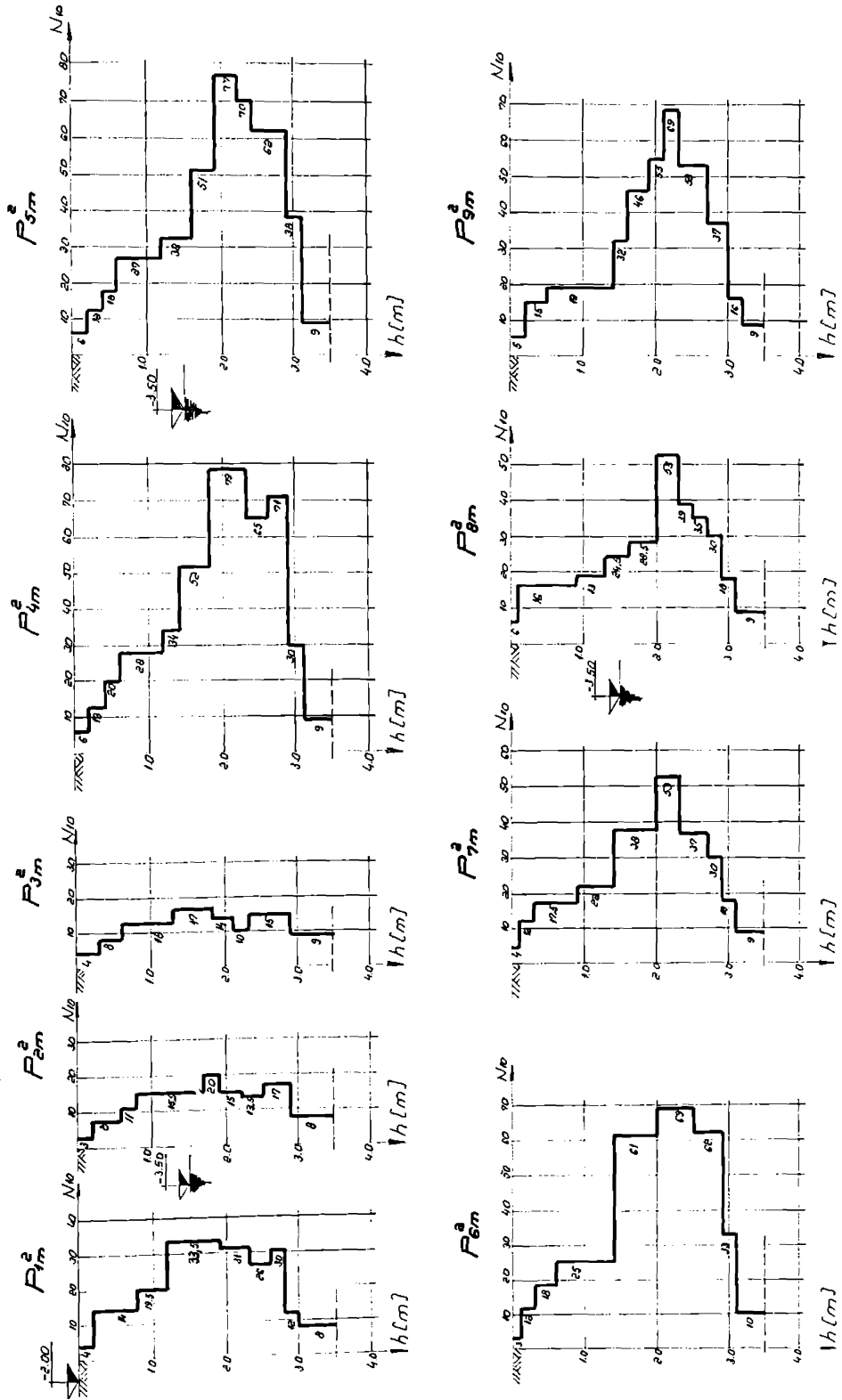
Penetrarea dinamică P_7^2 , situată în raza de 1,00 m a vibroînțepării V_5^2 , indică creșteri mici pentru N_{10} (de 3...6 lov/10cm) până la nivelul apelor subterane, nivel de la care se produce un salt brusc pentru N_{10} de 11...23 lov/10 cm.

Astfel valorile N_{10} sunt situate în jurul lui $N_{10}=40$ lov/10cm, ceea ce înseamnă o creștere cu 33...69% față de etapa 1 de control, fig.4.7.

e. Vibroînțepările realizate în etapa a 2-a de îmbunătățire a terenului de fundare au un aport favorabil în îndesarea suplimentară a terenului de fundare din jurul vibroînțepărilor din etapa 1. Acest aport este pus în evidență de toate celelalte penetrări de control din etapa 2, V_1^2 ... V_6^2 , care indică creșteri pentru N_{10} cu 3...17lov/10 cm față de etapa 1. Creșterile mai pronunțate sunt stabilite pentru adâncimi aflate sub cota apelor subterane, fig 4.7, [10], [86].

Pentru aprecierea stării de îndesare și stabilirea unor caracteristici fizico-mecanice ale terenului îmbunătățit s-au utilizat relațiile de calcul existente în Instrucțiunile tehnice C176-84 și C 159-89. Pentru calculul acestor caracteristici s-au stabilit diagramele medii de

FIG 4.9 PENETRARI DE CONTROL MEDII ETAPA 2 A ÎMBUNĂTĂȚIRII TERENULUI - BLOC 27, Sc.A



TABELUL 4.3 CARACTERISTICI FIZICO-MECANICE PENTRU DIAGrame DE PENETRARE MEDII BLOC B 21, Sc. A, ETAPA 1

P¹_{1m}

h [m]	N ₁₀	R _p [daN/cm ²]	CARACTERISTICI FIZICO-MECANICE				
			e	n[%]	γ[kN/m ³]	E[kPa]	I _D
0.50	12	24.36	0.850	46.1	14.30	7800	0.378
1.00	16	32.48	0.800	44.4	14.70	8300	0.443
1.50	27	54.81	0.720	41.8	15.42	9300	0.593
2.00	30	60.90	0.700	41.2	15.60	9600	0.628
2.50	23	46.69	0.745	42.5	15.21	9080	0.542
3.00	15	30.45	0.810	44.7	14.68	8200	0.428
3.50	10						0.342
4.00							

P¹_{2m}

h [m]	N ₁₀	R _p [daN/cm ²]	CARACTERISTICI FIZICO-MECANICE				
			e	n[%]	γ[kN/m ³]	E[kPa]	I _D
0.50	9	18.27	0.89	47.4	13.98	7400	0.322
1.00	12	24.36	0.85	46.1	14.30	7800	0.378
1.50	15	30.45	0.81	44.7	14.68	8250	0.428
2.00	12	24.36	0.85	46.1	14.30	7800	0.378
2.50	15	30.45	0.81	44.7	14.68	8500	0.428
3.00	13	26.39	0.84	45.7	14.38	7900	0.395
3.50	9						0.322
4.00							

P¹_{3m}

h [m]	N ₁₀	R _p [daN/cm ²]	CARACTERISTICI FIZICO-MECANICE				
			e	n[%]	γ[kN/m ³]	E[kPa]	I _D
0.50	11	22.33	0.86	46.4	14.22	7700	0.360
1.00	11	22.33	0.86	46.4	14.22	7700	0.360
1.50	13	26.39	0.84	45.7	14.38	8000	0.395
2.00	11	22.33	0.86	46.4	14.22	7700	0.360
2.50	13	26.39	0.84	45.7	14.38	8000	0.395
3.00	10	20.30	0.87	46.7	14.14	7600	0.342
3.50	9						0.322
4.00							

P¹_{4m}

h [m]	N ₁₀	R _p [daN/cm ²]	CARACTERISTICI FIZICO-MECANICE				
			e	n[%]	γ[kN/m ³]	E[kPa]	I _D
0.50	21.0	42.63	0.750	42.6	15.19	9000	0.516
1.00	26.0	52.78	0.730	42.2	15.33	9150	0.580
1.50	49.0	99.47	0.625	38.4	16.27	10400	0.625
2.00	62.5	126	0.585	36.9	16.68	10800	0.944
2.50	62.5	126.8	0.585	36.9	16.68	10800	0.944
3.00	62.5	126.8	0.585	36.9	16.68	10800	0.944
3.50	9.0						0.322
4.00							

P¹_{5m}

h [m]	N ₁₀	R _p [daN/cm ²]	CARACTERISTICI FIZICO-MECANICE				
			e	n[%]	γ[kN/m ³]	E[kPa]	I _D
0.50	17	34.51	0.790	44.1	14.79	8600	0.459
1.00	25	50.75	0.730	44.2	15.33	9125	0.568
1.50	30	60.90	0.700	41.2	15.60	9600	0.628
2.00	68	138.0	0.571	36.3	16.80	10850	0.969
2.50	54	109.6	0.610	37.9	16.41	10500	0.870
3.00	54	109.6	0.610	37.9	16.41	10500	0.870
3.50	10						0.342
4.00							

P¹_{6m}

h [m]	N ₁₀	R _p [daN/cm ²]	CARACTERISTICI FIZICO-MECANICE				
			e	n[%]	γ[kN/m ³]	E[kPa]	I _D
0.50	21.0	42.63	0.75	42.6	15.19	90000	0.530
1.00	25.0	50.75	0.73	42.3	15.36	9125	0.568
1.50	59.5	120.8	0.59	37.1	16.61	10800	0.918
2.00	59.5	120.8	0.59	37.1	16.61	10800	0.918
2.50	59.5	120.8	0.59	37.1	16.61	10800	0.918
3.00	21.0	42.63	0.75	42.6	15.91	9000	0.530
3.50	11.0						0.360
4.00							

TABELUL 4.4 CARACTERISTICI FIZICO - MECANICE PENTRU DIAGrame DE PENETRARE MEDII BLOC B 21, Sc. A, ETAPA 1

P^1_{7m}

h [m]	N ₁₀	R _p [daN/cm ²]	CARACTERISTICI FIZICO - MECANICE				
			e	n[%]	γ[kN/m ³]	E[kPa]	I _D
0.50	12.5	25.38	0.845	45.90	14.34	7850	0.387
1.00	16.5	33.50	0.790	44.10	14.79	8550	0.451
1.50	23.0	46.69	0.745	42.50	15.21	9080	0.542
2.00	32.0	64.96	0.695	40.85	15.67	9700	0.651
2.50	32.0	64.96	0.695	40.85	15.67	9700	0.651
3.00	20.0	40.60	0.760	43.10	15.06	9000	0.502
3.50	10.0						0.342
4.00							

P^1_{8m}

h [m]	N ₁₀	R _p [daN/cm ²]	CARACTERISTICI FIZICO - MECANICE				
			e	n[%]	γ[kN/m ³]	E[kPa]	I _D
0.50	10.5	21.32	0.865	46.5	14.17	7650	0.351
1.00	10.5	21.32	0.865	46.5	14.17	7650	0.351
1.50	12.0	24.36	0.850	46.1	14.30	7800	0.378
2.00	14.0	28.42	0.820	45.1	14.54	8200	0.412
2.50	14.0	28.42	0.820	45.1	14.54	8200	0.412
3.00	16.0	32.46	0.800	44.4	14.70	8300	0.443
3.50	10.0						0.342
4.00							

P^1_{9m}

h [m]	N ₁₀	R _p [daN/cm ²]	CARACTERISTICI FIZICO - MECANICE				
			e	n[%]	γ[kN/m ³]	E[kPa]	I _D
0.50	11	22.33	0.86	46.4	14.22	7700	0.360
1.00	11	22.33	0.86	46.4	14.22	7700	0.360
1.50	11	22.33	0.86	44.6	14.22	7700	0.360
2.00	11	22.33	0.86	44.6	14.22	7700	0.360
2.50	11	22.33	0.86	44.6	14.22	7700	0.360
3.00	11	22.33	0.86	44.6	14.22	7700	0.360
3.50	11						0.360
4.00							

TABELUL 4.5 CARACTERISTICI FIZICO - MECANICE PENTRU DIAGrame DE PENETRARE MEDII BLOC B 21, Sc. A, ETAPA 2

P²_{1m}

h [m]	N ₁₀	R _p [daN/cm ²]	CARACTERISTICI FIZICO - MECANICE					
			e	n[%]	γ[kN/m ³]	E[kPa]	Φ [°]	I _b
0.50	14.0	28.42	0.820	45.1	14.54	8200	31.3	0.412
1.00	19.5	39.59	0.760	43.0	15.06	9000	32.5	0.495
1.50	33.5	68.00	0.685	40.6	15.74	9740	34.0	0.668
2.00	31.0	68.93	0.695	40.6	15.64	9620	33.9	0.640
2.50	26.0	52.78	0.730	42.2	15.33	9150	33.5	0.580
3.00	30.0	60.90	0.700	41.2	15.60	9600	33.7	0.628
3.50	8.0							0.300
4.00								

P²_{2m}

h [m]	N ₁₀	R _p [daN/cm ²]	CARACTERISTICI FIZICO - MECANICE					
			e	n[%]	γ[kN/m ³]	E[kPa]	Φ [°]	I _b
0.50	8.0	16.24	0.91	47.9	13.83	7200	30.0	0.300
1.00	15.5	31.47	0.80	44.5	14.69	8400	31.6	0.436
1.50	15.5	31.47	0.80	44.5	14.69	8400	31.6	0.436
2.00	15.0	30.45	0.81	44.7	14.68	8250	31.5	0.428
2.50	17.0	34.51	0.79	44.1	14.79	8600	32.0	0.459
3.00	17.0	34.51	0.79	44.1	14.79	8600	32.0	0.459
3.50	8.0							0.300
4.00								

P²_{3m}

h [m]	N ₁₀	R _p [daN/cm ²]	CARACTERISTICI FIZICO - MECANICE					
			e	n[%]	γ[kN/m ³]	E[kPa]	Φ [°]	I _b
0.50	8	16.24	0.91	47.9	13.83	8000	30.0	0.300
1.00	13	26.39	0.84	45.7	14.38	8600	31.1	0.395
1.50	17	34.51	0.79	44.1	14.79	8200	32.0	0.459
2.00	14	28.42	0.82	45.1	14.54	8250	31.3	0.412
2.50	15	30.45	0.81	44.7	14.68	8250	31.5	0.428
3.00	15	30.45	0.81		14.68		31.5	0.428
3.50	9							0.322
4.00								

P²_{4m}

h [m]	N ₁₀	R _p [daN/cm ²]	CARACTERISTICI FIZICO - MECANICE					
			e	n[%]	γ[kN/m ³]	E[kPa]	Φ [°]	I _b
0.50	20	40.60	0.760	43.1	15.06	9000	32.5	0.502
1.00	28	56.84	0.718	41.7	15.46	9350	33.5	0.605
1.50	52	105.6	0.617	38.1	16.34	10425	35.6	0.852
2.00	79	160.3	0.554	35.6	17.02	12000	37.7	1.000
2.50	65	131.9	0.580	36.7	16.72	10850	36.4	0.965
3.00	71	144.1	0.565	36.0	16.88	11250	37.1	1.000
3.50	9							0.322
4.00								

P²_{5m}

h [m]	N ₁₀	R _p [daN/cm ²]	CARACTERISTICI FIZICO - MECANICE					
			e	n[%]	γ[kN/m ³]	E[kPa]	Φ [°]	I _b
0.50	18	36.54	0.780	43.8	14.88	8600	32.1	0.474
1.00	27	54.81	0.720	41.8	15.42	9300	33.5	0.593
1.50	32	64.96	0.695	40.8	15.89	9700	34.1	0.651
2.00	77	156.3	0.557	35.7	17.00	11000	37.4	1.000
2.50	62	125.8	0.585	36.9	16.67	10600	36.2	0.940
3.00	38	77.14	0.665	39.9	15.92	9940	34.5	0.716
3.50	9							0.322
4.00								

P²_{6m}

h [m]	N ₁₀	R _p [daN/cm ²]	CARACTERISTICI FIZICO - MECANICE					
			e	n[%]	γ[kN/m ³]	E[kPa]	Φ [°]	I _b
0.50	18	36.54	0.780	43.8	14.88	8600	32.1	0.474
1.00	25	50.75	0.730	42.2	15.33	9125	32.3	0.568
1.50	61	123.8	0.587	37.0	16.64	10800	36.1	0.931
2.00	69	140.0	0.570	36.2	16.83	10900	36.9	0.997
2.50	62	125.8	0.585	36.9	16.67	10800	36.2	0.940
3.00	33	67.0	0.890	40.8	15.69	9730	34.0	0.683
3.50	10							0.342
4.00								

TABELUL 4.6 CARACTERISTICI FIZICO - MECANICE PENTRU DIAGrame DE PENETRARE MEDII BLOC B 21, Sc. A, ETAPA 2

P^2_{7m}

h [m]	N ₁₀	R _p (daN/cm ²)	CARACTERISTICI FIZICO - MECANICE					
			e	n[%]	γ(kN/m ³)	E(kPa)	φ [°]	I _D
0.50	17.5	35.30	0.780	43.8	14.88	8600	32.0	0.466
1.00	22.0	44.66	0.745	42.6	15.19	9050	33.0	0.530
1.50	38.0	77.14	0.665	39.9	15.92	9940	34.5	0.716
2.00	53.0	107.6	0.615	38.1	16.30	10400	35.6	0.861
2.50	37.0	75.11	0.670	40.1	15.87	9900	34.4	0.706
3.00	18.0	36.54	0.780	43.8	14.88	8600	32.1	0.474
3.50	9.0							0.322
4.00								

P^2_{8m}

h [m]	N ₁₀	R _p (daN/cm ²)	CARACTERISTICI FIZICO - MECANICE					
			e	n[%]	γ(kN/m ³)	E(kPa)	φ [°]	I _D
0.50	16.0	32.48	0.800	44.4	14.70	8450	31.7	0.443
1.00	19.0	38.57	0.770	43.4	14.97	9000	32.3	0.529
1.50	24.5	49.74	0.735	42.3	15.28	9150	33.3	0.562
2.00	53.0	107.6	0.615	38.1	16.30	10400	35.7	0.861
2.50	39.0	79.17	0.660	39.8	15.90	9970	34.6	0.727
3.00	30.0	60.90	0.700	41.2	15.60	9600	33.7	0.628
3.50	9.0							0.322
4.00								

P^2_{9m}

h [m]	N ₁₀	R _p (daN/cm ²)	CARACTERISTICI FIZICO - MECANICE					
			e	n[%]	γ(kN/m ³)	E(kPa)	φ [°]	I _D
0.50	19	38.57	0.770	43.4	14.97	9000	32.3	0.529
1.00	19	38.57	0.770	43.4	14.97	9000	32.3	0.529
1.50	32	64.96	0.690	40.8	15.69	9700	34.1	0.651
2.00	55	111.6	0.610	37.9	16.41	10450	35.8	0.879
2.50	53	107.0	0.615	38.1	16.30	10400	35.7	0.861
3.00	37	75.11	0.670	40.1	15.87	9900	34.4	0.706
3.50	9							0.322
4.00								

penetrare dinamică ușoară pentru fiecare etapă de îmbunătățire, figurile 4.8, pentru etapa 1 și 4.9, pentru etapa 2. Aceste diagrame s-au determinat pe baza mediei valorilor N_{10} apropiate ca mărime și pe o adâncime pe care acestea sunt apropiate ca valoare.

Cu ajutorul acestor digrame medii s-au determinat valorile următoarelor caracteristici geotehnice: e , $n\%$, γ_d , E , Φ , și I_D , valori prezentate în tabelele 4.3...4.6. Unele dintre aceste caracteristici au fost reprezentate grafic pe adâncimea complexului nisipos îmbunătățit.

Variația indicelui porilor este reprezentată în fig.4.10, pentru etapa 1 și 4.11, pentru etapa 2, fiind delimitate domeniile de îndesare prin dreptele verticale $e=0,88$ (pentru $N_{10}=10 \text{ lov}/10 \text{ cm}$) și $e=0,69$ (pentru $N_{10}=33 \text{ lov}/10 \text{ cm}$).

În figurile 4.12 și 4.13 sunt reprezentate diagramele de variație ale gradului de îndesare cu adâncimea pentru etapele 1 și 2 ale îmbunătățirii.

Variațiile gradului de îndesare cu adâncimea evidențiază efectul compactării terenului de fundare în cele două etape de îmbunătățire.

Sporurile dintre stările de îndesare realizate în cele două etape sunt evidențiate prin suprapunerea lor în figura 4.13

4.2.2. Studii de interpretare a rezultatelor experimentale de teren obținute pe amplasamentul blocului de locuințe B 21, sc.A

Terenul de fundare de pe amplasamentul blocului de locuințe B 21, sc.A a fost îmbunătățit prin metoda vibroînțepării cu adaos de apă, îmbunătățirea terenului ce s-a realizat în două etape, fig.4.2.

În prima etapă s-au executat 50 de vibroînțepări ale terenului de fundare dificil, iar în etapa a 2-a s-au executat alte 36 de vibroînțepări. Ele au fost dispuse în colțurile a două rețele pătrate cu latura $l=3,00 \text{ m}$, rețelele fiind decalate în fiecare direcție cu $l=1,50 \text{ m}$, fig.4.2.

Tehnologia de realizare a vibroînțepărilor cu adaos de apă până la inundarea punctului de lucru este similară celei prezentate în cazul blocului B 20 și este redată în figura 3.10, [11], [33], [51].

Săpătura generală de pe amplasament a fost executată la cota de $-2,00 \text{ m}$ pentru eliminarea umpluturilor și a stratului coeziv de praf argilos. Pe considerentul tasărilor ce apar în urma compactării, la această cotă s-a realizat o umplutură din balast de 40 cm grosime. Astfel grosimea de teren ce a fost îmbunătățită prin vibroînțepare cu adaos de apă a fost de $h=3,40 \text{ m}$, din care $3,00 \text{ m}$ este grosimea terenului natural nisipos slab de fundare și $0,40 \text{ m}$ este grosimea stratului de balast.

FIG. 4.10 VARIATIJA INDICELUI PORILOR CU ADÂNCIMEA - BLOC B 27, SCA - ETAPA 1

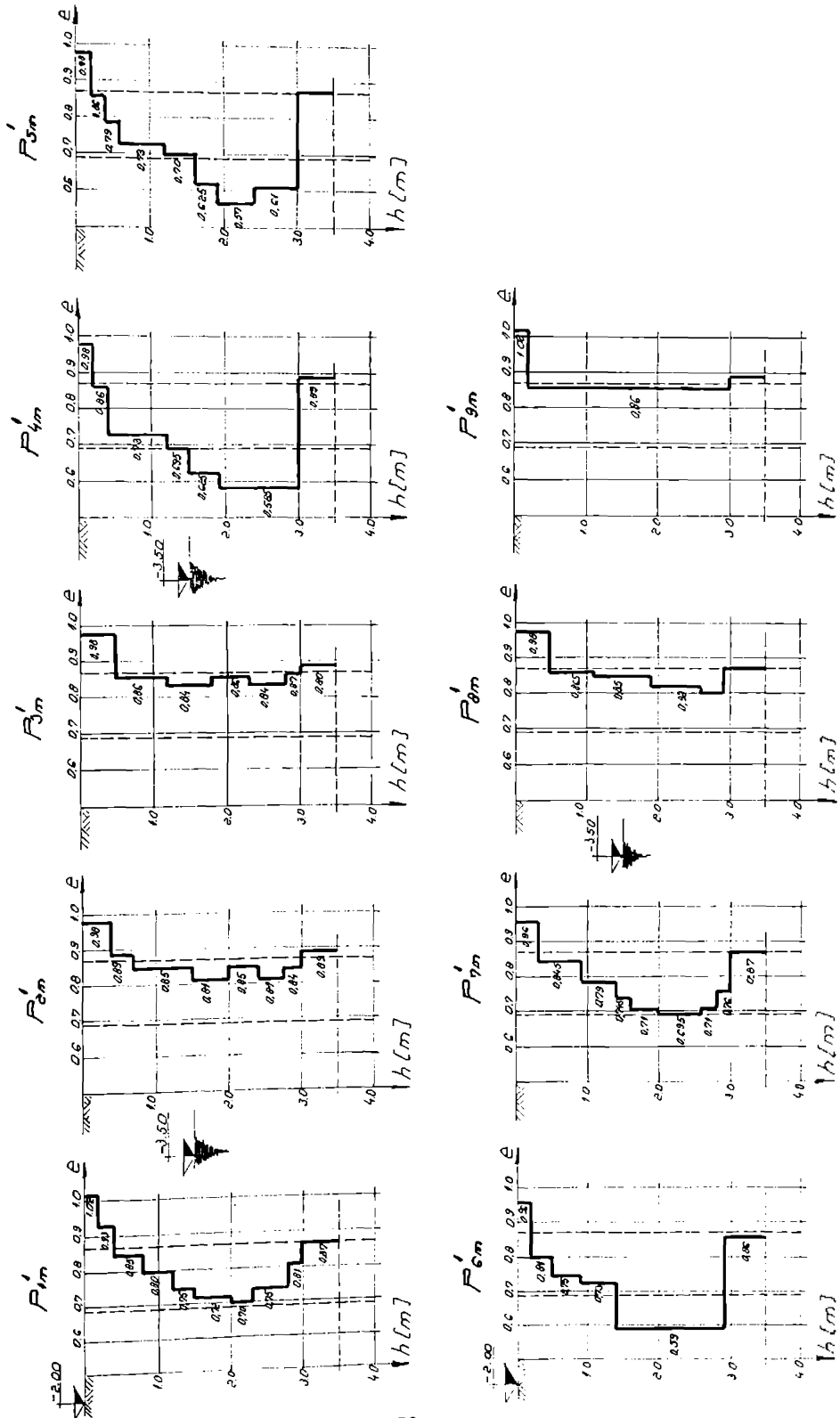


FIG 4.11 VARIATIYA INDICELUI POPILOR CU ADANCIMEA - BLOC B21, Sc. A - ETAPA 2

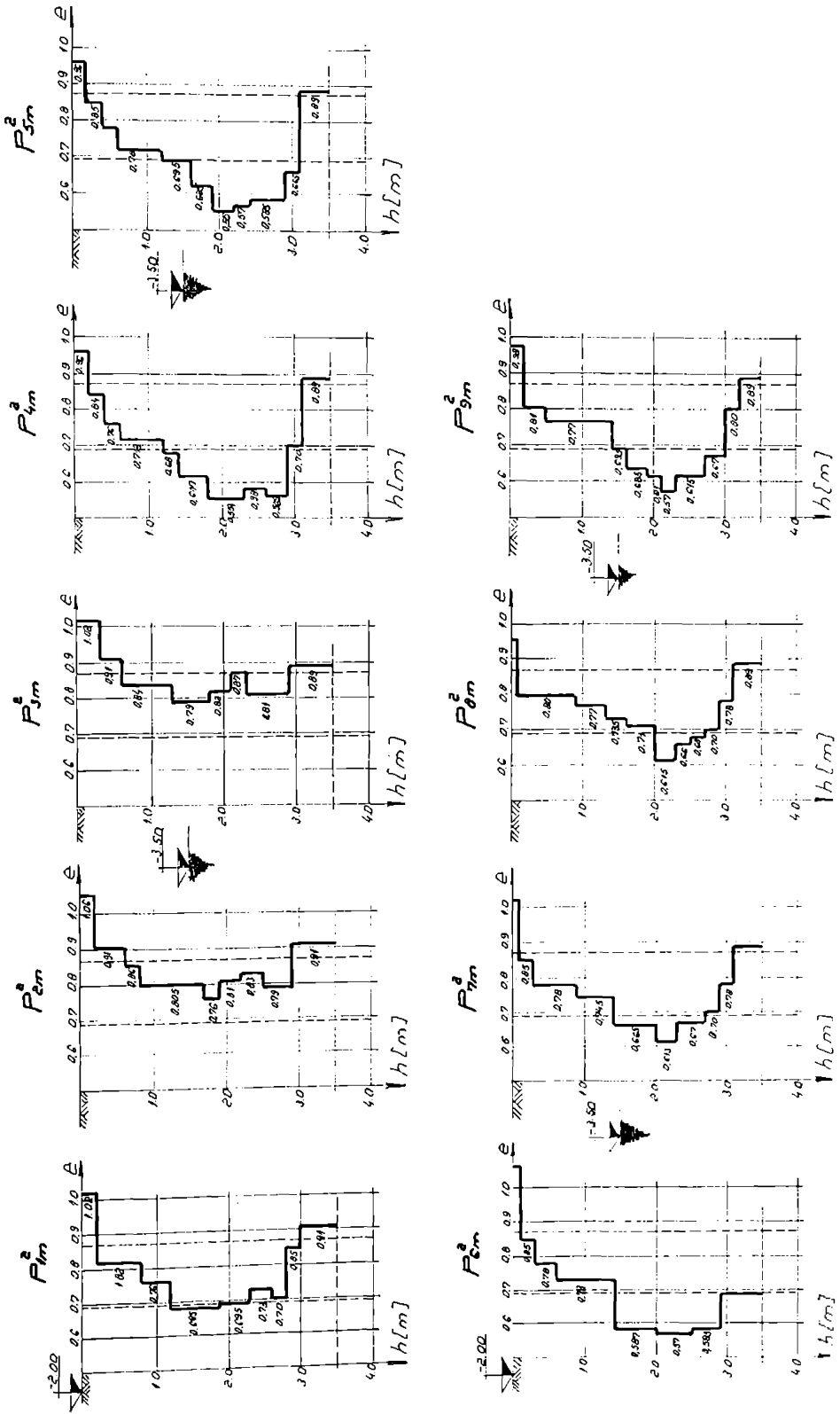


FIG 4.12 DIAGRAMA DE VARIATIE A GRADULUI DE INDESAPRE CU ADANCIMEA - BLOC B71, S.C.A - ETAPA 1

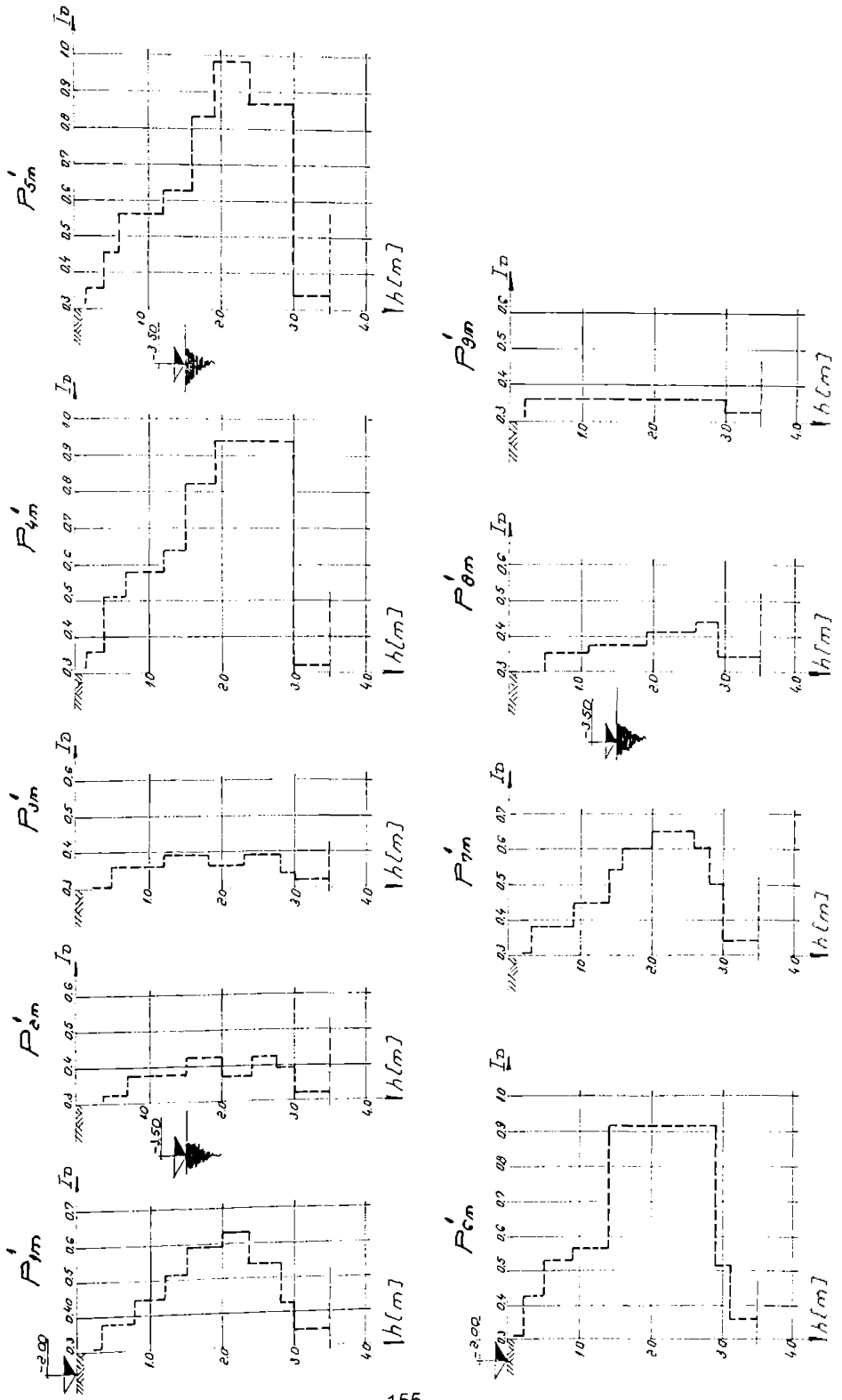
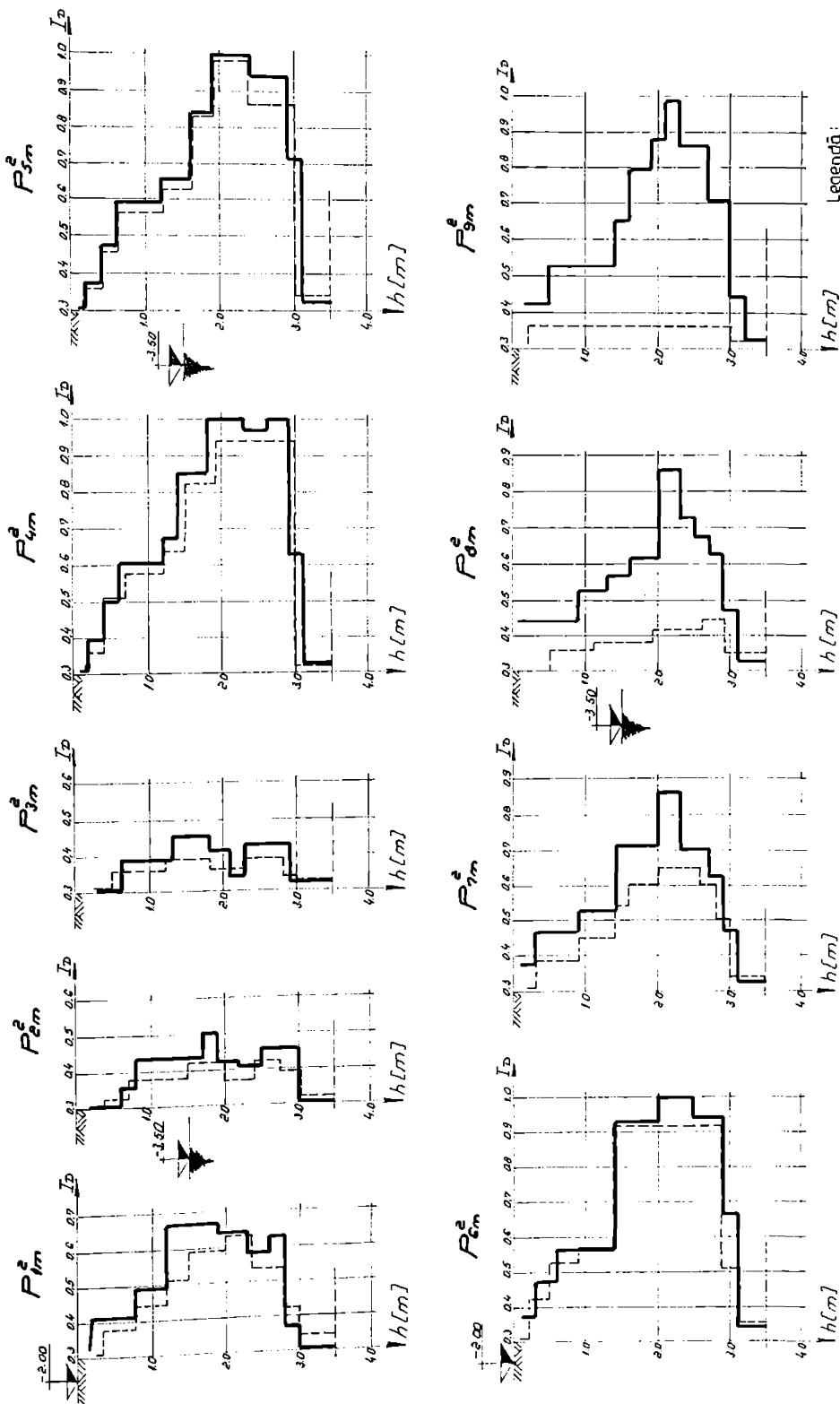


FIG 4.13 DIAGRAMA DE VARIATIE A GRADULUI DE ÎNDESARE CU ADÂNCIMEA - BLOC B71, Sc. A - ETAPA 2



La suprafața terenului, în jurul punctelor de vibroîntepare, s-au format depresiuni sub formă de pânii a căror adâncime a fost de 40...50 cm, cu un diametru cuprins între 1,20...1,50 m.

După finalizarea lucrărilor de compactare și nivelarea platformei de lucru s-a constatat o tasare generală $\Delta h = 0,35$ m a amplasamentului, ceea ce corespunde unei reduceri a grosimii de teren îmbunătățit de 10,29%.

Caracteristicile fizico-mecanice ale terenului îmbunătățit, în fiecare etapă de compactare, s-au calculat cu ajutorul diagramelor medii de penetrare ușoară, reprezentate în figurile nr.4.8 (etapa 1) și 4.9 (etapa 2). Pe baza acestor diagrame medii de penetrare, valorile caracteristicilor e, n, γ_d, E, Φ și I_D sunt calculate conform C 159...89 și sunt prezentate în tabelele nr.4.3...4.6. Valorile calculate pentru gradul de îndesare, I_D , sunt reprezentate grafic pe adâncimea de teren îmbunătățită în cele două etape, în figurile nr. 4.12 și 4.13.

În figura 4.13, gradele de îndesare stabilite pentru etapa 1 și 2 de îmbunătățire a terenului sunt suprapuse în vederea stabilirii sporului de îndesare obținut.

Pe baza figurilor 4.12 și 4.13 și a tabelelor nr.4.3...4.6 în terenul de fundare s-au fixat punctele în care gradul de îndesare are valori $I_D = 0,33$, $I_D = 0,50$ și $I_D = 0,66$, figurile nr. 4.14...4.17.

Aceste puncte au fost fixate în terenul de fundare prin parcurgerea tuturor diagramelor de variație ale gradului de îndesare cu adâncimea, construite pentru fiecare penetrare dinamică medie ($P'_{1m} \dots P'_{9m}$) determinate pentru fiecare etapă de îmbunătățire.

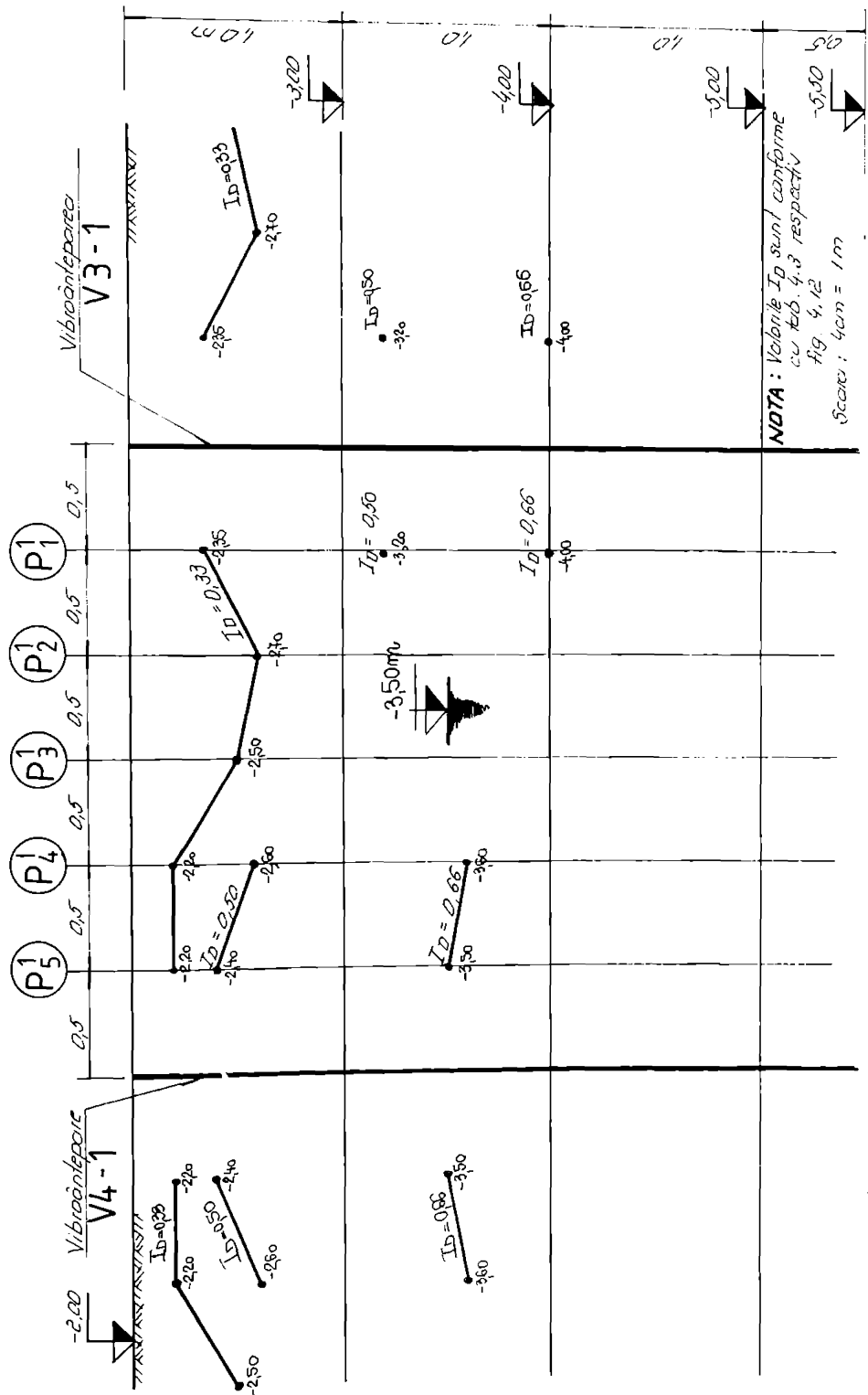
Cotele de adâncime unde au fost întâlnite valorile $I_D = 0,33$, $0,50$, $0,66$ s-au fixat ca și puncte și scrise ca și cote, pe fiecare diagramă în parte, în figurile nr. 4.14...4.17, [70], [85].

Prin unirea punctelor din teren în care gradul de îndesare are aceeași valoare s-au obținut izoliniile $I_D = 0,33$, $I_D = 0,50$ și $I_D = 0,66$, pentru fiecare etapă de îmbunătățire a complexului nisipos.

Atunci când nu există o continuitate pentru gradele de îndesare în masivul de fundare, aceste puncte fixate apar doar ca puncte izolate. În cazul salturilor bruște din diagrama de penetrare pentru valorile I_D menționate se adoptă ca și cotă de adâncime cota la care se produce saltul.

Aceste izolinii permit delimitarea volumelor și a zonelor de pământ din masivul de teren în funcție de starea de îndesare în care se găsesc, precum și zona până la care se extinde influența vibrațiilor transmise de echipamentul de lucru, [13], [30], [85].

În figurile 4.14 și 4.15 sunt reprezentate izoliniile gradului de îndesare din etapa 1 a îmbunătățirii terenului în lungul laturii unui careu și în lungul diagonalei, iar în figurile nr 4.16 și 4.17 cele realizate în etapa a 2-a, în aceleași condiții ca și ale etapei 1.



NOTA: Valorile I_b sunt conforme cu TAB. 4.3 respectiv fig. 4.12
 Scară: 4cm = 1m

Fig. 4.14 IZOLINI|| I_D - BLOC B 21, SC A , ETAPA 1

Pe baza diagramelor de penetrare dinamică ușoară de control, realizată după fiecare etapă de îmbunătățire prin vibroîntepare cu adaos de apă, fig.4.6 și 4.7, cu ajutorul caracteristicilor fizico – mecanice calculate, tabelele 4.3...4.6, dar și pe baza izoliniilor gradelor de îndesare, fig.4.14...4.17, se constată următoarele aspecte privind îmbunătățirea terenului de fundare :

a. Ca urmare a efectului de transmitere în masivul de teren a vibrațiilor întreținute de către dispozitivul de vibroîntepare, în pământ are loc o reaşezare a particulelor solide din jurul punctelor de vibroîntepare și formarea unor zone de teren compacte al căror grad de îndesare depășește valoarea $I_D \geq 0,50$. Zonele îndesate se prezintă sub formă cilindrică sau tronconică, cu raze crescătoare cu adâncimea, fig.4.14...4.17, [30], [12], [50].

b. După executarea vibroîntepărilor din etapa 1 se constată că în terenul de fundare, zonele compactate cu $I_D \geq 0,50$ încep de la o adâncime foarte mică, de 0,40...0,60m, fapt ce se datorește anulării efectului apei capilare, fig. 4.14 și 4.15. La suprafață aceste zone au o rază de $r_1=0,50$ m în jurul punctului de vibroîntepare, iar la adâncimea de 1,50 m ating $r_2=1,00$ m, în jurul vibroîntepării $V_{4,1}$, cu o înclinare $\alpha_1=30^\circ$ pe direcția diagonalei,[85], [86].

În jurul vibroîntepării $V_{3,1}$, zona compactă, pentru $I_D \geq 0,50$, se formează de la o adâncime de $-3,20$ m și este cilindrică cu raza $r=0,50$ m.

Pentru vibroînteparea $V_{4,1}$, zona compactă se prezintă tot sub formă cilindrică dar cu $r=1,00$ m și de la cota de $-2,50$ m în jos, fig. 4.14 și 4.15.

c. Volumul de teren pentru care starea de îndesare este sub $I_D \leq 0,33$ este reprezentat de un volum mic situat între cotele $-2,25$ și $-2,50$ m, deci o grosime de 0,25...0,50 m.

d. Zonele de teren puternic îndesate și delimitate de izoliniile $I_D=0,66$ se prezintă sub forma unor cilindrii în lungul laturii careului. Pentru vibroînteparea $V_{3,1}$, raza de pământ puternic compactat este de $r=0,50$ m și zona începe de la cota de $-4,00$ m, iar pentru vibroînteparea $V_{4,1}$ raza este $r=1,00$ m, iar zona în stare îndesată începe de la cota de $-3,50$ m. Izolinia $I_D=0,66$ pentru vibroînteparea $V_{4,1}$, din lungul diagonalei, începe tot la cota de $-3,50$ m unde are raza $r_1=0,50$ m și formă tronconică până la cota de $-4,00$ m, cu $r_2=1,00$ m, de unde devine un cilindru foarte îndesat până la cota de $-5,00$ m, unde se situează stratul de argilă.

e. După ce s-au executat vibroîntepările din etapa a 2-a a îmbunătățirii terenului de fundare (din centrul careurilor) se observă că un volum extrem de mic de teren, cu o grosime de 0,20...0,60 m, este un volum pentru care starea de îndesare este afănată, adică $I_D < 0,33$.

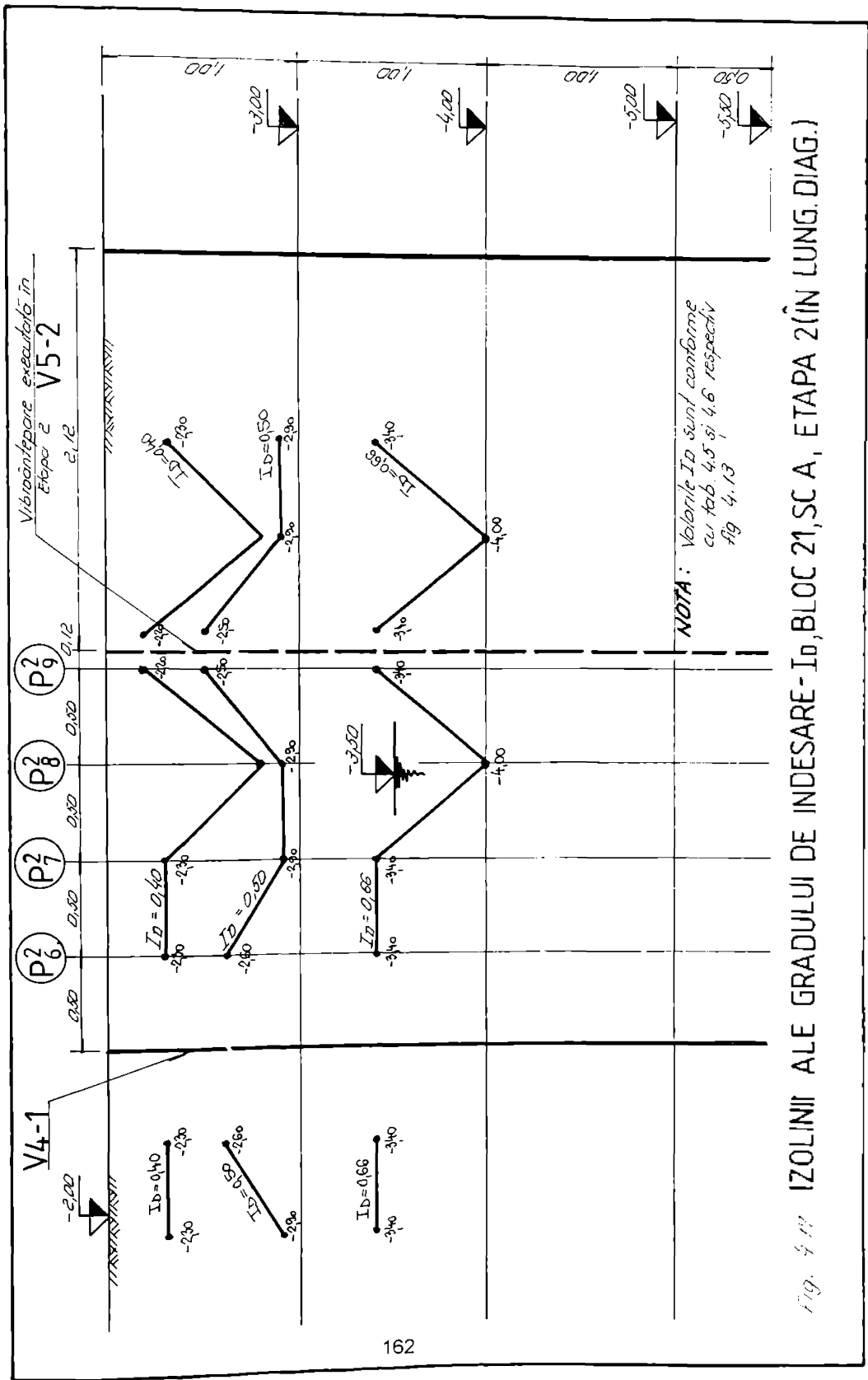


Fig. 4.11 IZOLINIILE ALE GRADULUI DE INDESARE- I_D , BLOC 21, SC A, ETAPA 2 (ÎN LUNG. DIAG.)

f. Izoliniile $I_D=0,50$ au tendința de a se orizontaliza la adâncimi mici în terenul de fundare de 0,50...0,80 m și de a forma de cilindrul compactați de $r=1,00$ m, fapt ce denotă o mărire a volumului de teren compactat prin realizarea vibroînțepărilor din etapa a 2-a de îmbunătățire.

Excepția o constituie vibroînțeparea $V_{3,1}$, la care zona cu $I_D \geq 0,50$ începe la cota de $-2,70$ m și coboară până la $-3,70$ m, cu o înclinare față de verticală de $\alpha_1=30^\circ$, fig. 4.16 și 4.17.

g. Izoliniile gradului de îndesare $I_D=0,66$ au aceeași tendință de orizontalizare la cota de $-3,50$ m, deci la cota apelor subterane, fapt ce atestă rolul apei în transmiterea vibrațiilor prin masa de pământ și astfel o compactare foarte intensă a acestuia, fig.4.16 și 4.17.

h. În jurul vibroînțepărilor din etapa a 2-a se formează zone foarte îndesate în terenul de fundare. În lungul diagonalei zonele cu îndesare medie ($I_D \geq 0,50$) și cele în stare îndesată se găsesc sub formă de straturi orizontale. Practic de la cota de $-3,50$ m (nivelul apei), terenul de fundare are forma unui strat orizontal pentru care $I_D \geq 0,66$, cu grosimea de 3,00 m, fig.4.17.

i. Volumul inițial de teren îmbunătățit a fost $V_i=3,0 \times 3,0 \times 3,4=30,60$ mc, corespunzător unui careu de îmbunătățire cu latura $l=3,00$ m și grosimea de 3,40 m. În urma lucrărilor de îmbunătățire a terenului de fundare are loc o tasare generală a amplasamentului $\Delta h=0,35$ cm, ceea ce înseamnă o reducere de volum $\Delta V=3,0 \times 3,0 \times 0,35=3,15$ mc, 10,29% deci un volum final de $V_f=3,0 \times 3,0 \times 3,05=27,45$ mc.

Din totalul volumului compactat, 20,25 mc adică 73,77% este reprezentat de terenul de fundare pentru care $I_D \geq 0,50$, admițând că terenul cu $I_D \geq 0,50$ se găsește sub cota de $-2,75$. Volumul de teren de sub nivelul apei ($-3,50$ m) are gradul de îndesare $I_D \geq 0,66$ și reprezintă un volum de 13,5 m³, circa 49,18 % din volumul terenului îmbunătățit, [85], [86]

j. Compactarea în adâncime a terenului de fundare prin procedeul vibroînțepării cu adaos de apă până la inundarea punctului de lucru înseamnă o scădere a porozității medii de la $n_i=46,5\%$ la $n_f=40,36\%$ (cu 3,15 mc) deci o reducere de 15,21%, o descreștere a indicelui porilor de la $e_i=0,87$ la $e_f=0,68$ cu circa 21,90%. Totodată se produce o creștere însemnată a gradului de îndesare la valori de peste 100%, în adâncime, și valori ale unghiului frecării interioare de $\phi=31,5^\circ \dots 37,4^\circ$.

4.3. CERCETĂRI EXPERIMENTALE ASUPRA TERENULUI ÎMBUNĂTĂȚIT PENTRU AMPLASAMENTUL BLOCULUI B 21, Sc.B.

4.3.1. Studii cu privire la verificarea calității terenului îmbunătățit pentru blocul B 21, sc.B

Stratificația terenului de fundare din amplasamentul blocului de locuințe B 21, sc.B este compusă din aceleași straturi de pământ ca și cele prezentate în forajul din subcapitolul 4.1, [84], pentru amplasamentul blocului B 21, sc.A. Deci terenul de fundare este alcătuit din straturi de nisipuri foarte fine, mijlocii și mari, uniforme sau foarte uniforme

Nivelul apelor subterane a fost stabilit la cota :N.H.= -3,50 m.

Stabilirea caracteristicilor fizico – mecanice și aprecierea stării de îndesare a complexului nisipos din terenul de fundare al scării B a avut la bază cele 5(cinci) penetrări dinamice ușoare inițiale executate și pentru această scară B. Ele sunt reprezentate grafic în fig. 4.18.

Valorile numărului de lovituri pentru pătrunderea conului în teren pe 10 cm adâncime se situează în jurul valorii $N_{10}=10\text{lov}/10\text{ cm}$.

Pe baza acestor penetrări dinamice inițiale executate în teren natural s-au determinat o serie de parametrii geotehnici care sunt prezentați în tabelele nr.4.27, [97], [26].

Starea inițială a complexului nisipos ce alcătuiește terenul de fundare s-a caracterizat printr-o porozitate inițială mare $n_1\% = 45,1...50,5\%$, indicele porilor $e=0,82...1,02$, un grad de îndesare $I_{D1}=0,206...0,412$ și un modul de deformație liniară scăzut $E_1=5800...8200\text{ kPa}$.

Terenul de fundare alcătuit dintr-o succesiune de straturi nisipoase se caracterizează prin aceea că se află într-o stare afânată și o ușoară îndesare medie. Conform instrucțiunilor P125 – 84, [98], [77], terenul de fundare este alcătuit dintr-un teren lichifiabil și ușor lichifiabil în cazul mișcărilor seismice pentru zona D.

Tehnologia de îmbunătățire a terenului de fundare, dispunerea punctelor de vibroînțepare și lucrările de verificare a îmbunătățirii terenului din amplasamentul blocului B 21, sc.B sunt identice cu cele prezentate pentru scara A.

Penetrările de control au fost executate în terenul de fundare după fiecare etapă de îmbunătățire. Pentru fiecare etapă de îmbunătățire s-au executat câte 9(nouă) penetrări dinamice ușoare de control ($P_1^1, P_2^1, \dots, P_9^1$), la distanța de 0,50 m între ele. Ele au fost dispuse de-a lungul laturii unui careu de îmbunătățire și în lungul diagonalei, distribuția lor fiind prezentată în figurile nr.4.4 și 4.5. Penetrările dinamice de control au fost conduse până la adâncimea de 4,00 m de la cota săpăturii generale, de - 2,00 m, și s-au executat

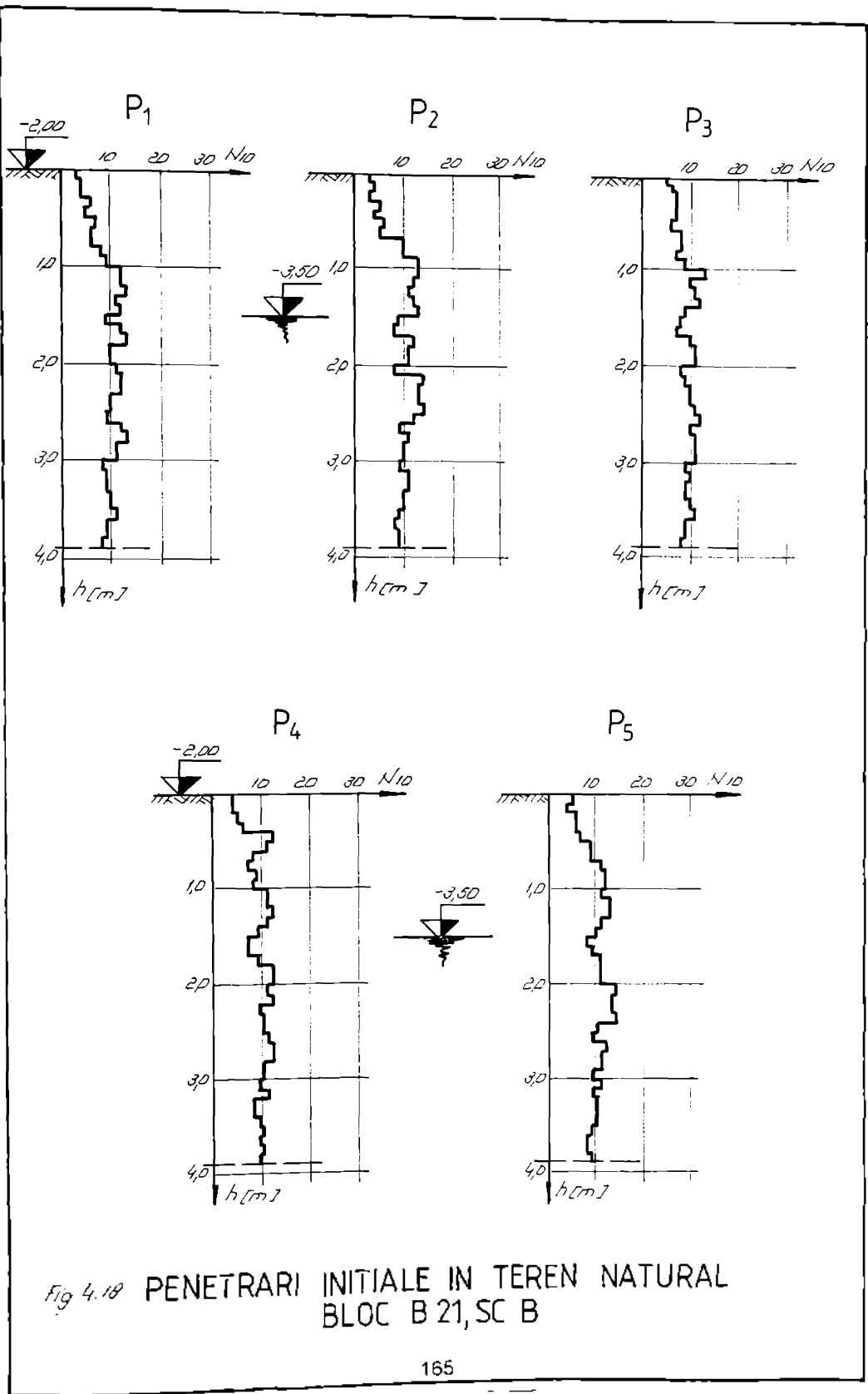


Fig 4.18 PENETRARI INIZIALI IN TEREN NATURAL
BLOC B 21, SC B

TABELUL 4.7 CARACTERISTICI FIZICO – MECANICE ALE TERENULUI NATURAL BLOC B 21, Sc. B

P₁

h [m]	N ₁₀	R _p [daN/cm ²]	CARACTERISTICI FIZICO - MECANICE				
			e	n[%]	γ[kN/m ³]	E[kPa]	I _D
0.50	5	10.15	0.98	49.5	13.34	6250	0.234
1.00	9	18.27	0.89	47.4	13.98	7400	0.322
1.50	12	24.36	0.85	46.1	14.30	7800	0.378
2.00	10	20.30	0.87	46.7	14.14	7600	0.342
2.50	10	20.30	0.87	46.7	14.14	7600	0.342
3.00	11	22.33	0.86	46.4	14.22	7700	0.360
3.50	10						0.342
4.00							

P₂

h [m]	N ₁₀	R _p [daN/cm ²]	CARACTERISTICI FIZICO - MECANICE				
			e	n[%]	γ[kN/m ³]	E[kPa]	I _D
0.50	4	8.12	1.02	50.5	13.10	5800	0.206
1.00	13	26.39	0.84	45.7	14.38	8000	0.395
1.50	13	26.39	0.84	45.7	14.38	8000	0.395
2.00	11	22.33	0.86	46.4	14.22	7700	0.360
2.50	14	28.42	0.82	45.1	14.54	8200	0.412
3.00	10	20.30	0.87	46.7	14.14	7600	0.342
3.50	10						0.342
4.00							

P₃

h [m]	N ₁₀	R _p [daN/cm ²]	CARACTERISTICI FIZICO - MECANICE				
			e	n[%]	γ[kN/m ³]	E[kPa]	I _D
0.50	7	14.21	0.93	48.4	13.69	6900	0.281
1.00	9	18.27	0.89	47.4	13.98	7400	0.322
1.50	9	18.27	0.89	47.4	13.98	7400	0.322
2.00	11	22.33	0.86	46.4	14.22	7700	0.360
2.50	11	22.33	0.86	46.4	14.22	7700	0.360
3.00	11	22.33	0.86	46.4	14.22	7700	0.360
3.50	10						0.342
4.00							

P₄

h [m]	N ₁₀	R _p [daN/cm ²]	CARACTERISTICI FIZICO - MECANICE				
			e	n[%]	γ[kN/m ³]	E[kPa]	I _D
0.50	12	24.36	0.85	46.1	14.30	7800	0.378
1.00	8	16.24	0.91	47.9	13.83	7200	0.302
1.50	9	18.27	0.89	47.4	13.98	7400	0.322
2.00	12	24.36	0.85	46.1	14.30	7800	0.378
2.50	10	20.30	0.87	46.7	14.14	7600	0.342
3.00	10	20.30	0.87	46.7	14.14	7600	0.342
3.50	9						0.322
4.00							

P₅

h [m]	N ₁₀	R _p [daN/cm ²]	CARACTERISTICI FIZICO - MECANICE				
			e	n[%]	γ[kN/m ³]	E[kPa]	I _D
0.50	7	14.21	0.93	48.4	13.69	6900	0.281
1.00	12	24.36	0.85	46.1	14.30	7800	0.378
1.50	10	20.30	0.87	46.7	14.14	7600	0.342
2.00	11	22.33	0.86	46.4	14.22	7700	0.360
2.50	10	20.30	0.87	46.7	14.14	7600	0.342
3.00	9	18.27	0.89	47.4	13.98	7400	0.322
3.50	10						0.342
4.00							

pentru un careu arbitrar ales, după ce s-a încheiat îmbunătățirea terenului de fundare din etapa 1.

Reprezentarea grafică a acestor penetrări de control P_1^1, \dots, P_9^1 , este prezentată în figura 4.19 pentru etapa 1 și în figura 4.20 pentru etapa a 2-a a îmbunătățirii. Totodată în figura 4.20 au fost suprapuse și diagramele de penetrare dinamică de control din etapa 1 a îmbunătățirii.

Pe baza studiului și analizei celor 18 penetrări dinamice ușoare de control efectuate în terenul de fundare pentru cele 2 etape de îmbunătățire a terenului de fundare, s-au desprins următoarele constatări experimentale:

A. ETAPA 1 (Fig. 4.19)

a. Diagramele de penetrare dinamică P_1^1, P_5^1 și P_6^1 executate la distanță de 0,50 m față de punctele de vibroîntepere, indică creșteri mari ale lui N_{10} pe întreaga adâncime a complexului nisipos după ce au fost executate vibroîntepările din etapa 1. Până la nivelul apelor subterane, aceste diagrame indică creșteri ale lui N_{10} cu 8...16 lov/10 cm, iar de la această adâncime (-3,50 m) în jos valorile lui N_{10} cresc cu 14...27 lov/10 cm, până la întâlnirea stratului de argilă de la cota de -5,10 m.

b. Penetrările dinamice executate la distanța de 1,0 m față de vibroîntepările din etapa 1, P_2^1, P_4^1 și P_7^1 , indică creșteri foarte mari ale lui N_{10} până la nivelul apelor subterane, acestea fiind cu 2...7 lov/10 cm mai mari decât cele executate în terenul natural.

Sub cota de -3,5 m, penetrarea P_2^1 nu indică creșteri pentru N_{10} , în schimb penetrările P_4^1 și P_7^1 au valorile N_{10} cu 8...20 lov/10 cm mai mari decât cele executate în teren natural, semn al influenței apei subterane în transmiterea vibrațiilor în terenul de fundare.

c. Penetrarea dinamică P_3^1 , ce este executată pe latura careului, la o distanță de 1,50 m de penetrările V_{3-1} și V_{4-1} nu indică creșteri ale valorilor N_{10} față de penetrările maror.

d. Diagramele de penetrare P_8^1 și P_9^1 , dispuse în lungul diagonalei careului de îmbunătățire la distanțele de 1,50 și 2,00 m față de vibroînteperea V_{4-1} , nu indică creșteri pentru N_{10} , comparativ cu valorile inițiale.

B. ETAPA 2 (fig.4.20)

e. După executarea vibroîntepărilor V_{5-2}, \dots, V_{8-2} , din etapa a 2-a a îmbunătățirii s-a constatat că penetrările dinamice de control P_9^2, P_8^2 și P_7^2 prezintă creșteri între 5...12 lov/10 cm ale lui N_{10} până la nivelul apelor subterane. Sub nivelul apelor subterane, în cazul penetrărilor P_9^2 și P_8^2 , se constată creșteri de 10...23 lov/10 cm pentru N_{10} . În cazul penetrării P_7^2 , în raza de 1,0 m a vibroîntepării, se constată creșteri mici de 2...5 lov/10 cm.

FIG 4.19 PENETRĂRI DE CONTROL ETAPA 1 A ÎMBUNĂTĂȚIRII TERENULUI BLOC B21 SC.B

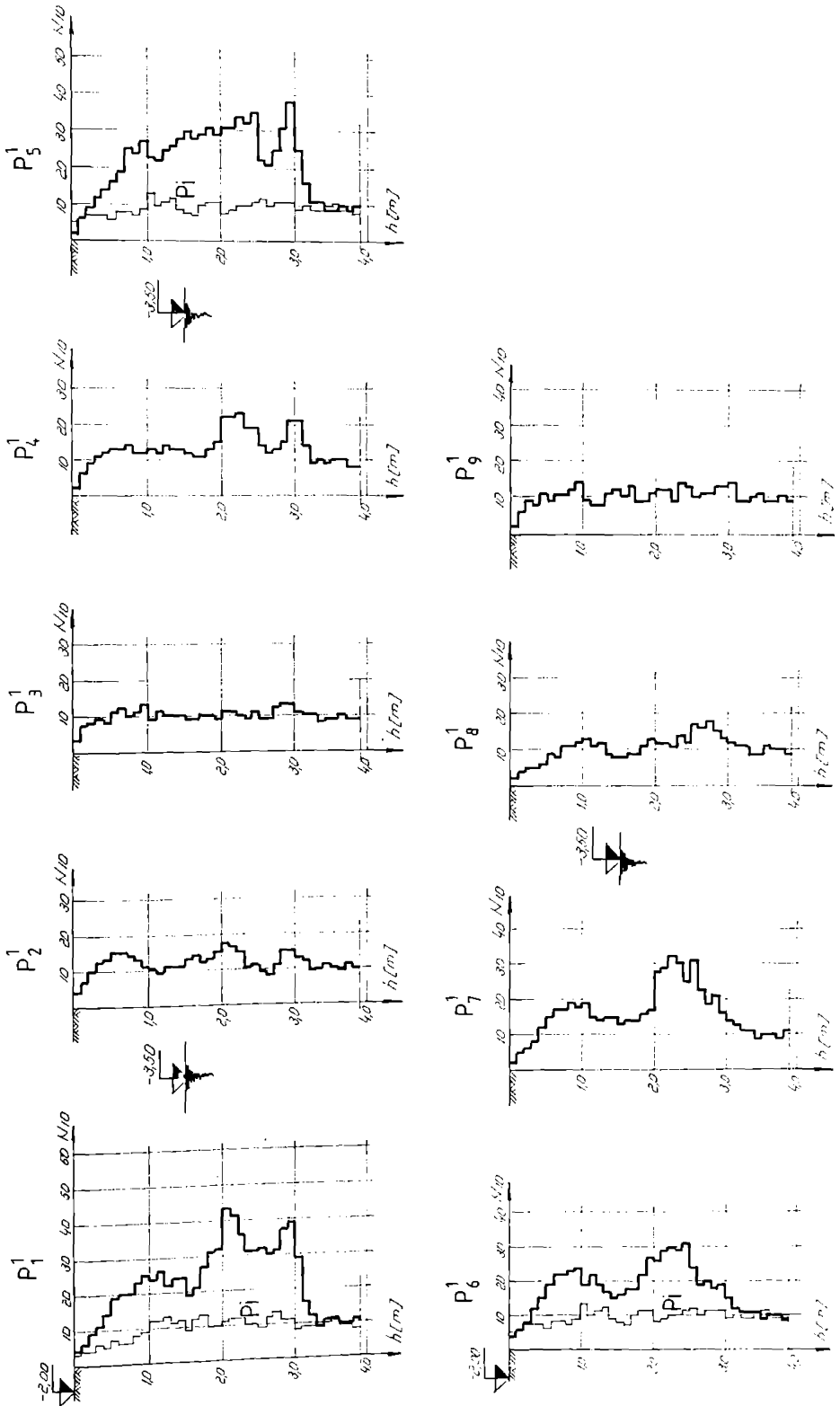


FIG.4.20 PENETRĂRI DE CONTROL ETAPA 2-a A ÎMBUNĂTĂȚIRII TERENULUI BLOC B 21 SC.B

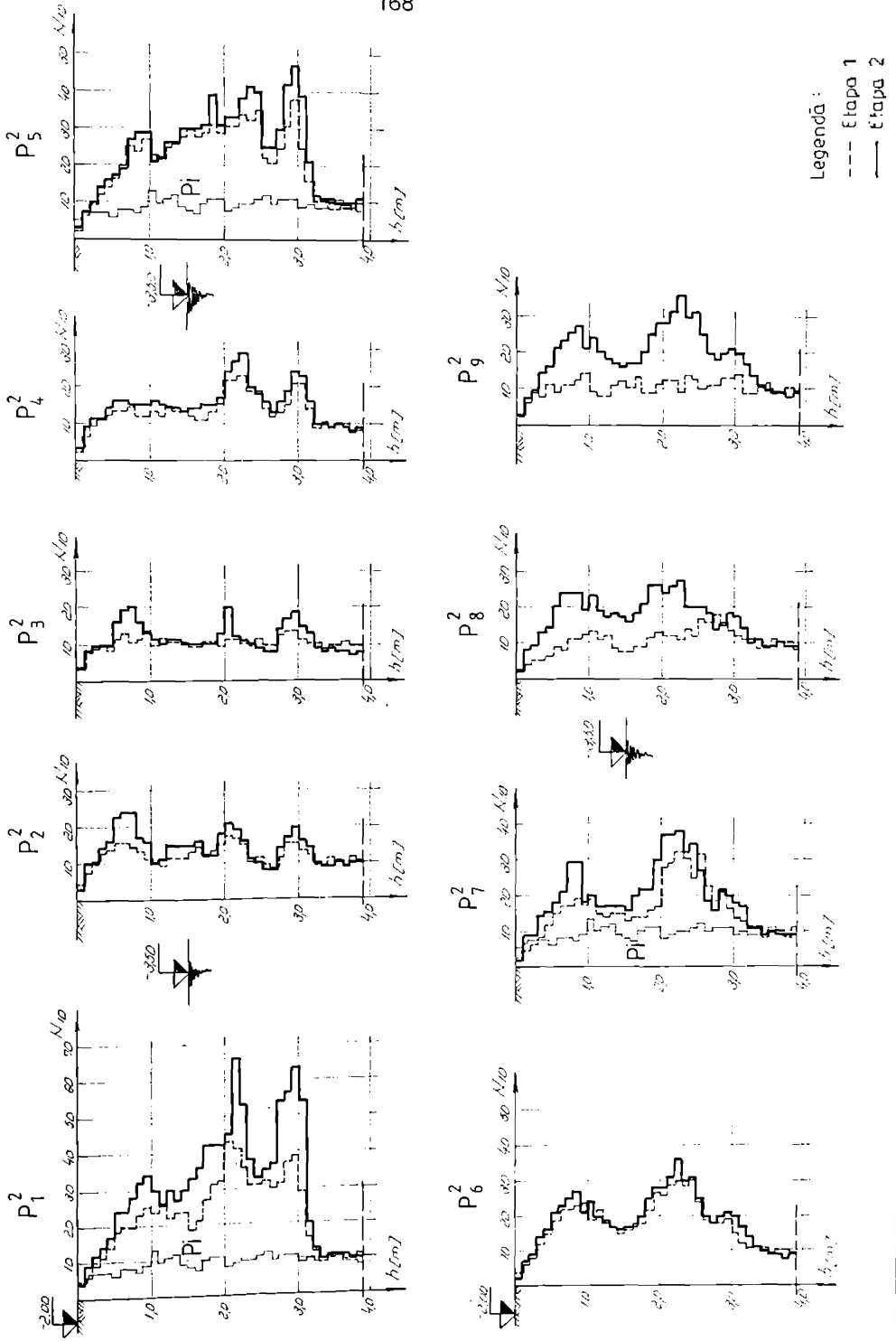


FIG. 4.21 PENETRARI DE CONTROL MEDII ETAPA 1 A ÎMBUNĂTĂȚIRII TERENULUI BLOC B 21 SC. B

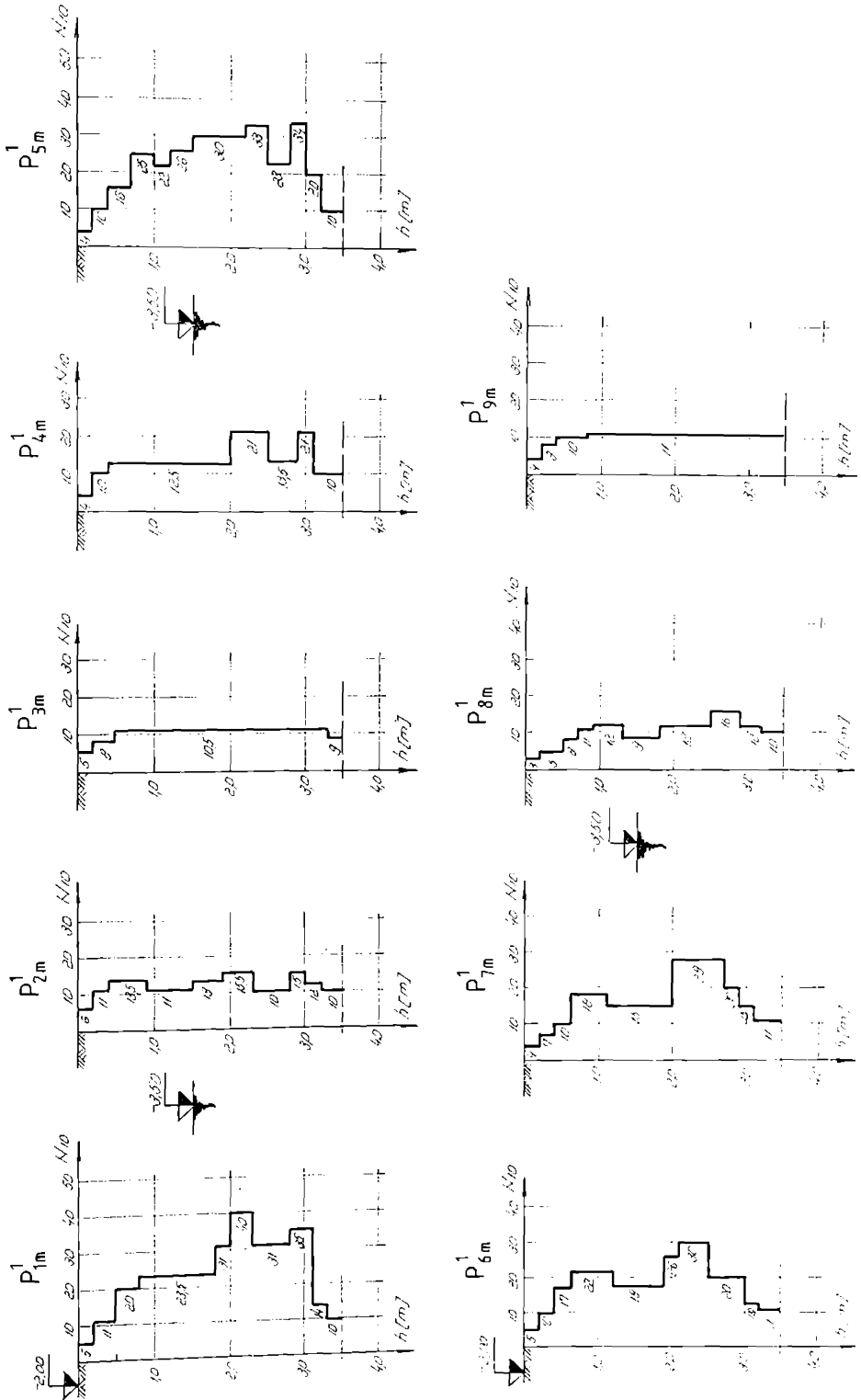


FIG.4.22 PENETRĂRI DE CONTROL ETAPA 2 A ÎMBUNĂTĂȚIRII TERENULUI BLOC B 21 SC B

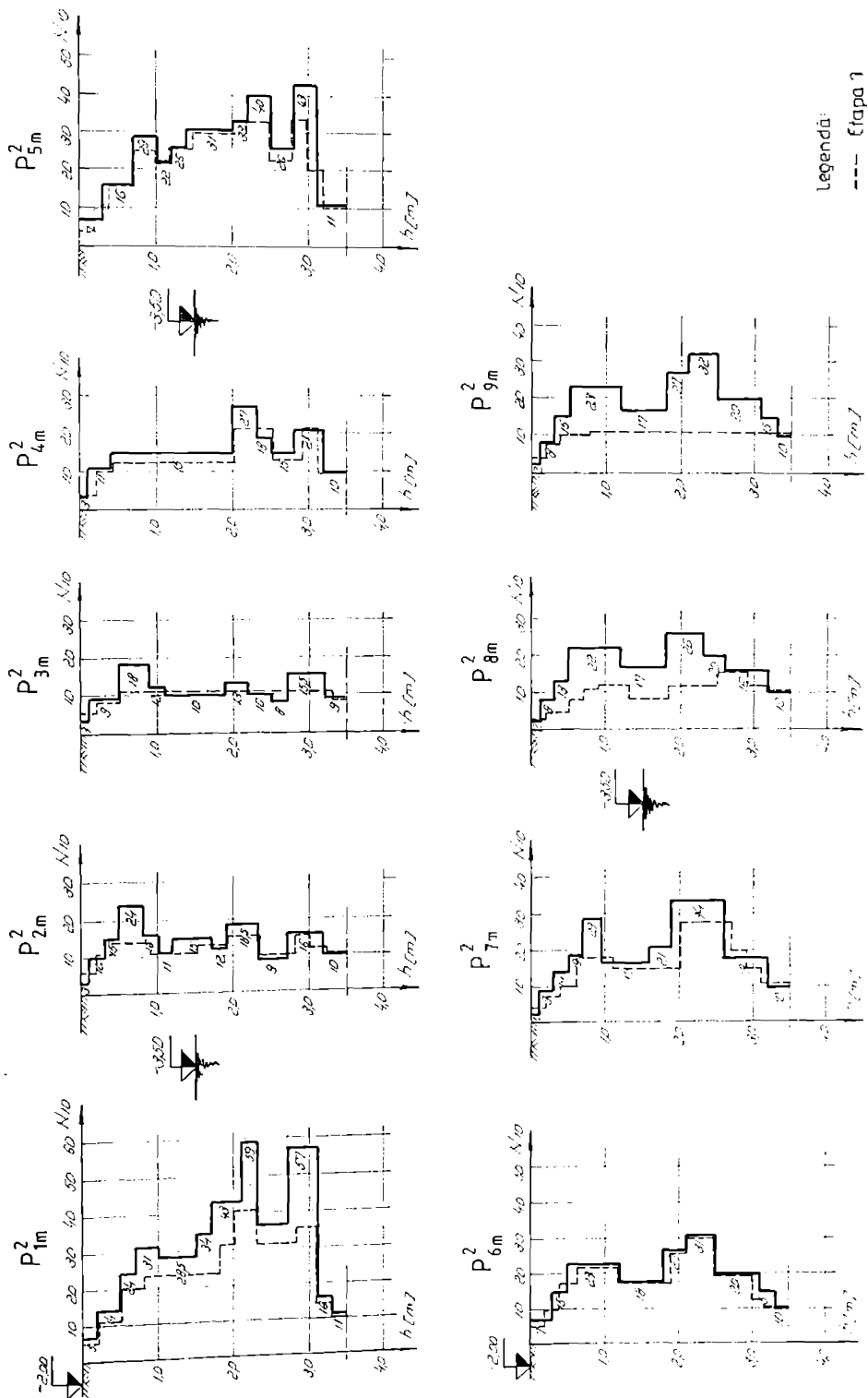


FIG 4,23 VARIATIA INDICELUI PORILOR CU ADÂNCIMEA, BLOC B 21, SC. B - ETAPA 1

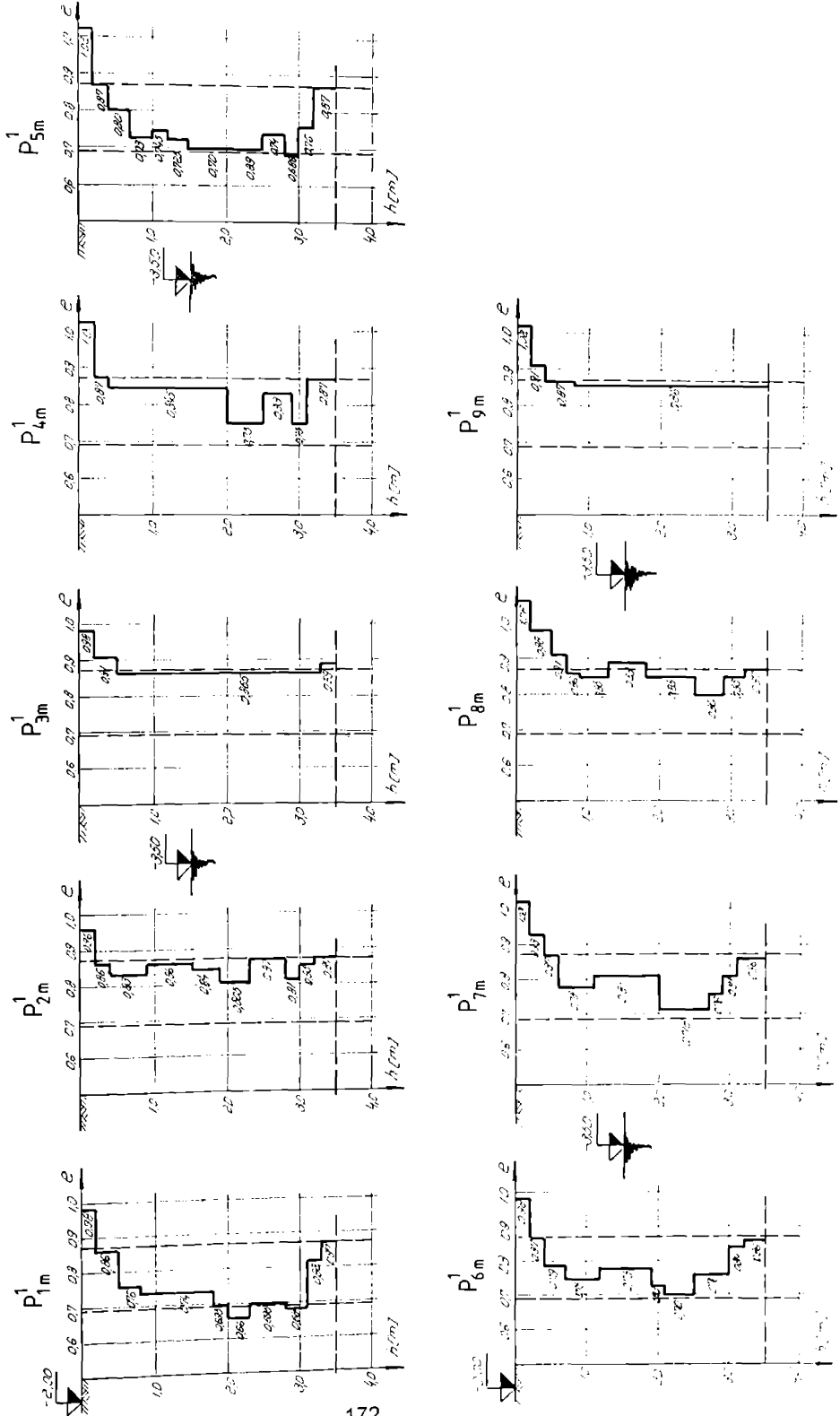


FIG.4.24 VARIATIA INDICELUI PORILOR CU ADANCIMEA, BLOC B 21, SC B - ETAPA 2

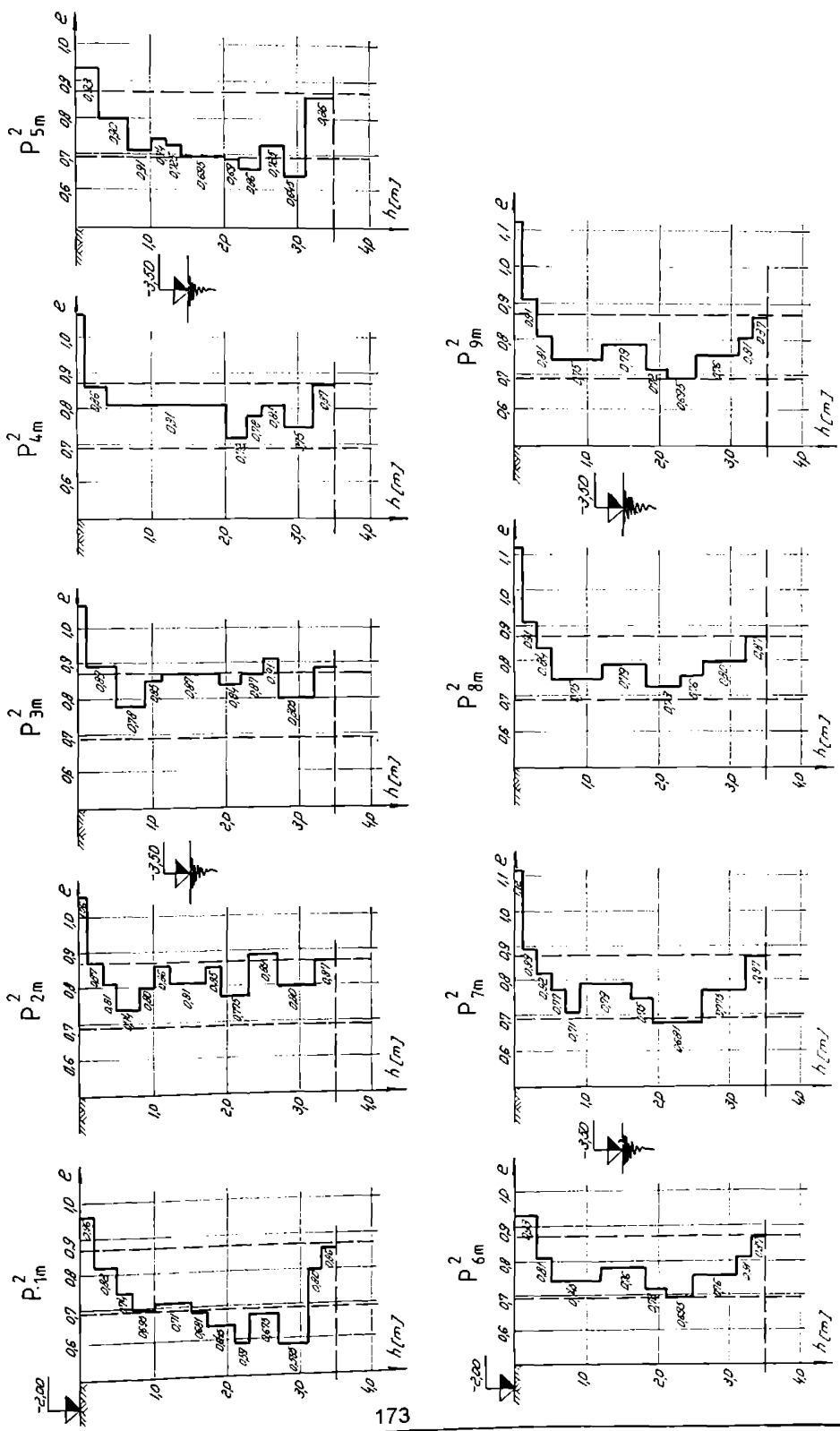


FIG. 4.25 VARIATIA GRADULUI DE INDESARE CU ADÂNCIMEA, BLOC B 21, SC B - ETAPA 1

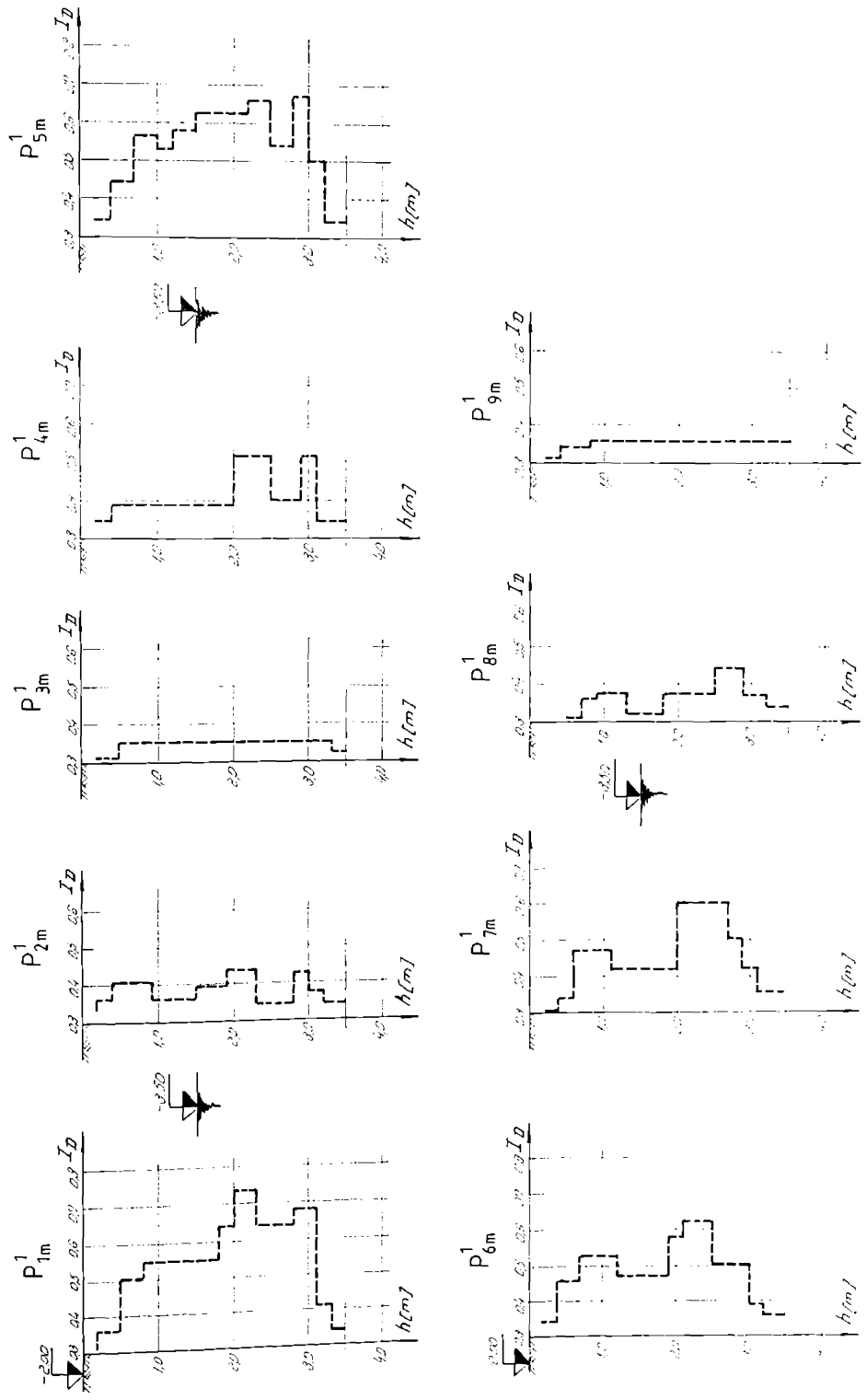
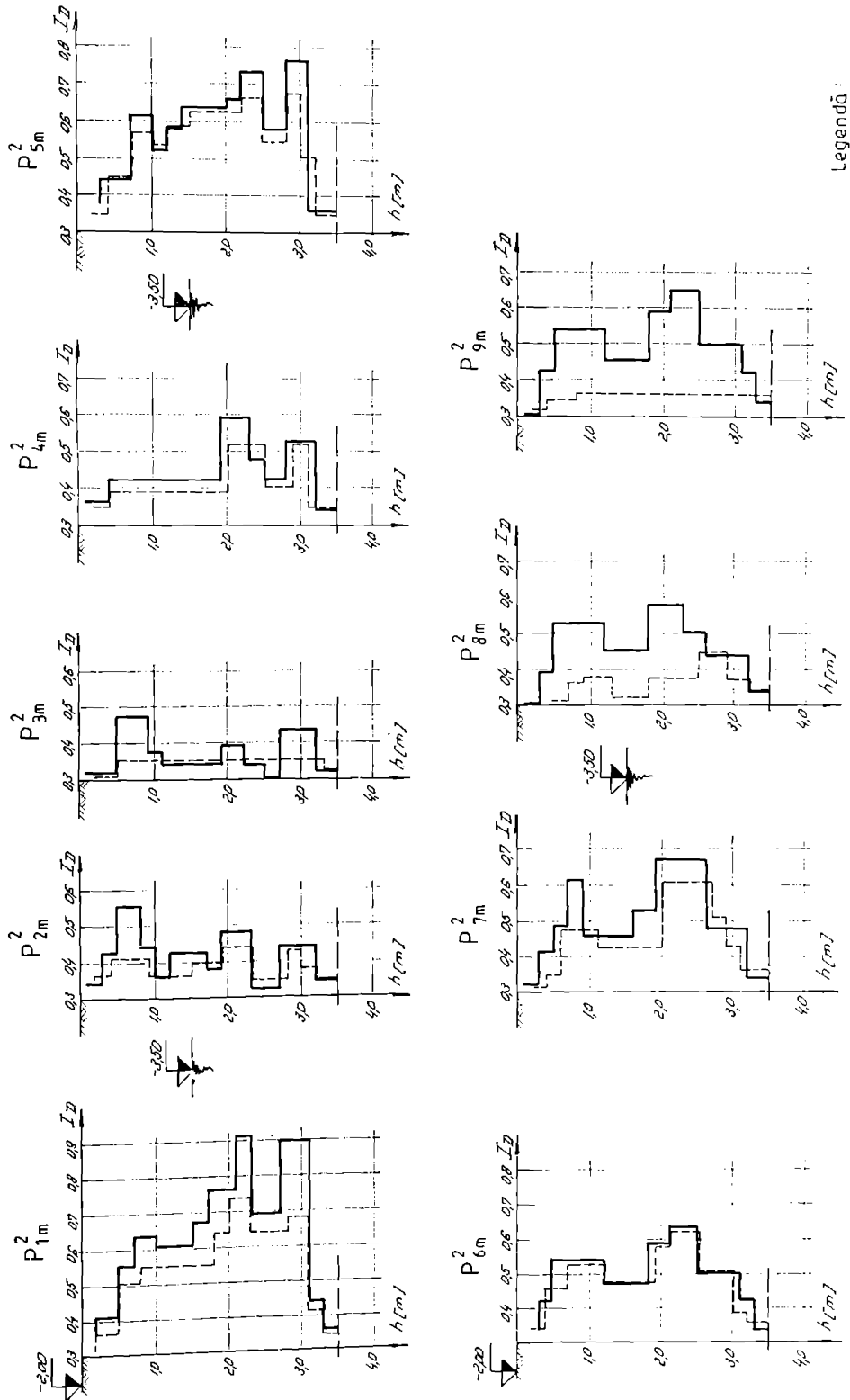


FIG. 4.26 VARIATIA GRADULUI DE INDESARE CU ADANCIMEA - BLOC B21, SC B - ETAPA 2



TABELUL 4.8 CARACTERISTICI FIZICO - MECANICE PENTRU DIAGrame DE PENETRARE MEDII BLOC B 21, Sc. B, ETAPA 1

P¹_{1m}

h [m]	N ₁₀	R _p [daN/cm ²]	CARACTERISTICI FIZICO - MECANICE				
			e	n[%]	γ[kN/m ³]	E[kPa]	I _D
0.50	20.0	40.60	0.760	43.1	15.06	9000	0.502
1.00	23.5	47.70	0.740	42.5	15.24	9450	0.549
1.50	23.5	47.70	0.740	42.5	15.24	9450	0.549
2.00	40.0	81.20	0.660	39.7	15.96	10000	0.737
2.50	31.0	62.93	0.695	40.8	15.64	9620	0.640
3.00	35.0	71.05	0.680	40.5	15.78	9800	0.685
3.50	10.0						0.342
4.00							

P¹_{2m}

h [m]	N ₁₀	R _p [daN/cm ²]	CARACTERISTICI FIZICO - MECANICE				
			e	n[%]	γ[kN/m ³]	E[kPa]	I _D
0.50	13.5	27.40	0.830	45.4	14.47	8000	0.400
1.00	11.0	22.33	0.860	46.4	14.22	7700	0.360
1.50	13.0	26.39	0.840	45.7	14.38	7900	0.395
2.00	15.5	31.46	0.805	44.6	14.69	8275	0.436
2.50	10.0	20.30	0.870	46.7	14.14	7600	0.342
3.00	15.0	30.45	0.810	44.7	14.66	8250	0.428
3.50	10.0						0.342
4.00							

P¹_{3m}

h [m]	N ₁₀	R _p [daN/cm ²]	CARACTERISTICI FIZICO - MECANICE				
			e	n[%]	γ[kN/m ³]	E[kPa]	I _D
0.50	10.5	21.32	0.865	46.5	14.17	7650	0.351
1.00	10.5	21.32	0.865	46.5	14.17	7650	0.351
1.50	10.5	21.32	0.865	46.5	14.17	7650	0.351
2.00	10.5	21.32	0.865	46.5	14.17	7650	0.351
2.50	10.5	21.32	0.865	46.5	14.17	7650	0.351
3.00	10.5	21.32	0.865	46.5	14.17	7650	0.351
3.50	9.0						0.322
4.00							

P¹_{4m}

h [m]	N ₁₀	R _p [daN/cm ²]	CARACTERISTICI FIZICO - MECANICE				
			e	n[%]	γ[kN/m ³]	E[kPa]	I _D
0.50	12.5	25.38	0.845	45.9	14.34	7850	0.387
1.00	12.5	25.38	0.845	45.9	14.34	7850	0.387
1.50	15.5	25.38	0.845	45.9	14.34	7850	0.387
2.00	21.0	42.63	0.750	42.8	15.15	9000	0.516
2.50	13.5	27.40	0.830	45.4	14.47	8000	0.400
3.00	21.0	42.63	0.750	42.8	15.15	9000	0.530
3.50	10.0						0.342
4.00							

P¹_{5m}

h [m]	N ₁₀	R _p [daN/cm ²]	CARACTERISTICI FIZICO - MECANICE				
			e	n[%]	γ[kN/m ³]	E[kPa]	I _D
0.50	16	32.48	0.800	44.4	14.70	8300	0.443
1.00	25	50.75	0.730	42.2	15.33	9200	0.568
1.50	30	60.90	0.700	41.2	15.60	9600	0.628
2.00	30	60.90	0.700	41.2	15.60	9600	0.628
2.50	33	66.99	0.690	40.8	15.69	9730	0.663
3.00	34	69.02	0.688	40.3	15.76	9780	0.674
3.50	10						0.342
4.00							

P¹_{6m}

h [m]	N ₁₀	R _p [daN/cm ²]	CARACTERISTICI FIZICO - MECANICE				
			e	n[%]	γ[kN/m ³]	E[kPa]	I _D
0.50	17	34.51	0.79	44.1	14.79	8600	0.459
1.00	22	44.66	0.75	42.6	15.19	9050	0.530
1.50	18	36.54	0.78	43.8	14.68	8600	0.474
2.00	26	52.78	0.73	42.2	15.33	9200	0.581
2.50	30	60.90	0.70	41.2	15.60	9600	0.628
3.00	20	40.60	0.78	43.1	15.06	9000	0.502
3.50	11						0.360
4.00							

TABELUI 4.9 CARACTERISTICI FIZICO-MECANICE PENTRU DIAGrame DE PENETRARE MEDII
BLOC B 21, Sc. B, ETAPA 1

P^1_{7m}

h [m]	N ₁₀	R _p [daN/cm ²]	CARACTERISTICI FIZICO-MECANICE				
			e	n[%]	γ[kN/m ³]	E[kPa]	I _D
0.50	10	20.30	0.870	46.7	14.14	7800	0.342
1.00	18	36.54	0.780	43.8	14.88	8600	0.474
1.50	15	30.45	0.810	44.7	14.68	8250	0.428
2.00	28	56.84	0.718	41.7	15.46	9350	0.605
2.50	28	56.84	0.718	41.7	15.46	9350	0.605
3.00	15	30.45	0.810	44.7	14.68	8250	0.428
3.50	11						0.360
4.00							

P^1_{8m}

h [m]	N ₁₀	R _p [daN/cm ²]	CARACTERISTICI FIZICO-MECANICE				
			e	n[%]	γ[kN/m ³]	E[kPa]	I _D
0.50	8	16.24	0.91	47.9	13.83	7200	0.300
1.00	12	24.36	0.85	46.1	14.30	7800	0.378
1.50	9	18.27	0.89	47.4	13.98	7400	0.322
2.00	12	24.36	0.85	46.1	14.30	7800	0.378
2.50	16	32.48	0.80	44.4	14.70	8450	0.443
3.00	12	24.36	0.85	46.1	14.30	7800	0.378
3.50	10						0.342
4.00							

P^1_{9m}

h [m]	N ₁₀	R _p [daN/cm ²]	CARACTERISTICI FIZICO-MECANICE				
			e	n[%]	γ[kN/m ³]	E[kPa]	I _D
0.50	10	20.33	0.87	46.7	14.14	7600	0.342
1.00	11	22.33	0.86	46.4	14.22	7700	0.360
1.50	11	22.33	0.86	46.4	14.22	7700	0.360
2.00	11	22.3	0.86	46.4	14.22	7700	0.360
2.50	11	22.33	0.86	46.4	14.22	7700	0.360
3.00	11	22.33	0.86	46.4	14.22	7700	0.360
3.50	11						0.360
4.00							

TABELUL 4.10 CARACTERISTICI FIZICO - MECANICE PENTRU DIAGrame DE PENETRARE MEDII BLOC B 21, Sc. B, ETAPA 2

P²_{1m}

h [m]	N ₁₀	R _p [daN/cm ²]	CARACTERISTICI FIZICO - MECANICE					
			e	n[%]	γ _{kN/m³}	E[kPa]	Φ [°]	I ₀
0.50	24	48.72	0.740	42.5	15.24	9100	33.1	0.555
1.00	31	62.93	0.695	40.8	15.64	9620	33.9	0.640
1.50	34	69.02	0.681	40.5	15.77	9750	34.2	0.674
2.00	43	87.29	0.645	39.2	16.09	10300	35.1	0.767
2.50	36	73.08	0.675	40.3	15.80	9850	34.3	0.695
3.00	57	115.7	0.585	36.9	16.66	10600	35.8	0.897
3.50	11							0.360
4.00								

P²_{2m}

h [m]	N ₁₀	R _p [daN/cm ²]	CARACTERISTICI FIZICO - MECANICE					
			e	n[%]	γ _{kN/m³}	E[kPa]	Φ [°]	I ₀
0.50	24.0	48.72	0.740	42.5	15.24	9100	33.1	0.555
1.00	16.0	32.48	0.800	44.4	14.70	8450	31.7	0.443
1.50	15.0	30.45	0.810	44.7	14.68	8250	31.5	0.428
2.00	18.5	37.55	0.775	43.6	15.03	8800	32.2	0.481
2.50	9.0	18.27	0.890	47.4	13.98	7400	30.2	0.322
3.00	16.0	32.48	0.800	44.4	14.70	8450	31.7	0.443
3.50	10.0							0.342
4.00								

P²_{3m}

h [m]	N ₁₀	R _p [daN/cm ²]	CARACTERISTICI FIZICO - MECANICE					
			e	n[%]	γ _{kN/m³}	E[kPa]	Φ [°]	I ₀
0.50	18.0	36.54	0.780	43.8	14.88	8600	32.1	0.474
1.00	12.0	24.36	0.850	46.1	14.30	7800	30.9	0.378
1.50	10.0	20.30	0.870	46.7	14.14	7600	30.5	0.342
2.00	13.0	26.39	0.840	45.7	14.38	8000	31.1	0.395
2.50	10.0	20.30	0.870	46.7	14.14	7600	30.5	0.342
3.00	15.5	31.46	0.805	44.5	14.69	8400	31.6	0.436
3.50	9.0							0.322
4.00								

P²_{4m}

h [m]	N ₁₀	R _p [daN/cm ²]	CARACTERISTICI FIZICO - MECANICE					
			e	n[%]	γ _{kN/m³}	E[kPa]	Φ [°]	I ₀
0.50	15	30.45	0.81	44.7	14.68	8250	31.5	0.428
1.00	15	30.45	0.81	44.7	14.68	8250	31.5	0.428
1.50	15	30.45	0.81	44.7	14.68	8250	31.5	0.428
2.00	27	54.81	0.72	41.8	15.42	9300	33.5	0.593
2.50	18	36.54	0.78	43.8	14.88	8600	32.1	0.474
3.00	21	42.63	0.75	42.8	15.15	9000	32.7	0.516
3.50	10							0.342
4.00								

P²_{5m}

h [m]	N ₁₀	R _p [daN/cm ²]	CARACTERISTICI FIZICO - MECANICE					
			e	n[%]	γ _{kN/m³}	E[kPa]	Φ [°]	I ₀
0.50	16	32.48	0.800	44.4	14.70	8450	31.7	0.443
1.00	29	58.87	0.710	41.5	15.33	9600	33.7	0.617
1.50	31	62.93	0.695	40.9	15.64	9620	33.9	0.640
2.00	33	66.99	0.690	40.8	15.69	9730	34.0	0.663
2.50	40	81.20	0.660	39.7	15.96	10000	34.6	0.737
3.00	43	87.29	0.645	39.2	16.09	10300	35.1	0.767
3.50	11							0.360
4.00								

P²_{6m}

h [m]	N ₁₀	R _p [daN/cm ²]	CARACTERISTICI FIZICO - MECANICE					
			e	n[%]	γ _{kN/m³}	E[kPa]	Φ [°]	I ₀
0.50	23	46.89	0.745	42.5	15.21	9080	33.0	0.542
1.00	23	46.89	0.745	42.5	15.21	9080	33.0	0.542
1.50	18	36.54	0.780	43.8	14.88	8600	32.1	0.474
2.00	27	54.81	0.720	41.8	15.42	9300	33.5	0.593
2.50	31	62.93	0.695	40.8	15.64	9620	33.9	0.640
3.00	20	40.60	0.760	43.1	15.06	9000	32.5	0.502
3.50	10							0.342
4.00								

TABELUL 4.11 CARACTERISTICI FIZICO - MECANICE PENTRU DIAGrame DE PENETRARE MEDI
BLOC B 21, Sc. B, ETAPA 2

P^2_{7m}

h [m]	N ₁₀	R _p (daN/cm ²)	CARACTERISTICI FIZICO - MECANICE					
			e	n[%]	γ(kN/m ³)	E(kPa)	φ [°]	I _b
0.50	19.0	38.57	0.770	43.4	14.97	9000	32.3	0.488
1.00	29.0	58.87	0.710	41.5	15.33	9600	33.6	0.617
1.50	17.0	34.51	0.790	44.1	14.79	8600	32.0	0.459
2.00	34.0	69.02	0.681	40.5	15.77	9750	34.1	0.674
2.50	34.0	69.02	0.681	40.5	15.77	9750	34.1	0.674
3.00	18.5	37.55	0.775	43.6	15.03	8800	32.2	0.481
3.50	10.0							0.342
4.00								

P^2_{8m}

h [m]	N ₁₀	R _p (daN/cm ²)	CARACTERISTICI FIZICO - MECANICE					
			e	n[%]	γ(kN/m ³)	E(kPa)	φ [°]	I _b
0.50	22	44.66	0.750	42.6	15.19	9050	32.9	0.530
1.00	22	44.66	0.750	42.6	15.19	9050	32.9	0.530
1.50	17	34.51	0.790	44.1	14.79	8600	32.0	0.459
2.00	26	52.78	0.730	42.2	15.33	9150	33.5	0.581
2.50	20	40.60	0.760	43.1	15.06	9000	32.5	0.502
3.00	16	32.48	0.800	44.4	14.70	8450	31.7	0.444
3.50	10							0.342
4.00								

P^2_{9m}

h [m]	N ₁₀	R _p (daN/cm ²)	CARACTERISTICI FIZICO - MECANICE					
			e	n[%]	γ(kN/m ³)	E(kPa)	φ [°]	I _b
0.50	23	46.69	0.745	42.5	15.21	9080	33.1	0.542
1.00	23	46.69	0.745	42.5	15.21	9080	33.1	0.542
1.50	17	34.51	0.790	44.1	14.79	8600	32.0	0.459
2.00	27	54.81	0.720	41.8	15.42	9300	33.5	0.593
2.50	20	40.60	0.760	43.1	15.06	9000	32.5	0.502
3.00	20	40.60	0.760	43.1	15.06	9000	32.5	0.502
3.50	10							
4.00								

f. În cazul blocului B 21, sc. B, vibraînțepările din etapa 2 a îmbunătățirii, produc o creștere mică de 2...7 lov/10 cm a valorilor lui N_{10} pentru toate celelalte penetrări dinamice de control P^2_1 , ..., P^2_5 executate în această etapă de îmbunătățire.

Caracteristicile fizico – mecanice ale terenului îmbunătățit s-au stabilit pe baza diagramelor de penetrări dinamice medii, stabilite cu ajutorul valorilor medii ale lui N_{10} . Aceste diagrame de penetrare medie sunt prezentate în fig.4.21 și 4.22 și au fost determinate ținând seama de apropierea valorilor N_{10} și de adâncimea pe care acestea sunt apropiate ca valoare.

Cu ajutorul acestor diagrame medii s-au calculat mărimile e , $n\%$, γ_d , E , Φ și I_D , [96],[97], valori ce sunt prezentate în tabelele nr.4.8...4.11, din 0,50 în 0,50 m până la stratul argilos.

Variația indicelui porilor (e) și a gradului de îndesare (I_D) cu adâncimea, pentru fiecare etapă de îmbunătățire sunt reprezentate în figurile nr. 4.23...4.26. Figura 4.26 prezintă și suprapunerea dintre cele două grade de îndesare obținute în cele două etape de îmbunătățire a terenului de fundare.

4.3.2. Studii de interpretare a rezultatelor experimentale de teren obținute pe amplasamentul blocului de locuințe B 21, sc. B.

Îmbunătățirea terenului de fundare alcătuit din complexul nisipos, prezentat în paragraful 4.1, s-a executat prin vibraînțepare cu adaos de apă, în condiții tehnologice identice cu lucrarea de îmbunătățire executată pentru blocul B 21, sc.A.

În terenul de fundare s-au fixat punctele în care gradul de îndesare are valori de 0,33, 0,50 sau 0,66. Aceste puncte au fost stabilite pe baza figurilor 4.25 și 4.26 unde sunt reprezentate valorile I_D cu adâncimea.

Valorile I_D s-au fixat în terenul de fundare pentru fiecare penetrare dinamică utilizând valorile I_D din tabelele 4.8...4.11 și fig. 4.25și 4.26. În cazul salturilor bruște ale valorilor I_D care cuprind și valorile 0,33, 0,50 sau 0,66, se consideră că la această cotă se fixează și valorile mai sus menționate.

După fixarea punctelor în teren s-a procedat la unirea celor de egal grad de îndesare rezultând izoliniile $I_D=0,33$, $I_D=0,50$ și $I_D=0,66$. Aceste izolinii s-au construit în lungul laturii unui careu, în lungul diagonalei careului și pe fiecare etapă de îmbunătățire a terenului, fig.4.27...4.30.

Din studiul, analiza și interpretarea rezultatelor din diagramele de penetrare dinamică de control, fig.4.19, 4.20, a variației gradului de îndesare cu adâncimea, fig.4.25, 4.26, a

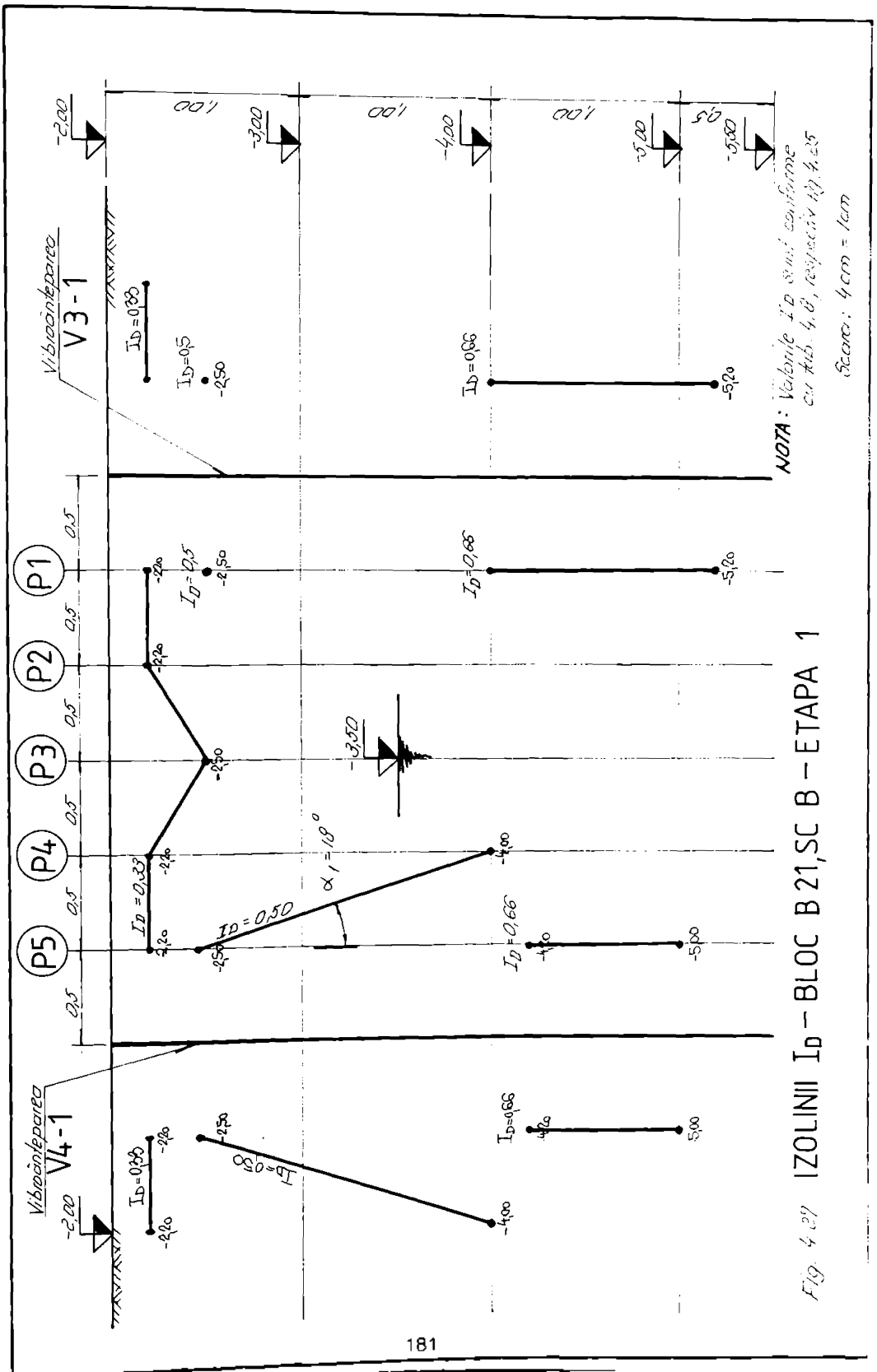


Fig 4.29 IZOLINII I_D – BLOC B21,SC B – ETAPA 1

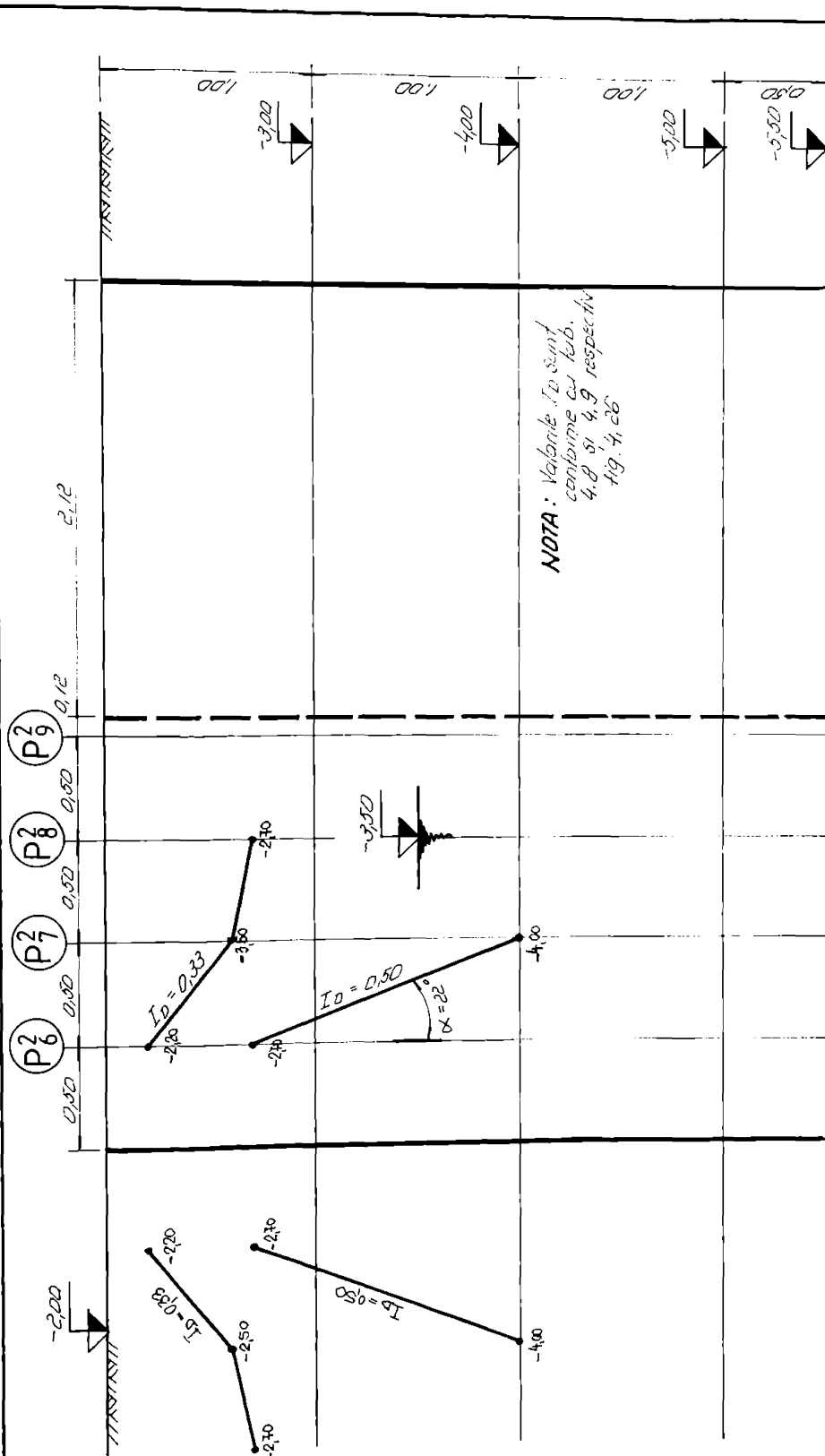


Fig. 4.28 IZOLINIILE ALE GRADULUI DE INDESARE I_0 - BLOC B21, SC B - ETAPA 1 (IN LUNGUL DIAGON.)

caracteristicilor fizico – mecanice din tabelele 4.8...4.11 și a izoliniilor desenate în figurile nr. 4.27...4.30, se desprind următoarele observații și constatări experimentale:

a. În jurul punctelor de vibroîntepare a terenului de fundare din etapa 1 și 2, pe întreaga grosime a complexului nisipos, se formează zone de teren îndesate sub formă tronconică sau cilindrică a căror grad de îndesare este $I_D \geq 0,50$. Razele acestor zone puternic îndesate sunt cuprinse între $r=0,50...1,00$ m după etapa 1 și peste 1,50 m după etapa 2.

b. După executarea îmbunătățirii în etapa 1, în jurul punctelor de vibroîntepare, terenul de fundare se îmbunătățește prin creșterea gradului de îndesare la valori peste $I_D \geq 0,50$. Zonele de nisip pentru care gradul de îndesare este mai mare de 0,50 încep de la adâncimea de 2,45...2,70 m. La această adâncime zona are raza de numai $r_1=0,50$ m. Zona de teren pentru care gradul de îndesare este mai mare decât 0,50 se extinde până la o rază $r_2=1,00$ m la cota de - 4,00 m. Înclinarea cu verticala pentru izolinia $I_D=0,50$ este $\alpha_1=18...22^\circ$, fig.4.27 și 4.28. În jurul vibroîntepării V_{3-1} , zona de teren puternic îndesată este de tip cilindru cu raza $r=0,50$ m.

c. Volumul de teren nisipos pentru care starea de îndesare nu depășește valoarea de 0,33 este cuprins între suprafața terenului și o adâncime de 0,20...0,70 m.

d. După etapa 1 a îmbunătățirii, zonele de teren pentru care gradul de îndesare depășește valoarea de 0,66 se găsesc numai sub formă cilindrică, în jurul punctelor de vibroîntepare, cu raza de 0,50 m și de cotele de - 4,00 ... - 4,20 m până la cota de - 5,00m unde începe stratul argilos, fig 4.27.

e. Executarea vibroîntepărilor din etapa a 2-a a îmbunătățirii au condus la o creștere generală a gradului de îndesare pentru zonele din jurul punctelor de vibroîntepare și pentru zonele din masiv aflate sub nivelul apelor subterane.

f. Se ating grade de îndesare peste valoarea $I_D \geq 0,50$ pentru cote de -2,50...-2,70m cu raze de numai $r_1=0,50$ m, iar la adâncimea de -3,60...- 3,90 m razele cresc la $r_2=1,00$ m.

Izoliniile $I_D=0,50$ formează cu verticala unghiul $\alpha_1=23^\circ...25^\circ$, fig 4.29 și 4.30.

g. Vibroîntepările din etapa 2 conduc la apariția de zone de teren în care gradul de îndesare crește peste valoarea $I_D=0,66$. Zonele puternic îndesate apar în jurul punctelor de vibroîntepare indiferent că au fost executate în etapa 1 sau 2. Aceste adâncimi de la care apar sunt de la -4,00 m în jos și au o formă cilindrică cu raze $r_2=0,50$ m pentru vibroînteparea V_{4-1} și V_{3-1} după direcția laturii careului și $r_2=1,00$ m după direcția diagonalei careului pentru vibroînteparea V_{4-1} , fig.4.29 și 4.30.

h. În jurul punctelor de vibroîntepare a terenului de fundare din etapa a 2-a se formează zone de teren foarte îndesate. În lungul diagonalei careului, zonele îndesate au

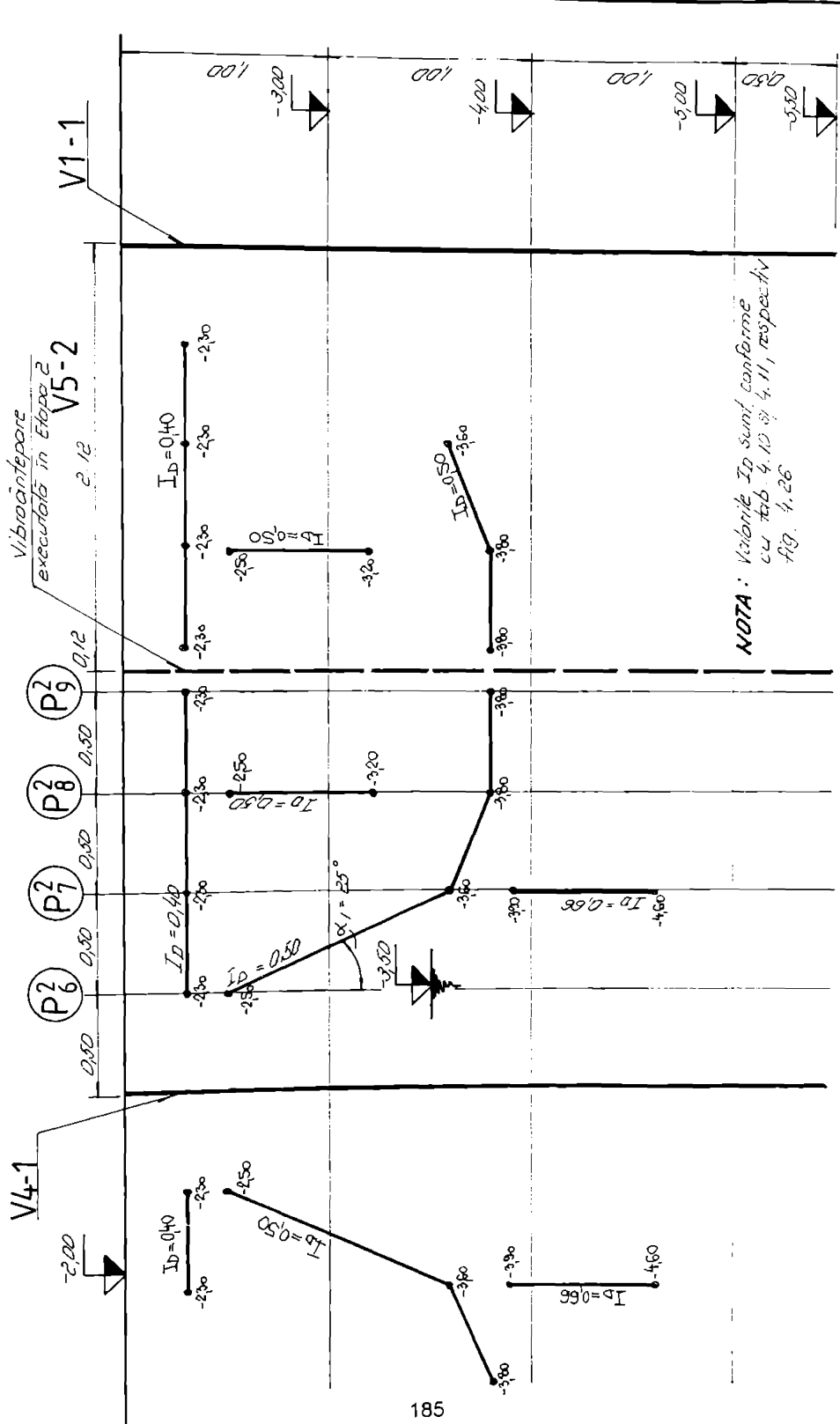


Fig. 4.22 IZOLINIILE ALE GRADULUI DE INDESARE I₀-BLOC B21,SC B, ETAPA 2 (IN LUNGUL DIAGONALEI)

tendența de a se uni cu cele din jurul vibroîntepărilor din etapa 1, formând astfel straturi orizontale cu grade de îndesare tot mai mari înspre baza complexului nisipos de la - 5,00 m fig 4.30.

i. Ca urmare a lucrărilor de îmbunătățire a terenului de fundare, a avut loc o tasare generală a suprafeței amplasamentului cu $\Delta h=0,30$ m, ceea ce înseamnă o reducere de volum pentru un careu $\Delta V= 3,0 \times 3,0 \times 0,30 = 2,70$ mc., deci o reducere de 8,82%. De la un volum inițial $V_i= 3,0 \times 3,0 \times 3,40 = 30,60$ mc, se ajunge la volumul final de teren îmbunătățit $V_f=3,0 \times 3,0 \times 3,10 = 27,90$ mc. Față de sc. A, se poate observa că terenul de fundare este mai neuniform îmbunătățit.

j. Compactarea terenului de fundare din amplasamentul blocului B 21, sc.B conduce, ca urmare a îndesării complexului nisipos, la o creștere a gradului de îndesare final către $I_{Dr}=0,55 \dots 0,60$, față de cel inițial de $I_{Dr}=0,206 \dots 0,412$. De la o porozitate medie de $n_r\%=47,80\%$ se ajunge în final la $n_r\%=41,5\%$, înregistrându-se o descreștere de 13,2%. Totodată, valorile unghiului frecării interioare ajung la $\Phi=30,2 \dots 35,8^\circ$.

4.4. CONCLUZII CU PRIVIRE LA REZULTATELE OBTINUTE LA COMPACTAREA PRIN VIBROÎNȚEPARE A TERENULUI DE FUNDARE PENTRU BLOCUL DE LOCUINȚE B 21 Sc. A ȘI Sc. B

Prin îmbunătățirea terenului de fundare cu ajutorul metodei vibroîntepării cu adaos de apă până la inundarea punctului de lucru, se obține o tasare generală a suprafeței terenului de la cota de -2,00 m cu $\Delta h_B=0,30$ m și $\Delta h_A=0,35$ m . Terenul de fundare suferă o compactare intensă de la adâncimi mici, de 0,50 m... 0,70 m, în cazul scării A, sau zone puternic îndesate în jurul vibroîntepărilor din etapa 1, sau orizonturi îndesate în lungul diagonalei careului la cota de - 3,80 m, pentru sc.B fig 4.16, 4.17 și 4.29. 4.30.

Reducerea de volum a terenului de fundare, în urma îmbunătățirii sale este $\Delta V_A=3,15$ mc, aceste reduceri de volum înseamnă o reducere de 8,82...10,29% a volumului unui careu de îmbunătățit.

Dacă în cazul scării A, volumul de teren îmbunătățit la care gradul de îndesare este $I_D \geq 0,50$ se poate aprecia corect la 20,25 mc, deci la 73,77% în cazul scării B acest volum nu se poate aprecia exact, totuși el este semnificativ.

Realizarea îmbunătățirii terenului de fundare prin vibroîntepare conduce la formarea în teren a unor zone îndesate în jurul punctelor de vibroîntepare sau a unor straturi orizontale cu grade de îndesare crescânde spre baza complexului nisipos de la cota de -5,00 m.

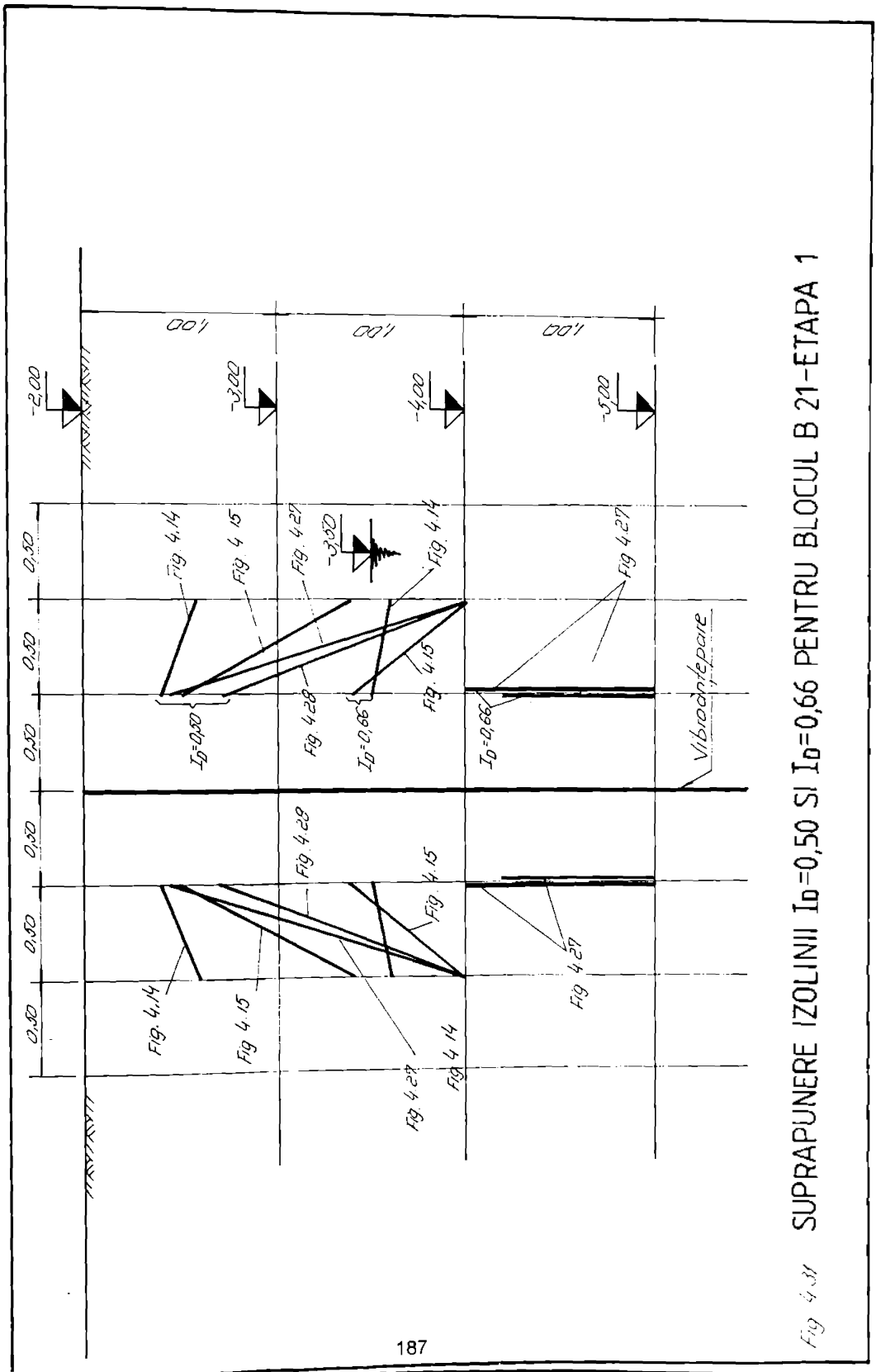


Fig. 4.31 SUPRAPUNERE IZOLINII $I_D=0,50$ SI $I_D=0,66$ PENTRU BLOCUL B 21-ETAPA 1

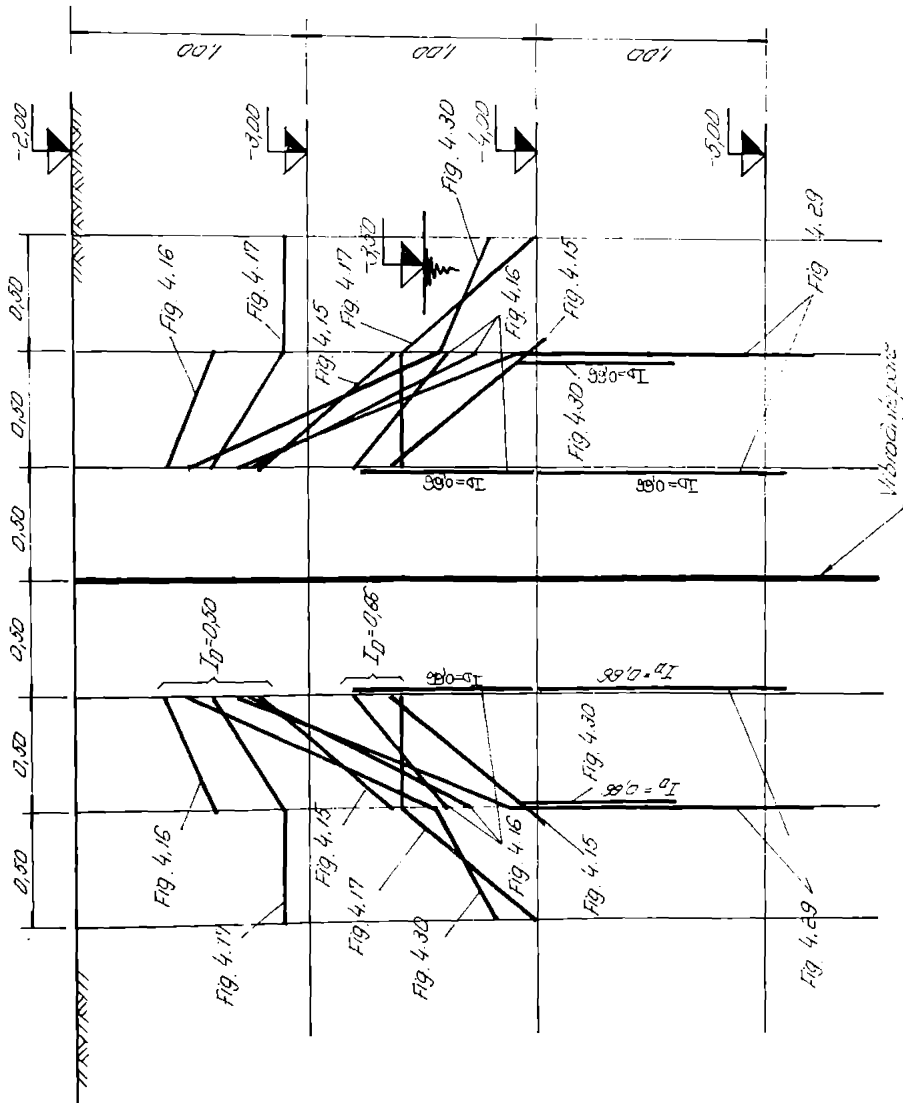


Fig. 4.32 SUPRAPUNEREA IZOLINIILOR $I_D=0,50$ SI $I_D=0,66$ PENTRU BLOCUL B 21 - ETAPA 2

În figura 4.31 s-au reprezentat grafic toate izoliniile $I_D=0,33$, $I_D=0,50$ și $I_D=0,66$ obținute pentru blocul B 21 sc A și sc. B, după etapa 1 a îmbunătățirii terenului de fundare. Aici au fost centralizate reprezentările izoliniilor din fig. 4.14, 4.15 și 4.27, 4.28.

Figura nr. 4.32 concentrează izoliniile gradelor de îndesare (0,33; 0,50; 0,66) realizate după etpa 2-a a îmbunătățirii terenului de fundare și reprezentate în cazul scârilor A și B în fig. 4.16, 4.17 și 4.29, 4.30.

Zonele îndesate din jurul punctelor de vibroîntepare au formă tronconică la partea superioară, cu raza bazei mici de $r_1=1,00$ m, iar raza bazei mari de $r_2=2,00$ m, pentru izoliniile $I_D=0,50$ la cota de $-3,50\dots-3,90$ m fig.4.31 și 4.32.

De la această cotă în jos (uneori de la o cotă mai ridicată) zonele îndesate pentru $I_D=0,50$ sunt zone cilindrice cu raza $r=1,00$ m.

Volumele de pământ ce au gradul de îndesare $I_D\geq 0,66$, au formă cilindrică în jurul punctelor de vibroîntepare, cu raza de $r_3=0,50\dots 1,00$ m și încep de la cota de $-3,20\dots-3,50$ m în jos, până la cota de $-5,00$ m unde se întâlnește stratul de argilă, [85], [86], [9].

Adăugarea apei în tehnologia de execuției a vibroîntepărilor, până la inundarea punctului de vibroîntepare, conduce la saturarea zonei dintre suprafața terenului ($-2,00$ m) și nivelul apei subterane. În acest mod vibrațiile echipamentului de vibroîntepare produce și compactare mai bună a volumelor de nisip din această zonă superioară, ce acum este inundată, prin anularea efectului capilarității.

Zonele de teren nisipos pentru care gradul de îndesare crește peste valoarea $I_D\geq 0,50$, sunt zone de formă cilindrică a căror rază se poate considera $r=1,0$ m în jurul punctelor de vibroîntepare, fig 4.32.

Ca urmare a prezenței stratului argilos la cota de $-5,00$ m, adâncimea de compactare a complexului nisipos coincide cu lungimea de înfigere în terenul de fundare a echipamentului de lucru.

CAP.5. STUDII DE CORELARE A CERCETĂRILOR ȘI CONCLUZIIL AUTORULUI PENTRU STABILIREA UNOR ELEMENTE DE CALCUL, PROIECTARE ȘI TEHNOLOGIA ÎMBUNĂTĂȚIRII PRIN VIBROÎNȚEPARE

5.1. SCURTĂ INTRODUCERE

Așa cum s-a arătat pe parcursul prezentei lucrări, îmbunătățirea nisipurilor (mai ales a celor aflate sub nivelul apelor subterane) prin metoda vibroînțepării, prezentată de Lobasov (1961) [26], este o tehnologie indicată datorită pe de o parte simplității în aplicare, iar pe de altă parte marilor avantaje economice ce le realizează.

Promovată la noi în țară după publicarea cărții sale, de M. Păunescu (1966) [46], și mai ales în urma extinderii metodei stabilite de acesta și colaboratorii săi și publicate în anul 1979, [52].

Metoda vibroînțepării terenurilor a fost dezvoltată și prin prelucrarea unor aspecte în teza sa de doctorat de către V. Haida (1979) [30], elaborată sub conducerea științifică a profesorului M. Păunescu, unde autorul tezei cercetează unele dintre ce se cereau rezolvate, pe care apoi le valorifică în continuare.

Cu toate acestea, deși colectivul menționat a elaborat și prescripții de proiectare și execuție pentru aplicarea procedeeului (Normativul privind îmbunătățirea terenurilor de fundare slabe prin procedee mecanice – C 29-77, înlocuit cu C 29-85, Caietul VI. Compactarea prin vibroînțepare), autorul apreciază că din punct de vedere a unor experimentări sistematice, conduse fidel, care să contribuie la dezvoltarea studiului în domeniu, la completarea literaturii de specialitate, nu s-au făcut decât foarte sporadic și nu sunt centralizate și interpretate ca un tot. Chiar și Normativul C 29-85, Caietul VI. [95] prezintă puține elemente necesare proiectării și execuției îmbunătățirii pământurilor nisipoase prin procedeeul vibroînțepării, ceea ce a determinat autorul să dezvolte studii noi prin care să-și găsească rezolvarea unele dintre aspectele mai puțin clare, rezultate menite să conducă la o extindere a metodei, în condiții tehnice superioare, cu o fundamentare științifică verificată experimental.

În acest sens se menționează studiile, dar mai ales prelucrările și interpretările din Capitolul 2 (faza laborator la scară mare) și încercările experimentale executate în condiții de șantier, dar cu măsurători și observații pertinente care conduc la aflarea unor noi elemente ce justifică aplicarea procedeeului vibroînțepării, la obținerea unor mai riguroși

coeficient de siguranță cu privire la stabilirea soluțiilor de fundare pe un pământ îmbunătățit prin vibroîntepare.

Rezultatele obținute, îndeosebi cele de importanță practică pentru proiectare și execuție, se vor prelucra și prezenta în continuare pentru a putea fi folosite la redactarea unei noi ediții a Normativului C 29 , o ediție dezvoltată pe baza unor rezultate obținute și prezentate în lucrare.

5.2. STUDII CU PRIVIRE LA DOMENIUL DE APLICARE A VIBROÎNTEPĂRII

Pe baza experienței acumulate cu ocazia studiilor elaborate, s-a constatat că domeniul în care poate fi aplicat procedeul vibroîntepării este prezentat atât în literatura existentă cât și în Normativul C29-85, Caietul VI, cu posibilități de interpretare ce conduc de multe ori la aplicarea acestuia pe terenuri unde rezultatele nu sunt întotdeauna cele scontate. Astfel, se afirmă că vibroînteparea se aplică în cazul compactării nisipurilor fine afânate (naturale sau în umplutură), aspect din care se deduce că stratul îmbunătățit trebuie să fie uniform cu diametrul particulelor de nisip cuprins între 0,10 ... 0,15 mm (grupa nisipurilor fine),[93],[95]. Nisipurile din natură, care să se încadreze granulometric numai în intervalul menționat și cu un grad de neuniformitate (U_n) foarte mic sunt destul de rare și sigur pun probleme sub aspectul că se compactează mult mai greu decât cele uniforme.

Pornind de la aceste considerente, studiile efectuate pentru stabilirea acestui

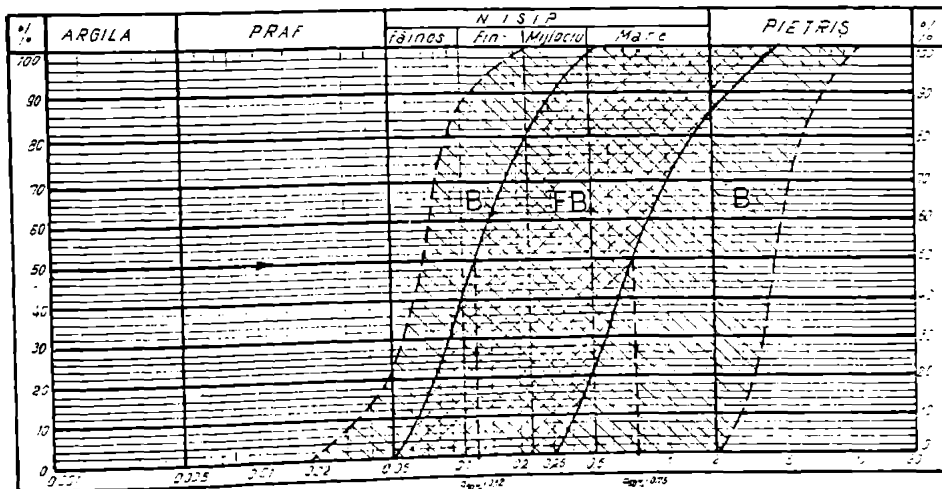


Fig. 5.1 Domeniul granulometric optim al tehnologiei vibroîntepării
domeniu granulometric au condus la concluzia că la îmbunătățirea terenurilor de fundare

prin procedeul vibroîntepării se pretează și nisipuri a căror particule solide au diametrii în afara valorilor prezentate,[2], [13],[51].

Pe baza celor studiate, autorul presupune deținerea domeniului granulometric optim în care procedeul vibroîntepării conduce spre valori ridicate ale gradului de îndesare prin intermediul domeniilor fixate în fig. 5.1 (B – domeniul bun, FB – foarte bun).

Studiile concretizate prin fixarea domeniului optim al vibroîntepării, pun în evidență o extensie apreciabilă care cuprinde practic toată gama de nisipuri ce se îndeasă foarte bine la îmbunătățirea prin vibroîntepare.

În acest mod, rezultă importanța practică pentru ingineria geotehnică în ceea ce privește stabilirea domeniului de aplicabilitate al vibroîntepării, precum și avantajele economice ce decurg din aceasta.

5.3 STUDII PRIVIND STABILIREA ELEMENTELOR DE CALCUL PENTRU PROIECTAREA ÎMBUNĂȚĂȚIRII ÎN ADÂNCIME A NISIPURILOR AFÂNATE

5.3.1. Câteva aspecte generale

Așa cum s-a arătat în capitolele de încercări experimentale, prin îmbunătățirea terenurilor slabe de fundare s-a realizat sporirea capacității sale portante, ca urmare a modificării caracteristicilor fizico-mecanice ale straturilor de pământ din care este alcătuit. Cercetările făcute duc la concluzia că studiile geotehnice care stau la baza proiectării și executării lucrărilor de îmbunătățire și a proiectării fundațiilor pe aceste terenuri, trebuie să fie mai detaliate decât în cazul celor întocmite pentru amplasamente cu terenuri obișnuite. În studiul geotehnic se vor evidenția particularitățile stratificației terenului de fundare precum și caracteristicile fizico-mecanice ale fiecărui strat de pământ ce alcătuiește acest teren de fundare.

Studiile, cercetările și încercările geotehnice de teren și de laborator, au arătat necesitatea de a fi complete ca să conducă la identificarea cauzelor care determină caracterul slab al terenului de fundare și la determinarea indicilor geotehnici aferenți necesari proiectării și executării unor lucrări de îmbunătățire eficiente, atât tehnic cât și economic.

Pe baza studiului și a analizei caracteristicilor fizico-mecanice rezultate din studiul geotehnic se trece la proiectarea lucrărilor de îmbunătățire a terenului de fundare slab, în cazul căreia în afară de stabilirea elementelor principale de proiectare (metoda de îmbunătățire, tehnologia de lucru, adâncimea terenului de îmbunătățit, etc.), trebuie precizati și indicii geotehnici pe baza cărora se verifică și controlează, calitativ și cantitativ, efectul de

îndesare realizat în terenul de fundare prin aplicarea lucrărilor de îmbunătățire proiectate și realizate în amplasament.

Făcând referiri la influența factorului timp asupra îmbunătățirii caracteristicilor fizico-mecanice ale terenurilor de fundare dificile compactate prin metoda vibroînțepării sau a realizării de ploturi și coloane din materiale granulare, cercetările făcute arată că terenurile de fundare slabe pot fi grupate în două categorii :

Nisipuri cu pietriș, nisipuri mari și mijlocii, nisipuri fine și prăfoase (adică terenuri necoezive) aflate în stare afânată sau de îndesare medie, cu grade diferite de umiditate sau saturate, la care efectele de vibroînțepare și cele de îmbunătățire sunt substanțiale chiar din perioada de execuție a lucrărilor de îmbunătățire, [7], [85], [46]. Din acest motiv, factorul timp reprezintă în aceste cazuri un parametru neglijabil în evaluarea caracteristicilor fizico-mecanice ale terenului îmbunătățit.

Măluri și argile moi, loessuri înmuiate, umpluturi neorganizate din pământuri argilo-prăfoase de consistență redusă la care prin realizarea ploturilor sau a coloanelor granulare se urmărește accelerarea procesului de consolidare adică se poate spune că îmbunătățirea are un pronunțat caracter evolutiv în timp. În aceste cazuri, parametrul timp este esențial în evaluarea caracteristicilor geotehnice ale terenului consolidat cu ajutorul coloanelor granulare. Experimentările făcute arată că la această categorie de terenuri nu se poate aplica procedeul de îmbunătățire prin vibroînțepare, deoarece nu are efecte pozitive. [22], [75], [49].

În prezentul paragraf se vor prezenta numai aspecte rezultate din îmbunătățirea pământurilor din categoria A, adică a pământurilor necoezive și îndeosebi pământurile nisipoase saturate.

5.3.2. Evaluarea unor caracteristici fizico-mecanice utilizate la proiectarea lucrărilor de îmbunătățire

5.3.2.1. Studii și corelări cu privire la porozitatea și umiditatea terenului îmbunătățit

Prin îmbunătățirea terenului de fundare se urmărește creșterea rezistenței terenului sub încărcările exterioare, mărirea forțelor de frecare, etc., aceste proprietăți depinzând în mare măsură de porozitate dar și de umiditatea terenului. Deci, problema îmbunătățirii în adâncime a terenurilor de fundare slabe prin procedeul vibroînțepării este legată în mod direct de modificarea acestor două caracteristici fizice, [29], [70], [74], [80].

Caracteristicile de bază ale stării naturale a terenului slab sunt greutatea volumică, γ ,

greutatea volumică a scheletului mineral, γ_s , și umiditatea, W %.

La modificarea proprietăților naturale ale terenului slab, sub efectul compactării mecanice exterioare, nu se modifică greutatea volumică a scheletului. Modificarea umidității naturale, W %, depinde de gradul de umiditate S_r al terenului în stare naturală și este în legătură directă cu modificarea indicelui porilor, e , [83], [102].

În cazul îmbunătățirii terenurilor alcătuite din nisipuri afânate, mărimea finală a indicelui porilor, e_f , se determină în funcție de valoarea finală necesară pentru gradul de îndesare, I_{Dr} .

Astfel, pentru compactarea nisipurilor afânate se utilizează expresia cunoscută a gradului de îndesare :

$$I_D = \frac{e_{\max} - e}{e_{\max} - e_{\min}} \quad (5.1)$$

Prin stabilirea valorii finale dorite a se obține în urma compactării pentru gradul de îndesare, expresia 5.1, devine :

$$I_{Dr} = \frac{e_{\max} - e_f}{e_{\max} - e_{\min}} \quad (5.2)$$

Din relația 5.2 se exprimă acum valoarea indicelui porilor în starea finală, îndesată :

$$e_f = e_{\max} - I_{Dr} \cdot (e_{\max} - e_{\min}), \quad (5.3)$$

pentru $I_{Dr} = 0$ avem $e_f = e_{\max}$ (starea cea mai afânată) ;

pentru $I_{Dr} = 1$ avem $e_f = e_{\min}$ (starea cea mai îndesată) .

Mărimile extreme e_{\max} și e_{\min} ale indicelui porilor se determină prin metode de laborator, sau atunci când nu sunt cunoscute se vor aproxima în funcție de starea lor de îndesare, conform STAS 1243-88. În tabelul 5.1 sunt prezentate, pentru informare, valori ale lui e , funcție de tipul pământului necoeziv și starea sa de îndesare, [83], [50].

Valorile indicelui porilor pentru diverse categorii de terenuri

Tabelul 5.1

Denumirea pământului	Îndesat	Îndesare medie	Afânat
Nisipuri cu pietriș	$e < 0,55$	$0,55 \leq e \leq 0,70$	$e > 0,70$
Nisipuri mari și mijlocii	$e < 0,55$	$0,55 \leq e \leq 0,70$	$e > 0,70$
Nisipuri fine	$e < 0,60$	$0,60 \leq e \leq 0,75$	$e > 0,75$
Nisipuri prăfoase	$e < 0,60$	$0,60 \leq e \leq 0,80$	$e > 0,80$

Cercetările prezentate anterior conduc la concluzia că pentru îmbunătățirea terenurilor necoezive afânate prin vibroîntepare se recomandă a nu fi luate în calcul valori ale gradului de îndesare I_D , mai mici de 0,50, sau mai mari de 0,80. Aceste condiții se impun

pentru a nu exista zone mai puțin compactate ($I_{Dr} < 0,50$), sau în cel de-al doilea caz, $I_{Dr} \geq 0,80$, să nu existe zone supra-compactate (de altfel probabilitate foarte puțin posibilă).

În cazul îmbunătățirii unor pământuri cu coeziune redusă, nisipuri prăfoase, nisipuri argiloase sau prafuri nisipoase saturate, se poate admite pentru gradul de umiditate ($S_r = 1$) adică :

$$S_r = \frac{W \cdot \gamma_s}{e \cdot \gamma_w} = 1 \quad (5.4)$$

După compactarea pământului, gradul de umiditate final S_{rf} , rămâne egal cu unitatea, deoarece surplusul de apă care apare prin reducerea porozității se elimină printr-o drenare rapidă, se poate scrie :

$$S_{rf} = \frac{W_f \cdot \gamma_s}{e_f \cdot \gamma_w} = 1 \quad (5.5)$$

din care rezultă valoarea indicelui porilor final :

$$e_f = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} \cdot W_f \quad (5.6)$$

Umiditatea finală, W_f , a pământului îmbunătățit se poate considera ca fiind egală cu valoarea orientativă a umidității optime de compactare definită în STAS 1913/13 - 83, adică :

$$W_f = W_{opt} = W_p + 0,2 \cdot I_p \quad (5.7)$$

deci relația 5.6 se va scrie sub forma :

$$e_f = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} \cdot (W_p + 0,2 \cdot I_p) \quad (5.8)$$

în care : W_p – limita inferioară de plasticitate ;

I_p – indicele de plasticitate.

Cercetările prezentate în Cap. 2 au arătat că pământurile afânate sau cele cu îndesare medie se compactează cel mai bine prin tehnica vibrării (procedeul vibroîntepării), atunci când umiditatea lor corespunde unei stări foarte umede, spre saturat, adică $S_r > 0,80$. În condițiile unei umidități ridicate se anulează efectul nefavorabil al tensiunilor superficiale asupra compactării pământurilor nisipoase, prin anularea coeziunii aparente, datorate angrenajului capilar.

Atunci când nivelul apelor subterane este scăzut în raport cu cota platformei de lucru, pe înălțimea aferentă dintre platforme de lucru și nivelul hidrostatic, umiditatea naturală a terenului nu permite o compactare a acestuia, dacă zona nu este situată în domeniul foarte umed sau saturat, [83], [9], [38].

Pentru ca terenul nisipos să se compacteze corespunzător și pe această adâncime

este necesar ca gradul de umiditate să fie de minim $S_r = 0,90$, astfel că se poate calcula și umiditatea minimă, necesară unei bune compactări, [29] :

$$W_i = \frac{S_{ri} \cdot e_i \cdot \gamma_W}{\gamma_s} = \frac{0,90 \cdot e_i \cdot \gamma_W}{\gamma_s} \quad (5.9)$$

Diferența dintre umiditatea minimă necesară unei compactări și cea naturală a terenului determină mărimea umidității suplimentare, ce se obține prin adaos suplimentar de apă din exterior (prin inundarea zonei), adică :

$$\Delta W = W_i - W, \quad (5.10)$$

iar cantitatea de apă suplimentară necesară pentru buna compactare a terenului este în l (litri) la 1 mc de pământ compactat [29], [83]. Făcând înlocuirile concordante cu cele prezentate anterior , avem:

$$\Delta V_{\text{apa}} = 10^3 \cdot \Delta W \cdot \frac{\gamma_{di}}{\gamma_W} = \frac{10^3 \cdot \Delta W}{\gamma_W} \cdot \frac{\gamma_s}{1+e_i} \quad (5.11)$$

în care : γ_{di} – este greutatea volumică în stare uscată a pământului înainte de compactarea sa.

Deoarece în procesul de compactare prin vibroînțepare se va adăuga în mod continuu apă de la suprafață, atunci când nivelul apelor subterane este scăzut, se neglijează cantitatea de apă ce se drenează în pământul necoeziv compactat, [11], [12].

5.3.2.2. Studii cu privire la greutatea volumică a terenului îmbunătățit

Compactarea terenurilor de fundare alcătuite din pământuri nisipoase, se poate realiza prin aport suplimentar de material granular, în cazul îmbunătățirii cu ajutorul coloanelor sau ploturilor, și fără aport suplimentar de material granular în cazul îmbunătățirii nisipurilor prin procedeul vibroînțepării.

În primul caz, se consideră constant volumul total de pământ ce a fost îmbunătățit [12], [29], iar în cazul vibroînțepării se consideră constant volumul scheletului mineral ce a fost îmbunătățit.

În cazul compactării pământurilor cu păstrarea constantă a volumului masivului îmbunătățit este necesară adăugarea suplimentară de volume de pământ compactate ce determină un volum de schelet mineral suplimentar ΔV_s [29], [83], [90],

$$\text{Cunoscând că : } V = V_s + V_p = V_s + e \cdot V_s = V_s (1+e) \quad (5.12)$$

înseamnă că :

$$V_s = \frac{V}{1+e} \quad (5.13)$$

iar pentru unitate $V = 1,0 \text{ m}^3$, avem :

$$V_s = \frac{1}{1+e} \quad (5.14)$$

ceea ce ne permite a scrie că :

$$\Delta V_s = V_{sf} - V_{si} = \frac{1}{1+e_f} - \frac{1}{1+e_i} = \frac{e_i - e_f}{(1+e_i) \cdot (1+e_f)} \quad (5.15)$$

Volumul suplimentar, ΔV_s , de schelet mineral pentru 1 mc de teren îmbunătățit este în stare uscată, iar pentru aflarea greutății sale se va proceda la înmulțirea cu greutatea volumică a scheletului, γ_s .

Asfel se obține greutatea ΔG_s a scheletului mineral suplimentar pentru un volum de 1 m^3 de pământ îmbunătățit :

$$G_s = \gamma_s \cdot \Delta V_s = \gamma_s \cdot \frac{e_i - e_f}{(1+e_i)(1+e_f)} \quad (5.16)$$

Diferența dintre greutatea volumică în stare uscată după efectuarea îmbunătățirii, γ_{df} , și înainte de compactare, γ_{di} , reprezintă greutatea volumică în stare uscată a materialului de aport, a , conform expresiei 5.16 :

$$\gamma_a = \gamma_{df} - \gamma_{di} = \gamma_s \cdot \frac{e_i - e_f}{(1+e_i)(1+e_f)} \quad (5.17)$$

Materialul necoeziv de adaos folosit la realizarea coloanelor granulare are o anumită umiditate, W_x , atunci greutatea sa volumică este :

$$\gamma_x = \gamma_a \cdot (1 + W_x) \quad (5.18)$$

Volumul total al materialului de aport pentru 1 mc de teren îmbunătățit se obține cu ajutorul expresiei 5.12 și 5.15, [83], [29], [61]:

$$\Delta V = \Delta V_s (1+e_f) = \frac{e_i - e_f}{(1+e_i)(1+e_f)} \cdot (1+e_f) = \frac{e_i - e_f}{1+e_i} \quad (5.19)$$

În cazul compactării pământurilor nisipoase prin vibrație, deci fără aport de material granular din exterior, se produce o reducere a volumului inițial de teren afănat. În acest caz se produce o reducere importantă a volumului de pori, cu păstrarea constantă a volumului părții solide. În acest caz se poate scrie :

$$V_s = \text{constant} = \frac{V_i}{1+e_i} = \frac{V_f}{1+e_f} \quad (5.20)$$

Reducerea de volum a terenului de fundare compactat în adâncime prin metoda vibroîntepării se exprimă prin :

$$\Delta V = V_i - V_f = V_i - V_i \cdot \frac{1+e_f}{1+e_i} = \frac{e_i - e_f}{1+e_i} \cdot V_i \quad (5.21)$$

În cazul volumului unitar de pământ îmbunătățit se observă că relația 5.21 este identică cu relația 5.19, ceea ce înseamnă că reducerea volumului de pământ, rezultată din tasarea generală a platformei de lucru, în cazul îmbunătățirii pământurilor prin vibroîntepare este egală cu volumul de material granular de aport necesar realizării coloanelor la îmbunătățirea pământurilor nisipoase [21], [61], [83].

5.3.2.3. Cu privire la coeficientul de compresibilitate

Caracteristicile de compresibilitate ale unui teren îmbunătățit prin diferite procedee de compactare în adâncime se determină prin încercări experimentale de teren, dar unele, ca de exemplu coeficientul de compresibilitate, poate fi evaluat și prin încercări de laborator, prin utilizarea curbei de compresiune-porozitate.

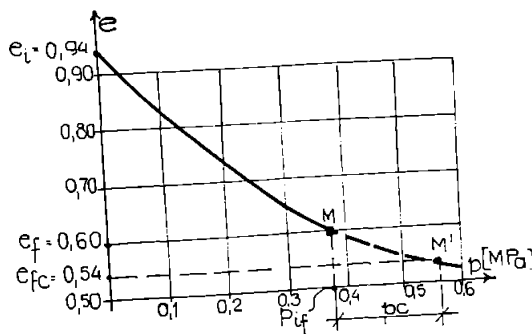


Fig. 5.2. Curbă de compresiune-porozitate

După îmbunătățirea terenului, indicele porilor ajunge la valoarea e_f , careia pe curba de compresiune-porozitate, fig. 5.1, îi corespunde punctul M. Presiunea p_f corespunzătoare acestui punct este denumită presiune inițială pe terenul îmbunătățit. Adăugând la presiunea p_f , presiunea suplimentară adusă de construcție, p_c , se obține presiunea totală, $p_l = p_f + p_c$, careia pe curba de compresiune-porozitate îi corespunde punctul M', cu ordonata e_c .

Mărimea coeficientului de compresibilitate pentru terenul îmbunătățit și aferentă sporului de presiune din construcție este :

$$a_{vi} = \frac{e_f - e_{fc}}{p_c} \quad (5.22)$$

În cazul în care valoarea indicelui porilor e_{fc} , corespunzătoare presiunii totale, $p_t = p_{it} + p_c$, iese din limitele curbei determinată experimental în laborator, aceasta se poate prelungi pe baza expresiei sale analitice scrisă sub forma [76] :

$$e = A \cdot \ln(p + p_0) + C \quad (5.23)$$

Cei trei parametri A , p_0 și C din ecuația 5.23 se pot determina dacă se cunosc trei perechi de valori experimentale p_i și e_i .

5.3.3 Prezentarea studiilor cu privire la distribuția în plan a elementelor de îmbunătățire

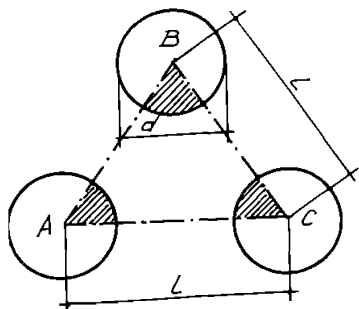
Pentru stabilirea unor relații teoretice de calcul a distribuției vibroînțepărilor s-a plecat de la asimilarea acestora cu distribuția coloanelor din materiale granulare sau a ploturilor, făcându-se și verificările experimentale necesare.

5.3.3.1. Cu privire la distribuția în plan a coloanelor din materiale granulare

Determinarea distanței l , dintre axele coloanelor din materiale granulare se face pe baza raționamentului că volumul de fază solidă a terenului inițial de îmbunătățit rămâne același și după îmbunătățire. După modul cum sunt acestea distribuite, studiile se prezintă în două variante A și B.

Varianta A. Distribuția coloanelor în rețea de triunghiuri echilaterale

Echivalența volumelor fazei solide se face pentru suprafața triunghiului echilateral ABC, fig. 5.3.



Suprafața sectorului hașurat din secțiunea transversală a unei coloane simplu vibropresate reprezintă a șasea parte din suprafața totală a secțiunii :

$$S_1 = \frac{S_{col}}{6} = \frac{\pi \cdot d^2}{24} \quad (5.24)$$

în care: d – diametrul coloanei în m.

Fig.5.3. Disponerea în rețea triunghiulară.

În suprafața triunghiului echilateral ABC intră trei astfel de sectoare cu suprafața totală :

$$S = 3 \cdot S_1 = \frac{\pi \cdot d^2}{8} \quad (5.25)$$

Știind că :

$$V_s = V - V_p = V - e \cdot V_s, \text{ rezultă } V = V_s (1+e)$$

deci:

$$V_s = \frac{V}{1+e} \quad (5.26)$$

Cunoscând suprafața triunghiului echilateral ABC,

$$S = l^2 \cdot \sqrt{3} / 4$$

și considerând calculul pe o adâncime unitară, volumul scheletului mineral aferent triunghiului

$$V_{si} = \frac{l^2 \cdot \sqrt{3}}{4(1+e_i)} \quad (5.27)$$

ABC, înainte și după îmbunătățire este :

Pentru că volumul scheletului mineral rămâne neschimbat în suprafața compactată

$$V_{sf} = \frac{2 l^2 \cdot \sqrt{3} - \pi d^2}{8(1+e_f)} \quad (5.28)$$

ABC, din egalitatea relațiilor 5.27 și 5.28 se obține distanța l dintre axele coloanelor granulare :

$$l = \sqrt{\frac{(1+e_i) \cdot \pi \cdot d}{(e_i - e_f) \cdot 2 \cdot \sqrt{3}}} = 0,952 \cdot d \cdot \sqrt{\frac{1+e_i}{e_i - e_f}} \quad (5.29)$$

Normativul C 29-85 indică, în cazul pământurilor necoezive, calculul distanței dintre axele coloanelor pe baza relației :

$$l = d \cdot \sqrt{\frac{100 - n_f}{n_i - n_f}} \quad (5.30)$$

În care : d – diametrul proiectat al coloanelor din balast, $d = 1,1 \dots 1,2 \cdot d_{lub}$;

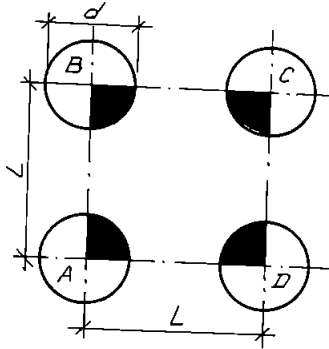
n_f – porozitatea finală estimată a se obține prin îmbunătățirea terenului ;

n_i – porozitatea inițială, considerată ca porozitate medie a terenului înainte de îmbunătățire.

Distanța optimă dintre axele coloanelor este de circa $l = 3 \cdot d$.

Varianta B. Distribuția coloanelor în rețea cu ochiuri pătrate (fig. 5.3)

Efectuând calculele în mod asemănător ca pentru rețeaua triunghiulară, volumele fazei solide înainte și după îmbunătățire au următoarele expresii, fig. 5.3 :



$$V_{sf} = \frac{l^2}{1+e_i} \quad (5.31)$$

$$V_{sf} = \frac{4 \cdot l^2 - \pi d^2}{4 \cdot (1+e_f)} \quad (5.32)$$

Pe baza echivalenței $V_{si} = S_{sf}$ din suprafața ABCD, se obține latura rețelei

$$l = \frac{d}{2} \cdot \sqrt{\frac{\pi(1+e_i)}{e_i - e_f}} \quad (5.33)$$

Fig. 5.4 Dispunere în rețea pătratică

Din analiza relațiilor 5.29 și 5.33 se constată că pentru a obține același e_f între mărimile laturilor rețelei triunghiulare, respectiv pătratică trebuie să existe următoarea relație de legătură, [67] :

$$l_4 = 0,65 \cdot l_3 \quad (5.34)$$

Numărul coloanelor de îmbunătățire n pe suprafața de îmbunătățire de 1 mp va rezulta din relația :

$$n = \frac{S_g}{S_{col}} = \frac{e_i - e_f}{1 + e_i} \cdot \frac{4}{\pi d^2} \quad (5.35)$$

iar numărul total al coloanelor de îmbunătățire N pentru o suprafață oarecare de îmbunătățire S_t , este :

$$N = S_t \cdot n = \frac{e_i - e_f}{1 + e_i} \cdot \frac{4 \cdot S_t}{\pi d^2} \quad (5.36)$$

5.3.3.2. Distribuția în plan a ploturilor granulare

În cazul îmbunătățirii pământurilor cu ajutorul ploturilor granulare, distanța l dintre acestea, în cazul dispunerii în rețea de triunghiuri echilaterale, se deduce din condiția ca volumele însumate ale terenului inițial și cel al materialului de aport să fie egal cu volumul

terenului îmbunătățit, pentru adâncimea de îmbunătățire prestabilită, [42], [54], [22].

Suprafața în plan ce revine unui plot este egală cu suprafața hexagonului aferentă sau a rombului, fig. 5.5.

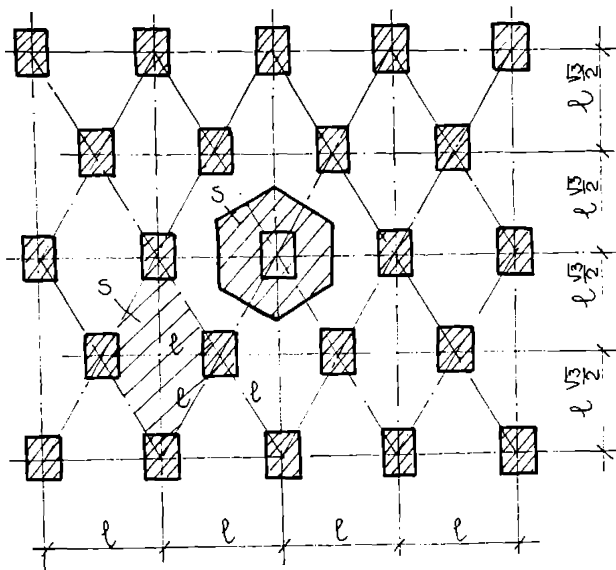


Fig. 5.5 Dispunerea ploturilor în rețea triunghiulară

Pe baza raționamentului expus și pentru o grosime unitară de teren îmbunătățit, se poate scrie:

$$S = l^2 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \quad (5.37)$$

$$l^2 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \gamma_f = m \cdot \frac{V}{h_i} \cdot \gamma_f + l^2 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \gamma_i \quad (5.38)$$

În care : $m = 1, 1,5, 2, 2,5 \dots$, în funcție de cantitatea de material adăugat ;

γ_i ~ volumică inițială a terenului ;

γ_f ~ greutatea volumică finală a terenului îmbunătățit ;

V ~ volumul plotului ;

h_i ~ grosimea de teren îmbunătățit.

În continuare se poate scrie :

$$l^2 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot (\gamma_f - \gamma_i) = m \cdot \frac{V}{h_i} \cdot \gamma_f \quad (5.39)$$

sau :

$$l = c \cdot \sqrt{\frac{V}{h_i} \cdot \frac{\rho_f}{\rho_f - \rho_i}} \quad (5.40)$$

în care s-a introdus notația : $c = \frac{2m}{\sqrt{3}}$

Dacă se consideră că umiditatea este aceeași și după îmbunătățire și că materialul de aport are aceeași densitate a scheletului mineral cu a terenului se poate scrie :

$$l = c \cdot \sqrt{\frac{V}{h_i} \cdot \frac{n_f}{n_i - n_f}} \quad (5.41)$$

în care :

$$c = 2m / \sqrt{3}$$

n_f – porozitatea medie finală a terenului îmbunătățit ;

n_i – porozitatea medie a terenului natural.

5.3.3.3. Distribuția în plan a punctelor de vibroîntepare

Îmbunătățirea pământurilor nisipoase prin procedeul vibroîntepării are ca rezultat final o stare mai îndesată a nisipurilor afânate, prin reducerea porozității inițiale cu circa $\Delta n\% = 15\% \dots 22\%$, datorată unei reduceri a grosimii terenului cu $\Delta h = 8 \dots 12\%$, dar cu păstrarea constantă a volumului de fază solidă.

În paragraful 5.2.2, privind greutatea volumică a terenului îmbunătățit, se arată că reducerea de volum a terenului de fundare îmbunătățit prin vibroîntepare pentru un volum unitar este identică cu volumul materialului de aport, în cazul îmbunătățirii terenurilor cu ajutorul coloanelor granulare, deci egalitatea relațiilor 5.21 și 5.19. Practic, reducerea de volum inițial de teren natural în cazul vibroîntepării este egală cu volumul golurilor create în teren de către înfizerile repetate ale tubului de inventar, utilizat la realizarea coloanelor.[83].

Determinarea distanței l dintre axele punctelor de vibroîntepare se poate echivala pe baza egalității volumelor de teren care se reduc în cazul vibroîntepării, cu volumele de material granular de adaos în cazul coloanelor. Dispunerea vibroîntepărilor în plan sub formă de rețea de triunghi echilateral presupune îndesarea uniformă a terenului între zonele circulare rigide din jurul punctelor de vibroîntepare și echivalența în greutate a volumelor de pământ înainte și după îndesare, la umiditate constantă. În condițiile enunțate anterior,

calculul distanței l dintre punctele de vibroîntețpare se vor calcula cu relația stabilită în cazul coloanelor granulare realizate prin vibropresare , [29], [70]:

$$l = d \cdot \sqrt{\frac{100 - n_f}{n_i - n_f}} \quad [\text{m}], \quad (5.42)$$

în care :

- l – distanța între axele punctelor de vibroîntețpare, în m ;
- d – diametrul echipamentului de vibroîntețpare, în m ;
- n_f – porozitatea finală, în % ;
- n_i – porozitatea inițială, în % ;

Porozitatea inițială n_i este porozitatea medie a terenului natural ce este precizată în studiul geotehnic sau determinată prin încercări de teren.

Porozitatea finală n_f se poate estima prin adoptarea unui grad de îndesare final $I_{Dr} = 0,80$ (pentru a nu exista zone supracompactate), prin cunoașterea valorilor e_{max} și e_{min} și determinarea valorii e_f cu ajutorul relației 5.3. La determinarea mărimilor e_{max} și e_{min} se pot utiliza valorile indicelui porilor pentru diverse stări de îndesare prezentate în tabelul 5.1.

Pentru obținerea unor soluții optime de îmbunătățire s-a considerat ca fiind utilă reprezentarea grafică, sub formă de diagrame, a relației de calcul a distanței dintre axele punctelor de vibroîntețpare.

Diagramele, fig. 5.6, corelează cinci parametri ce intervin în calculul de îmbunătățire al terenului prin vibroîntețpare și anume :

- n_i – porozitate inițială a terenului afănat ;
- n_f – porozitatea finală medie a terenului îmbunătățit ;
- e_f – indicele porilor pentru starea finală de îndesare a terenului ;
- l – distanța dintre axele punctelor de vibroîntețpare, exprimată în funcție de diametrul carcasi spațiale a vibroîntețpătorului ;
- d – diametrul echipamentului de lucru.

La alcătuirea diagramelor s-a plecat de la relația 5.42, din care s-a exprimat ca și necunoscută porozitatea finală a terenului îmbunătățit n_f :

$$n_f = \frac{n_i \cdot l^2 - 100 \cdot d^2}{l^2 - d^2} \quad (5.43)$$

Cu această relație de calcul s-au stabilit valorile finale ale porozității n_f , din tabelul 5.2 , admitând că porozitățile inițiale ale terenului afănat poate avea valori $n_i = 41 \dots 55\%$, distanțele dintre axele punctelor de vibroîntețpare sunt cuprinse între $l = 2 \cdot d \dots 4 \cdot d$, iar pentru diametrul carcasi spațiale s-a stabilit valoarea $d = 0,70$ m.

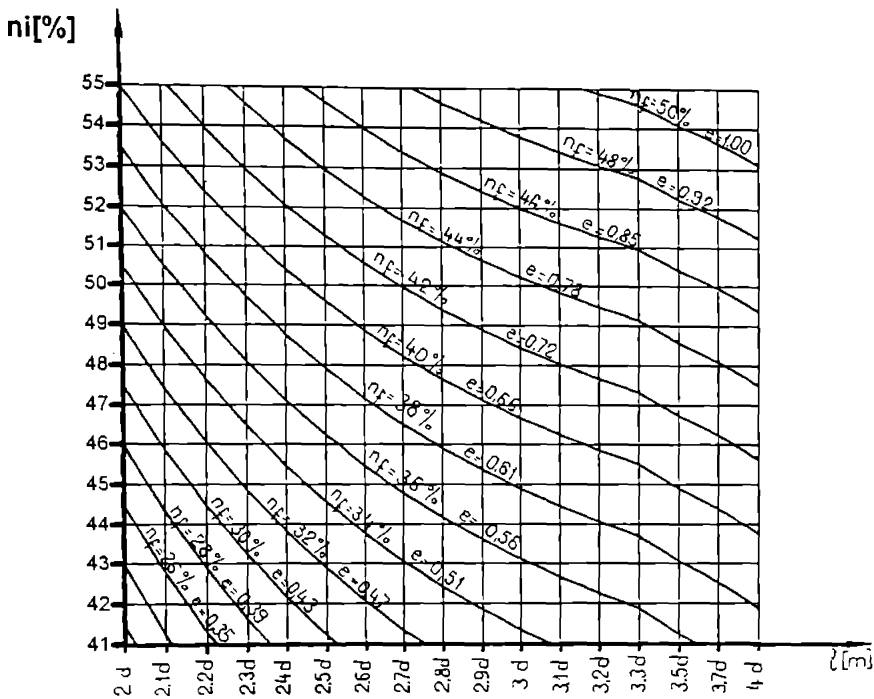


Fig.5.6. Diagrama pentru calculul grafic al îmbunătățirii pământurilor prin vibroîntepare.

Diagramele au fost trasate luând pe axa absciselor distanța dintre axele punctelor de vibroîntepare $l = 2 \cdot d \dots 4 \cdot d$, iar pe axa ordonatelor s-au fixat porozitățile inițiale ale terenului neîmbunătățit, din procent în procent $n_i = 41 \dots 55\%$.

Pe grafic s-au fixat valorile porozităților finale calculate în tabelul 5.2 și apoi s-au unit punctele ce corespund unor valori egale și întregi. Astfel s-au obținut curbele cu valoare egală pentru n_f pe care s-au înscris și valorile e_f .

Pentru rezolvarea practică a unei îmbunătățiri prin vibroîntepare se procedează după cum urmează, [1],[22], [29], [49].

Pentru un nisip fin și mijlociu aflat în stare de îndesare medie, $I_b = 0,40$, porozitatea este $n_i = 48\%$, iar $e = 0,92$. Pentru ca în urma îmbunătățirii, terenul să ajungă în stare îndesată, $I_b = 0,72$, trebuie ca indicele porilor să fie $e_f < 0,60$, conform tabelului 5.2. Se alege $e_f = 0,50$, iar pentru n_f se calculează valoarea $n_f = 36\%$.

Din dreptul porozității inițiale $n_i = 48\%$ se duce o dreaptă orizontală până la diagrama corespunzătoare pentru $n_f = 36\%$. Din acest punct se coboară dreapta verticală și se stabilește $l = 2,4 \cdot d$, fig.5.6.

Tabelul 5.2.

Valorile porozității finale n_p pentru terenul îmbunătățit funcție de n_p-1

$\frac{L}{l_{opt}}$	nr [%]															
	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	
2,0 d	21.333	22.667	24.000	25.333	26.667	28.000	29.333	30.667	32.000	33.333	34.667	36.000	37.333	38.667	40.000	
2,1 d	23.698	24.991	26.284	27.578	28.871	30.164	31.457	32.751	34.044	35.337	36.630	37.924	39.217	40.510	41.804	
2,2 d	25.635	26.896	28.156	29.417	30.677	31.938	33.198	34.458	35.719	36.979	38.240	39.500	40.760	42.021	43.281	
2,3 d	27.247	28.480	29.713	30.946	32.179	33.413	34.646	35.879	37.112	38.345	39.578	40.811	42.044	43.277	44.510	
2,4 d	28.605	29.815	31.025	32.235	33.445	34.655	35.866	37.076	38.286	39.496	40.706	41.916	43.126	44.336	45.546	
2,5 d	29.762	30.952	32.143	33.333	34.524	35.714	36.905	38.095	39.286	40.476	41.667	42.857	44.048	45.238	46.429	
2,6 d	30.757	31.931	33.104	34.278	35.451	36.625	37.799	38.972	40.146	41.319	42.493	43.667	44.840	46.014	47.188	
2,7 d	31.620	32.779	33.938	35.097	36.256	37.415	38.574	39.733	40.892	42.051	43.210	44.369	45.528	46.687	47.846	
2,8 d	32.374	33.520	34.667	35.813	36.959	38.105	39.251	40.398	41.544	42.690	43.836	44.982	46.129	47.275	48.421	
2,9 d	33.036	34.173	35.308	36.443	37.578	38.713	39.848	40.982	42.117	43.252	44.387	45.522	46.657	47.792	48.927	
3,0 d	33.625	34.750	35.875	37.000	38.125	39.250	40.375	41.500	42.625	43.750	44.875	46.000	47.125	48.250	49.375	
3,1 d	34.148	35.264	36.380	37.496	38.612	39.728	40.844	41.961	43.077	44.193	45.309	46.425	47.541	48.657	49.774	
3,2 d	34.615	35.723	36.831	37.939	39.048	40.156	41.264	42.372	43.481	44.589	45.697	46.805	47.913	49.022	50.130	
3,3 d	35.034	36.135	37.237	38.338	39.439	40.540	41.641	42.742	43.843	44.944	46.046	47.147	48.248	49.349	50.450	
3,5 d	35.756	36.844	37.933	39.022	40.111	41.200	42.289	43.378	44.467	45.556	46.644	47.733	48.822	49.911	51.000	
3,7 d	36.351	37.429	38.508	39.587	40.666	41.745	42.823	43.902	44.981	46.060	47.139	48.217	49.296	50.375	51.454	
4,0 d	37.067	38.133	39.200	40.267	41.333	42.400	43.467	44.533	45.600	46.667	47.733	48.800	49.867	50.933	52.000	

O altă cale pentru determinarea distanței l dintre punctele de vibroîntepare este aceea în care pământul nisipos îmbunătățit este considerat un material omogen echivalent [11], [83] [86]. Acest fapt poate fi luat în considerare prin aceea că metoda nu folosește material de adaos din exterior. Prin metoda vibroîntepării se produce numai compactarea pământului ce formează terenul de fundare. Cu toate că în jurul punctelor de vibroîntepare se formează zone cilindrice supracompactate, se poate considera că terenul îmbunătățit este un material omogen, deoarece caracteristicile mecanice din zonele supracompactate nu sunt de peste 4 ... 5 ori mai mari decât cele din zonele adiacente celor cilindrice supracompactate.

În aceste condiții se poate scrie relația greutății volumice echivalente ținând seama de relația propusă de Di Maggio (1978) ,[17], [6], [71], [80].

$$\gamma_f = \gamma_v \cdot a + \gamma_{fi} \cdot (1-a) \quad (5.44)$$

în care :

- γ_f – greutatea volumică finală medie a terenului îmbunătățit, kN/m^3 ;
- γ_v – greutatea volumică a zonelor cilindrice supracompactate din jurul punctelor de vibroîntepare, kN/m^3 ;
- γ_{fi} – greutatea volumică a terenului îmbunătățit dintre zonele supracompactate, kN/m^3 ;
- $a = A_v / A$ – unde A_v este suprafața zonelor cilindrice supracompactate, iar A este suprafața triunghiului echilateral din rețeaua de distribuție a vibroîntepărilor.

Pe baza observațiilor rezultate din încercările de teren se constată că între greutatele volumice a zonelor supracompactate și a celor îmbunătățite, $k = \gamma_v / \gamma_{fi}$, există un raport de $k = 1,10 \dots 1,20$.

În aceste condiții, dacă se adoptă $k = 1,20$, relația 5.44 se poate scrie :

$$\gamma_f = k \cdot a \cdot \gamma_{fi} + (1 - a) \cdot \gamma_{fi} \quad (5.45)$$

$$\gamma_f = \gamma_{fi} \cdot [a(k - 1) + 1] = \gamma_{fi} \cdot (0,2 \cdot a + 1) \quad (5.46)$$

Prin înlocuirea :

$$A_v = \pi d^2 / 4 \quad \text{și} \quad A = l^2 \cdot \sqrt{3} / 2$$

și exprimarea distanței l , se obține :

$$l = 0,45 \cdot d \cdot \sqrt{\frac{\gamma_{fi}}{\gamma_f - \gamma_{fi}}} \quad [\text{m}] \quad (5.47)$$

Prin considerarea constantă a umidității se obține relația de calcul :

$$l = 0.45 \cdot d \cdot \sqrt{\frac{\gamma_{dti}}{\gamma_{df} - \gamma_{dti}}} \quad [m] \quad (5.48)$$

În care : d – diametrul zonei circulare supracompactate din jurul punctelor de vibroînțepare și se pot aprecia între valorile $d = 1,50 \dots 2,0$ m

γ_{dti} – greutatea volumică în stare uscată a terenului îmbunătățit dintre zone supracompactate; pentru o bună compactare are o valoare minimă

$$\gamma_{dti} = 16,0 \text{ kN/m}^3$$

γ_{df} – greutatea volumică în stare uscată finală medie a terenului îmbunătățit și se alege între $17,00 \dots 19,00 \text{ kN/m}^3$

Relațiile stabilite 5.42 și 5.48 privind calculul distanței dintre puncte de vibroînțepare, se determină în condiții concrete de amplasament și se vor verifica în poligoane experimentale realizate direct în amplasamentul lucrării de îmbunătățire a terenului de fundare.

5.3.4. Evaluarea grosimii stratului de pământ îmbunătățit

După cum s-a mai arătat, realizarea îmbunătățirii terenului de fundare are drept scop ridicarea calității caracteristicilor calității fizico-mecanice ale pământului slab și micșorarea compresibilității terenului, deci reducerea tasării terenului sub încărcările transmise de construcție în limitele admise pentru aceasta.

În practica lucrărilor de îmbunătățire a terenurilor de fundare pentru strate cu grosimi mici, până la circa 6m, se apreciază că elementele de îmbunătățire să aibe o lungime egală cu grosimea terenului dificil, aspectul fiind impus și de utilajele vibratoare folosite pe șantierele de construcții.

În unele cazuri însă, este posibilă obținerea tasărilor terenului în limitele admise de construcție și pentru adâncimi de îmbunătățire mai mici decât grosimea stratului slab de fundare sau decât lungimea zonei active a fundației, deși grosimea stratului de nisipuri afânate este mult mai mare.

Prin realizarea îmbunătățirii terenului pe o grosime, dată după cum a rezultat din cele prezentate în capitolele anterioare s-a realizat un strat mai îndesat, mai rigid, cu caracteristici mecanice superioare față de cele inițiale. Prezența stratului mai rezistent imediat sub talpa fundațiilor (cazul blocurilor din Arad) a condus la o concentrare a tensiunilor verticale pe grosimea de teren îmbunătățită, astfel că de la partea inferoară a

stratului îmbunătățit și până la limita inferioară a zonei active, eforturile verticale sunt mult mai mici în comparație cu cazul stratului omogen de o grosime mai mare.

Situația a fost deosebit de favorabilă pentru eforturile verticale cu valori mari sunt regăsite în zona de teren îmbunătățită, cu caracteristici mecanice superficiale, iar pe grosimea terenului neîmbunătățit, cu caracteristici mecanice slabe în care avem și eforturi verticale mai mici. Astfel, pe această grosime neîmbunătățită și deformațiile terenului vor fi mai mici decât într-un caz normal de transmitere al eforturilor verticale într-un teren omogen de fundare.

Pentru o asemenea situație se consideră că tasarea absolută probabilă, care se compune din tasarea stratului îmbunătățit S_i și a celui natural, S_{nat} , nu trebuie să depășească tasarea admisă pentru construcția respectivă, adică trebuie îndeplinită condiția:

$$S = S_i + S_{nat} \leq S_{adm} \quad (5.49)$$

Pe baza acestei condiții se poate evalua grosimea stratului de pământ ce trebuiește îmbunătățită. Pentru încărcările date la baza construcției și capacitatea portantă a terenului îmbunătățit se stabilesc dimensiunile în plan ale tălpii fundației. Cu ajutorul caracteristicilor inițiale ale terenului natural se construiesc diagramele de variație cu adâncimea a eforturilor unitare verticale datorate presiunii p_0 de la talpa fundației și din sarcina geologică. Cu ajutorul acestora se determină adâncimea zonei active și mărimea tasării absolute probabile a terenului de fundare înainte de îmbunătățire, [14], [83], [58].

Limita inferioară a zonei active z^0 , se determină din condiția ca $\sigma_{z^0} = 0,1 \cdot \sigma_{qz^0}$

Calculul tasării probabile a fundației se face cu metoda însumării pe straturi

$$m_{vn} = \frac{a_v}{1 + e_j} \quad (5.50)$$

elementare. Prin calcul coeficienților de compresibilitate volumică pentru cazul terenului natural și cel îmbunătățit cu relațiile :

și presupunând că în limitele stratului omogen valorile m_{vn} și m_{vi} rămân constante și că

$$m_{vi} = \frac{a_{vi}}{1 + e_f}$$

grosimile straturilor elementare h_i sunt egale cu $0,2 \cdot B$, se obține :

- tasarea terenului în stare naturală :

$$S_{nat} = 0,2 \cdot B \cdot m_{vn} \cdot p_0 \cdot \left[\frac{\alpha_0 + \alpha_n}{2} + \sum_{i=1}^{n-1} \alpha_i \right] \quad (5.51)$$

- tasarea terenului îmbunătățit :

$$S_i = 0,2 \cdot \beta \cdot m_i \cdot B \cdot p_0 \cdot \left[\frac{\alpha_0 + \alpha_n}{2} + \sum_{i=1}^{n-1} \alpha_i \right] \quad (5.52)$$

Mărimea tasării care trebuie redusă prin îmbunătățire este :

$$\Delta S_z = S_{nat} - S_i \quad (5.53)$$

adică

$$\Delta S_z = 0,2 \cdot (m_{vn} - m_{vi}) \cdot B \cdot p_0 \cdot \left[\frac{\alpha_0 + \alpha_z}{2} + \sum_{i=1}^{z-1} \alpha_i \right] \quad (5.54)$$

Considerând în relația 5.54, că $\alpha_0 = 1$ și α_z este neglijabil se obține expresia, [29], [68] :

$$\Delta S_z = 0,2 \cdot (m_{vn} - m_{vi}) \cdot B \cdot p_0 \cdot \left[0,5 + \sum_{i=1}^{z-1} \alpha_i \right] \quad (5.55)$$

din care rezultă :

$$\sum_{i=1}^{z-1} \alpha_i = \frac{\Delta S_z}{0,2 \cdot (m_{vn} - m_{vi}) \cdot B \cdot p_0} \quad (5.56)$$

În relația 5.56, singura necunoscută este, $\sum_{i=1}^{z-1} \alpha_i$ care se determină prin calcul, apoi cunoscând raportul L/B și folosind valorile din tabelul 5.3 se determină raportul z/B.

Cunoscând lățimea fundației B, rezultă înălțimea y a zonei de teren ce trebuie îmbunătățită prin vibroîntepare.

În calculele de dimensionare a grosimi z de teren nisipos ce urmează a fi îmbunătățit, trebuie avută în vedere și situația în care la baza sa se găsește o argilă de consistență redusă.

Pentru situația în care grosimea terenului nisipos îmbunătățit este mică, cedarea fundațiilor prin apariția suprafețelor de rupere în tere, fig. 5.6a, are loc prin antrenarea în mecanismul de cedare și a terenului argilos [99], [80],[6].

Când grosimea terenului nisipos îmbunătățit este suficient de mare, cedarea fundațiilor se produce numai prin apariția suprafețelor de rupere în terenul nisipos îmbunătățit, fig. 5.7.

2z B	α									
	L/B = 1,0		L/B = 1,6		L/B = 2,0		L/B = 2,8		L/B ≥ 10	
	α	$\Sigma\alpha$	α	$\Sigma\alpha$	α	$\Sigma\alpha$	α	$\Sigma\alpha$	α	$\Sigma\alpha$
0,4	0,960	0,960	0,974	0,974	0,976	0,976	0,977	0,977	0,977	0,977
0,8	0,800	1,760	0,859	1,833	0,970	1,846	0,873	1,855	0,381	1,858
1,2	0,806	2,366	0,703	2,546	0,727	2,573	0,746	2,601	0,755	2,613
1,6	0,444	2,815	0,577	3,104	0,593	3,166	0,623	3,224	0,642	3,255
2,0	0,344	3,149	0,441	3,545	0,480	3,656	0,520	3,744	0,550	3,805
2,4	0,257	3,406	0,352	3,897	0,392	4,038	0,437	4,181	0,477	4,282
2,8	0,201	3,601	0,284	4,181	0,321	4,359	0,369	4,550	0,420	4,702
3,2	0,160	3,761	0,232	4,413	0,267	4,626	0,313	4,864	0,376	5,076
3,6	0,130	3,851	0,192	4,605	0,224	4,860	0,270	5,134	0,337	5,413
4,0	0,108	3,999	0,161	4,766	0,189	5,049	0,233	5,367	0,306	5,717
4,4	0,090	4,089	0,137	4,983	0,163	5,212	0,208	5,575	0,280	5,999
4,8	0,077	4,166	0,118	5,021	0,141	5,323	0,178	5,753	0,258	6,257
5,2	0,066	4,232	0,102	5,123	0,123	5,476	0,157	5,910	0,239	6,496
5,6	0,058	4,290	0,089	5,212	0,108	5,586	0,139	6,044	0,223	6,719
6,0	0,051	4,341	0,078	5,280	0,095	5,679	0,124	6,173	0,208	6,927
6,4	0,045	4,386	0,070	5,360	0,085	5,764	0,111	6,284	0,196	7,123
6,8	0,040	4,426	0,060	5,422	0,078	5,840	0,100	6,384	0,184	7,207
7,2	0,036	4,462	0,056	5,478	0,068	5,908	0,090	6,474	0,175	7,482
7,6	0,032	4,494	0,050	5,528	0,062	5,970	0,082	6,556	0,166	7,648
8,0	0,029	4,523	0,046	5,574	0,056	6,026	0,075	6,631	0,158	7,806
8,4	0,026	4,549	0,042	5,616	0,051	6,077	0,069	6,700	0,150	7,956
8,8	0,024	4,573	0,038	5,654	0,047	6,124	0,063	6,763	0,144	8,100
9,2	0,022	4,592	0,035	5,689	0,043	6,171	0,058	6,821	0,137	8,237
9,6	0,020	4,612	0,032	5,721	0,040	6,207	0,054	6,875	0,132	8,369
10	0,019	4,631	0,030	5,751	0,037	6,244	0,050	6,925	0,126	8,469

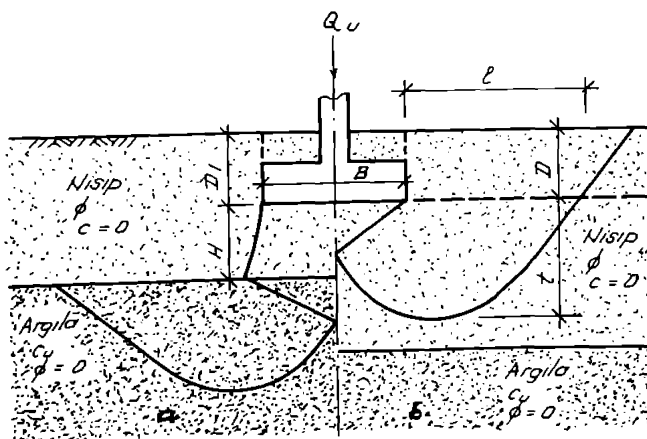


Fig. 5.7. Poziția planurilor de rupere în nisipuri compactate așezate pe straturi de argilă plastic moale

La îmbunătățirea nisipurilor așezate pe straturi de argilă plastic moale se va urmări ca adâncimea de îmbunătățire H_{imb} să depășească adâncimea maximă t la care poate apărea suprafața de rupere în terenul compactat.

În instrucțiunea DIN 4017 [99] sunt prezentați tabelar coeficienții ce permit stabilirea adâncimii t în funcție de unghiul frecării interioare a terenului îmbunătățit, tabelul 5.4.

Valori ale coeficienților η

Tabelul 5.4

$\phi [^\circ]$	25	30	32,5	35	37,5	40	42,5
η	1,4	1,6	1,7	1,9	2,1	2,4	2,6

Astfel adâncimea t se va calcula cu relația :

$$t = \eta \cdot B \quad [m] \quad (5.57)$$

în care : B – lățimea fundației, în m.

În calculul grosimii terenului îmbunătățit se poate admite că acesta preia și distribuie presiunile provenite din încărcările exterioare pe o suprafață mai mare decât cea a conturului fundației [80], figura 5.8, în adâncime.

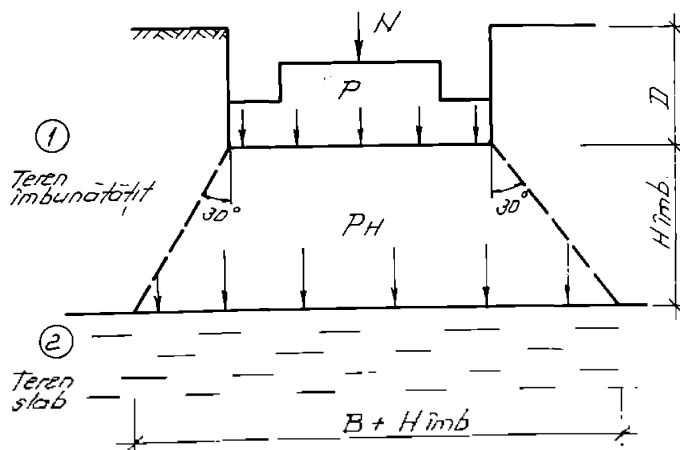


Fig. 5.8 Modul de distribuție al presiunilor în terenul compactat

În acest mod scade intensitatea efortului unitar vertical, care se poate determina cu :

$$P_H = p \cdot \frac{B \cdot L}{(L + H_{imb})(B + H_{imb})} \quad (5.58)$$

Se va verifica condiția : $P_H \leq P_{adm \text{ ter slab}}$, și condiția ca tasarea probabilă,

$S = S_i + S_{nat} \leq S_{adm}$, compusă din tasarea terenului îmbunătățit și a celui natural să nu depășească tasarea admisă a construcției respective.

5.4. CU PRIVIRE LA TEHNOLOGIA DE REALIZARE A VIBROÎNȚĂRILOR

Folosindu-se studiile prezentate anterior, completate cu o serie de elemente apreciate ca deosebit de utile, atât pentru proiectantul cât și pentru executantul lucrărilor de îmbunătățire a nisipurilor afânate prin procedeul vibroînțepării, s-au stabilit cele ce urmează în continuare.

Tehnologia (ce se va descrie în continuare) îmbunătățirii pământurilor prin procedeul vibroînțepării se poate aplica în cazul nisipurilor aflate complet sub nivelul apelor subterane, iar dacă se află parțial sau deasupra acestora se recomandă inundarea cu apă în adaos, a punctului de vibroînțepare, de la o sursă din suprafață, [9], [10], [88].

Lucrările pregătitoare ce se fac, în prealabil operațiunilor de îmbunătățire prin vibroînțepare, constau în nivelarea suprafeței terenului la o cotă situată cu minimum 50 cm deasupra cotei de fundare (situată deasupra nivelului apelor subterane). Stratul în surplus aflat peste cota de fundare, de după executarea îmbunătățirii, se va îndepărta după efectuarea compactării de suprafață. După nivelarea suprafeței se trece la marcarea pe teren a punctelor de vibroînțepare, conform proiectului de execuție întocmit.

Echipamentul de lucru pentru realizarea vibroînțepărilor este format din carcasa spațială metalică proiectată conform celor prezentate în Capitolul 3, [11], [95], cu lungimea de 4 ... 6,0 m sau mai mult, în funcție de utilajul vibrator folosit. Ca utilaj vibrator se recomandă agregatul de vibropresare AVP –1 , de producție românească, care manevrează carcase cu lungimi de până la 6,00 m, iar cu prelungitor pot fi folosite și cele cu lungimi de până la 9,00 m. Lungimea echipamentului de lucru în funcție de grosimea startului de teren afânat ce urmează a fi îmbunătățit, presiune ce este stabilită de către proiectantul lucrării, pe baza condițiilor de capacitate portantă sau a deformațiilor totale ale terenului din zona activă.

Parametrii agregatului AVP-1, experimentat de autor în amplasamentele prezentate în lucrare, satisfac pe deplin procesul tehnologic de execuție a vibroînțepărilor, având forța perturbatoare maximă de 220 kN, o forță de presare de 110 kN, viteza de înfigere între 2,0 ... 3,0 m/min și o frecvența a vibratorului de 710 oscilații/min. fiind independent de sursele de energie.

Operațiunile tehnologice de realizare a îmbunătățirii terenului, studiate și prezentate în mod detaliat în Cap. 3 și Cap.4, constau în următoarele faze de execuție, fig. 3.10.

a. Fixarea carcasei spațiale pe punctul marcat în teren conform celor indicate în proiectul de execuție al vibroînțepării :

b. Punerea în funcție a vibrogeneratorului și introducerea carcasei spațiale în terenul de fundare, sub efectul vibrațiilor, cu o viteză de înaintare de maximum 1,00 m/min, aspect realizabil prin menținerea în stare întinsă a cablurilor trolului de manevră;

c. După atingerea cotei de îmbunătățire, cu echipamentul de lucru suspendat și vibratorul în funcție, se menține vibrarea un timp mai îndelungat de 3 ... 4 minute, având astfel loc o vibrație intensă a particulelor solide ce alcătuiesc terenul de fundare și care în acest fel se reasează într-o nouă poziție mai îndesată,

d. Extragerea carcasei din teren se va face cu menținerea în funcțiune a vibratorului și cu o viteză redusă, de maximum 40 cm/min, pentru ca terenul să se așeze (compacteze) și în această fază.

Atunci când se apreciază ca necesară o stare de îndesare superioară a terenului de fundare rezultată după aplicarea îmbunătățirii, fie se pot releva vibroînțepările pe același punct, fie se reia vibroînțeparea într-o altă fază (faza II), cu vibroînțepări intercalate față de cele executate conform proiectului de execuție.

5.5. STUDII ASUPRA CAPACITĂȚII PORTANTE A TERENULUI ÎMBUNĂȚIT PRIN VIBROÎNȚEPARE

Deoarece verificarea calității pământurilor necoezive (mai ales în cazul că acestea se află sub nivelul apei), prin prelevări de probe netulburate este o problemă anevoioasă, costisitoare, iar uneori chiar imposibilă. Pentru aceste verificări se pot folosi cu ultim succes tehnico-economic, metodele de încercare la fața locului. Dintre cele studiate, respectiv folosite de autor în cercetările de față, se subliniază metoda penetrării dinamice ușoare (PDU) cu con. Se poate folosi cu rezultate bune și metoda penetrării statice cu con (fiind necesară o aparatură mai complexă), precum și încărcarea statică de probă cu placă în cazul unei determinări cât mai exacte a presiunii de limită de proporționalitate (p_l) și a modului de deformare liniară (E). [104].

Revenind la determinările efectuate în amplasamentele studiate, prin utilizarea penetrării dinamice cu con în vederea stabilirii calității îmbunătățirii nisipurilor prin vibroînțepare, se precizează faptul că încercările au permis obținerea de date corelative bune, ceea ce a permis desprinderea unor concluzii favorabile aplicării procedurii de penetrare dinamică cu con, care se va utiliza în funcție de mărimea amplasamentelor îmbunătățite. În cele ce urmează se va preciza modul de desfășurare al încercărilor privind verificarea calității terenurilor îmbunătățite.

5.5.1. Încercări și verificări de teren în cadrul unui poligon experimental

Atunci când suprafața în plan a terenului de îmbunătățit este mai mare de 5000 m² se va organiza un poligon experimental în imediata vecinătate a amplasamentului.

Determinările experimentale se execută în conformitate cu caietul de sarcini al proiectantului și normativul C29-85. Se execută 31 de elemente de îmbunătățire cu dispunerea în plan conform fig. 5.9

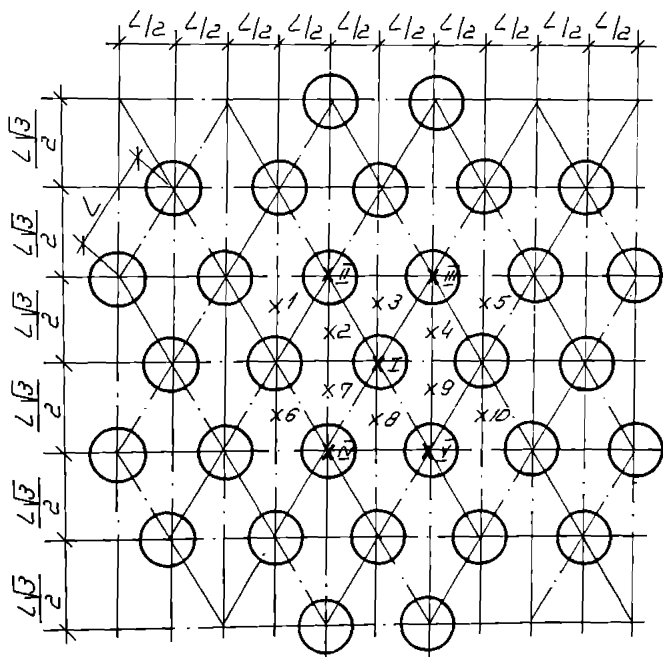


Fig.5.9. Plan dispunere penetrări în poligon

Se execută cel puțin 3 penetrări statice sau dinamice în amplasamentul poligonului experimental înainte de începerea executării elementelor de îmbunătățire (penetrări martor). Cu rezultatele obținute, pentru fiecare orizont de 10 cm grosime se stabilește *diagrama etalon*.

După executarea lucrărilor de îmbunătățire din poligonul experimental se execută un număr de 5 ... 10 penetrări statice sau dinamice cu con dispuse în centrul de greutate al triunghiurilor din rețeaua de îmbunătățire, fig. 5.9. De asemenea, se execută cel puțin 5 penetrări în axul elementelor de îmbunătățire, a căror diagramă medie se folosește ca etalon pentru verificarea continuității în adâncime a acestora .

Dacă terenul îmbunătățit este format din nisipuri mijlocii și fine se poate folosi corelația:

$$\lg I_b \% = 0,554 \cdot \lg N_{10} + 0,98$$

Pe baza datelor de penetrare se vor calcula :

- diagrama medie de penetrare cu valori medii pe orizonturi de 10 cm;
- abaterea medie pătratică (s) pentru fiecare orizont.

Lucrările în poligon experimental se consideră corespunzătoare și proiectul poate fi definitivat dacă:

- toate elementele de îmbunătățire au fost executate până la cota proiectată ;
- diagramele penetrărilor dinamice cu con, care se folosesc la calculul diagramei etalon, au aluri similare ;
- valorile indicilor porilor (e_{im}) nu depășesc cu mai mult de 5% valoarea e_i din proiect decât pentru cel mult 20% din valorile (e_{im}).

La trecerea pe amplasamentul obiectului de construcție se au în vedere următoarele :

- stabilirea diagramei medii pentru două penetrări în teren natural;
- executarea primelor 8 elemente de îmbunătățire, conform proiectului de execuție , cu dispunere în plan din fig. 5.10;
- stabilirea diagramei medii pentru două penetrări (poziția 1 și 2 din diag. fig.5.10) executate pe întreaga adâncime îmbunătățită și două penetrări executate în axul elementelor (pozițiile I și II din fig.5.10).

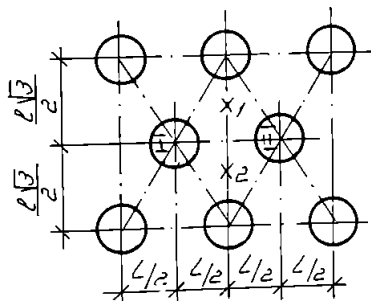


Fig.5.10. Dispunerea inițială în amplasament

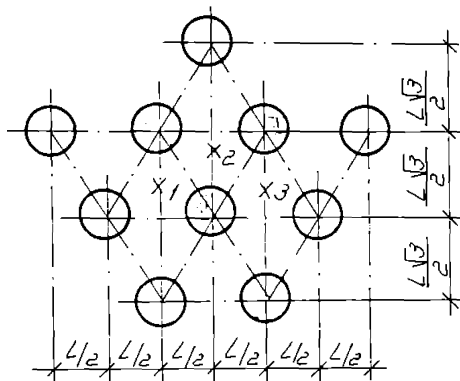
Cele trei diagrame medii, stabilite conform celor menționate mai sus, se compară cu diagramele etalon; dacă nu există diferențe semnificative, se continuă execuția elementelor de îmbunătățire conform proiectului de execuție. [83], [29].

5.5.2. Încercări și verificări de teren pe amplasamentul construcției

Definitivarea proiectului de execuție a îmbunătățirii pentru lucrări de mică importanță și cu o suprafață de îmbunătățit mai mică de 5000 m², se face prin experimentări directe pe

amplasamentul construcției, după executarea conform caietului de sarcini al proiectantului, a primelor 10 elemente de îmbunătățire, dispuse în plan ca în fig. 5.11.

Se execută cîte trei penetrări în centrele triunghiurilor (pozițiile 1, 2 și 3 din fig.5.11) și în axele elementelor (pozițiile I,II și III) cu care se stabilesc diagramele medii de etalonare.



În baza recomandărilor anterioare, de la îmbunătățirea efectuată în poligonul experimental, se definitivează proiectul de execuție pentru îmbunătățirea cu material de adaos, sau fără în cazul vibroînțepărilor.

Fig.5.11. Dispunere elemente de îmbunătățire

5.5.3. Verificarea calității terenului îmbunătățit concomitent cu execuția îmbunătățirii

Pe tot parcursul execuției elementelor de îmbunătățire va fi verificată calitatea materialului de adaos (nisip, balast, zgură, etc.), care trebuie să se înscrie în condițiile precizate prin proiectare în caietul de sarcini.

Se consideră că elementele de îmbunătățire sunt bine executate dacă echipamentul de lucru a pătruns în teren până la cota prevăzută și elementele de îmbunătățire sunt continue atunci când cantitatea de material de adaos pus în operă corespunde celei calculate și verificate experimental.

La îmbunătățirea terenurilor slabe în adâncime prin metoda vibrării, se va verifica pe tot parcursul execuției îmbunătățirii modul în care au fost respectate prevederile tehnologiei de execuție, [92], [95].

5.5.4. Verificarea finală a calității lucrărilor de îmbunătățire

În vederea testării finale se fac încercări pentru :

- verificarea compactării în adâncime în elementele de îmbunătățire și între acestea. pe

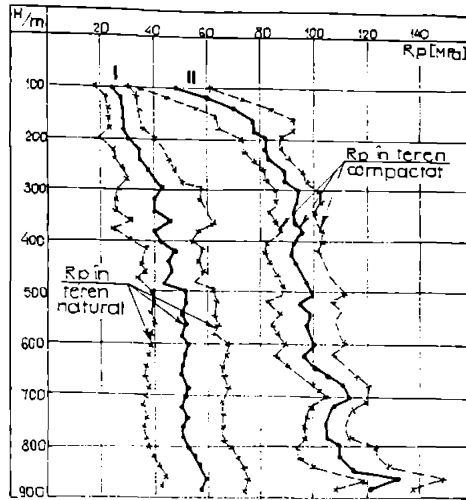


Fig.5.12. Diagrame de penetrare statică etalon

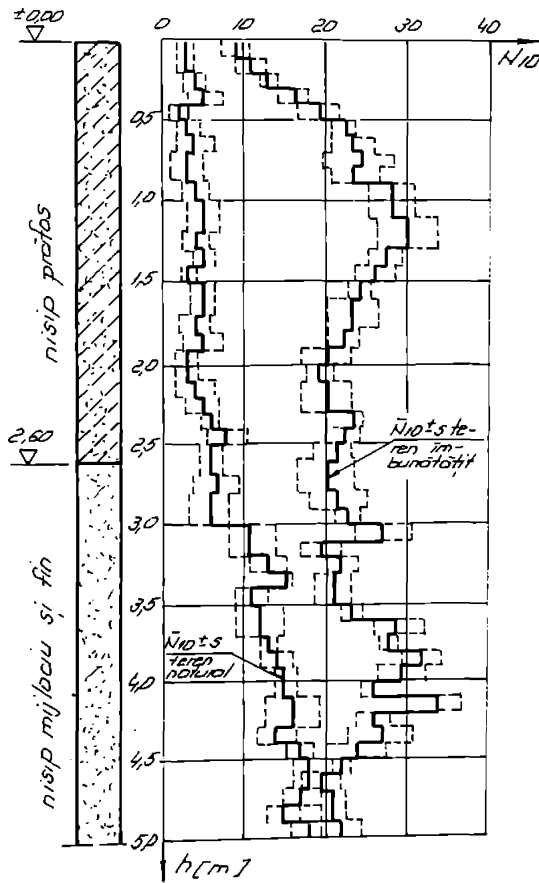


Fig.5.13. Diagrame de penetrare dinamică etalon

toată grosimea stratului îmbunătățit, prin sondaje de penetrare dinamică și statică;

- verificarea densității pământului în stare uscată ;
- în cazurile deosebite, încercarea prin încărcări cu placă.

Cu ajutorul sondajelor de penetrare inițiale (minimum 3 sondaje) din amplasament se calculează diagrama medie de penetrare și abaterea medie pătratică (s) pentru fiecare orizont de 10 cm grosime. Alura acestor diagrame este prezentată în fig. 5.12. și 5.13.

De asemenea, se trec și diagramele etalon ale penetrărilor efectuate după executarea îmbunătățirii.

Pentru controlul compactării în adâncime se va executa cel puțin o penetrare în centrul triunghiului format din 3 elemente de îmbunătățire pentru 100 m² de suprafață compactată. Compactarea se consideră bine executată dacă diagrama de penetrare se înscrie în intervalul de siguranță (N_{10} - S) al diagramei etalon.

În situația când diagrama de penetrare are valori inferioare intervalului de siguranță (N_{10} - S) se va efectua câte o penetrare și în alte două triunghiuri alăturate precedentului; în cazul în care două din cele trei penetrări se înscriu în diagrama etalon, suprafața aferentă acestora se consideră suficient compactată , iar când două diagrame din cele trei nu se înscriu în diagrama etalon se apreciază ca insuficient compactată.

Verificarea continuității elementelor de îmbunătățire se face în mod analog, penetrarea sau cele două penetrări suplimentare executându-se din axul elementelor ce aparțin unui triunghi.

După analizarea cauzelor generatoare a insuficienței compactării în adâncime sau a discontinuității elementelor de îmbunătățire, zonele insuficient compactate se vor îmbunătăți suplimentar.

Prin folosirea diagramei etalon a penetrării dinamice cu con (PDU), a datelor din tabelul 5.1 și a unei corelații $I_D = f(N_{10})$ se poate determina atât starea medie de îndesare a terenului îmbunătățit cât și valorile medii ale indicelui porilor (e_{fm}) aferente elementelor geotehnice de pe adâncimea penetrată, fig. 5.14.

Verificarea indicelui porilor (e_{fm}) este obligatorie pentru fiecare 300 m² de suprafață îmbunătățită. Pe amplasamentul unei construcții se vor executa cel puțin două verificări.

În zona de verificare se execută 5 ... 10 penetrări dispuse în centrul triunghiurilor fig. 5.9. pe baza cărora se stabilește diagrama medie de penetrare, pe baza căreia se determină e_{fm} .

Dacă valorile e_{fm} nu depășesc cu mai mult de 5% valoarea e_f din proiectul de execuție decât pentru cel mult 20% din valorile e_{fm} , îmbunătățirea în zona verificată se consideră corespunzătoare, [83], [29].

În conformitate cu normativul C29-85 pentru verificarea finală a calității îmbunătățirii și definitivarea capacității portante a terenului de fundare îmbunătățit, proiectantul va avea în vedere și posibilitatea efectuării unor încercări cu placa, conform STAS 8942/3-84.

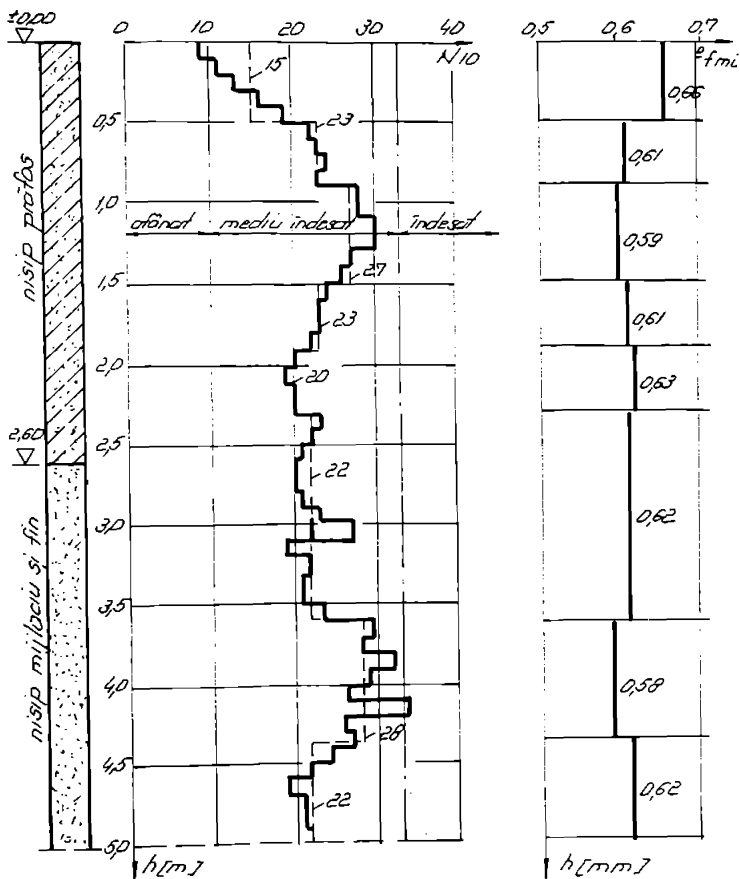


Fig.5.14. Penetrare dinamică și e_c de control

5.6. CONTRIBUȚII PRIVIND APLICAREA PROCEDEULUI VIBROÎNȚEPĂRII LA ÎMBUNĂTĂȚIREA PĂMÂNTURILOR NISIPOASE DESPRINSE DIN STUDIILE EXPERIMENTALE REALIZATE

După cum s-a arătat și anterior, literatura de specialitate prezintă unele realizări prin aplicarea procedeeului de îmbunătățire a terenurilor nisipoase, inclusiv referiri la echipamente și tehnologia de lucru, subliniindu-se îndeosebi aspectele tehnico-economice. Se apreciază însă cu toată certitudinea că lipsesc în mare măsură cercetări, respectiv experimentări sistematice în domeniu, ceea ce a determinat autorul prezentei lucrări să facă un volum mare de cercetări experimentale în domeniu.

De aceea autorul consideră necesar să sublinieze și să evidențieze unele din contribuțiile sale, prezentate sintetic în cele ce urmează :

5.6.1. Inițierea și realizarea unor cercetări experimentale în scară mare, pe amplasamente ale construcțiilor unde s-au studiat aspecte ce pornesc cu studiul și realizarea echipamentelor de lucru, experimentări pe pământuri studiate din punct de vedere geotehnic (în detaliu), sub un control riguros al parametrilor ce intervin în procesul de vibroînțepare, aspecte prezentate în Cap.2, Cap.3 și Cap.4, în condiții de teren, umiditate, diferite, ceea ce a permis obținerea unor valori utile pentru practica de proiectare și execuție a îmbunătățirii pământurilor necoezive saturate.

5.6.2. Încercările experimentale efectuate au permis stabilirea eficacității procedeeului vibroînțepării la îmbunătățirea pământurilor necoezive, stabilindu-se parametri reali ai procesului tehnologic (finalizat în studiu), cum sunt: viteza de înfigere 50 cm/min., de menținere al echipamentului de lucru în vibrație (4...5 minute) după ce a fost introdus la cota propusă, viteza de ridicare a carcasei spațiale, stabilindu-se ca viteză de extragere optimă viteză, $V_{ridicare} \leq 40 \text{ cm/min}$, astfel se va realiza o îndesare maximă a pământurilor, dar și o productivitate cât mai ridicată.

5.6.3. Punerea în evidență cantitativă a zonelor de extindere a efectului vibroînțepării, funcție de natura terenului, parametrii carcasei spațiale de vibroînțepare, starea de umiditate a terenului, parametrii vibrogeneratorului.

Reluând aspecte din Cap.2, în tabelul 2.8 sunt prezentate sintetic datele experimentale rezultate în cazul celor șase încercări de laborator cuprinse în lab.2.1 (fig. 2.4, 2.5, 2.8, 2.9, 2.12 și 2.13).

Din valorile măsurate pentru realizarea zonelor foarte îndesate se observă că razele

Raze de influență a îndesării		Tabelul 2.8					
Nr. crt.	Caracteristici	Încercarea					
		A ₁	B ₁	A ₂	B ₂	A ₃	B ₃ (cu placă)
1	I _D	0,28	0,42	0,45	0,45	0,52	0,55
2	I _{Dr}	0,53	0,57	0,50	0,58	0,62	0,70
3	l _{înfîgere}	3'	3'	3'	3'	3'	3'
4	l _{extragere}	5'	5'	2'	5,5'	6'	6'
5	R _{infl.} [cm]	22,0	30,0	15,0	34,0	30,0	35,0

de influență ale acestora sunt cele mai mari, atunci când timpul de vibrație la extragerea carcasei din teren, este mare (5 ... 5,5'), respectiv raza R_{B2} = 34,0 cm, sau la suprafața terenului este aplicată o presiune suplimentară (un strat de teren mai gros în suprafață), când și raza este R_{A3} = 35,0 cm. Astfel se ajunge la raze de influență ale compactării (pentru I_D = 0,50 ... 0,70) variind între 2,44·l_{arip} ... 3,99·l_{arip}. Rezultă astfel o eficacitate ridicată a vibroîntepării, deoarece zona de îndesare se extinde la un diametru de 6·l_{arip}, zonă pe care gradul de îndesare depășește starea medie de îndesare și este mai mic ca I_D < 0,70.

Extinderea totală a zonei pe care se realizează îndesarea nisipului este în diametru egală cu 6·l_{totalrip} (6·18 cm), ceea ce înseamnă un diametru corespunzător lungimii de înfîgere în material a carcasei spațiale, adică circa 1,0 m.

Cercetările desfășurate în scară mare (laborator) cu privire la compactarea în adâncime a nisipurilor saturate prin metoda vibroîntepării permit, în mod sintetic, stabilirea următoarelor concluzii:

- Gradul de îndesare realizat în terenul necoeziv este influențat în mod direct de viteza de extragere din teren a echipamentului de lucru, în acest scop recomandându-se o viteză de extragere din teren de 30 cm/min, după o vibrație în masă a terenului îmbunătățit, prin suspendarea înaintării carcasei în teren, de 4 ... 5 minute;

- Efectul compactării scade procentual odată cu creșterea gradului de îndesare inițial al terenului de compactat, dar crește în valoare absolută. Creșterea medie a gradului de îndesare a terenului îmbunătățit este în final de 60 ... 75% pentru nisipurile afânate și de 25 ... 40% pentru cele aflate într-o stare de îndesare medie, cu tendință de uniformizare a gradului de îndesare pentru masa de pământ îmbunătățită;

- Compactarea pământului necoeziv saturat crește odată cu creșterea adâncimii, fiind mai redusă în zonele de la suprafață și mai mare în adâncime. De aceea se recomandă realizarea unei presiuni statice la suprafața terenului. Acest fapt este posibil prin realizarea unei săpături generale inițiale la o cotă mai ridicată, realizându-se în această fază un strat de pământ de grosime mai mare ce exercită presiunea suplimentară verticală ce nu permite o afânare la suprafața a terenului de fundare. După executarea îmbunătățirii, stratul suplimentar de pământ este îndepărtat până la cota de fundare;

- Pentru obținerea unui grad de îndesare corespunzător stării îndesate pe o zonă cât mai extinsă în jurul punctului de vibroîntepare, se recomandă o viteză de înfigere a echipamentului de lucru de circa 50 cm/min. În aceste condiții timpul de compactare pentru o vibroîntepare condusă pe o adâncime de 6,0 m este de circa 12 minute la înfigere și de 20 de minute la extragere, adică o durată medie de circa 30 minute;

-- Raza de influență până la care se resimte îndesarea nisipului din vas este de 6 lungimi de arpioară, cea ce înseamnă că vibroînteparea compactează volume mari de nisip apropiate ca diametru de lungimea de înfigere a echipamentului. Zonele supracompactate, cu $I_D > 0,66$, se extind pe diametrii de 2,5...4 ori lungimi de arpioară a echipamentului;

-- Rezultatele experimentale obținute au permis stabilirea tehnologiei de îmbunătățire și a formei echipamentului de lucru pentru compactarea nisipurilor din amplasamentele blocurilor de locuințe.

Aspecte similare care confirmă aceste concluzii în condiții reale, de teren sunt puse în evidență și în Capitolele 3 și 4.

Din studiul, analiza și interpretarea rezultatelor din diagramele de penetrare dinamică de control, fig.4.19 ,4.20, a variației gradului de îndesare cu adâncimea, fig.4.25,4.26, a caracteristicilor fizico-mecanice din labellele 4.8 ... 4.11 și a izoliniilor desenate în fig.4.27 ... 4.30, se desprind următoarele observații și constatări experimentale :

- În jurul punctelor de vibroîntepare a terenului de fundare etapa 1 și 2, pe întreaga grosime a complexului nisipos, se formează zone de teren îndesate sub formă tronconică sau cilindrică a căror grad de îndesare este $I_D > 0,50$. Razele acestor zone puternic îndesate sunt cuprinse între $r = 0,50 \dots 1,00$ m după etapa 1 și peste 1,50m după etapa 2;

- După executarea îmbunătățirii în etapa 1, în jurul punctelor de vibroîntepare, terenul de fundare se îmbunătățește prin creșterea gradului de îndesare la valori peste $I_D \geq 0,50$. Zonele de nisip pentru care gradul de îndesare este mai mare de 0,50 încep de la adâncimea de 2,45 ... 2,70 m. La această adâncime zona are raza de numai $r_1 = 0,50$ m. Zona de teren pentru care gradul de îndesare este mai mare decât 0,50 se extinde până la o rază $r_2 = 1,00$ m la cota - 4,00 m. Înclinarea cu verticala pentru izolinia $I_D = 0,50$ este $\alpha_1 = 18 \dots 22^\circ$, fig.4.27 și fig.4.28. În jurul vibroîntepării V_{3-1} , zona de teren puternic îndesată este de tip cilindru cu raza $r = 0,50$ m;

- Volumul de teren nisipos pentru care starea de îndesare nu depășește valoarea de 0,33 este cuprins între suprafața terenului și o adâncime de 0.20 ... 0.70 m;

- După etapa 1 a îmbunătățirii, zonele de teren pentru care gradul de îndesare depășește valoarea de 0.66 se găsesc numai sub formă cilindrică, în jurul punctelor de

vibroîntepare, cu raza de 0,50 m și de la cotele $-4,00$ m ... $-4,20$ m până la cota de $-5,00$ m unde începe stratul argilos, fig. 4.27;

- Executarea vibroîntepărilor din etapa a 2-a a îmbunătățirii au condus la o creștere generală a gradului de îndesare pentru zonele din jurul punctelor de vibroîntepare și pentru zonele din masiv aflate sub nivelul apelor subterane;

- Se ating grade de îndesare peste valoarea $I_D \geq 0,50$ pentru cote $-2,50$... $-2,70$ m cu raze de numai $r_1 = 0,50$ m, iar adâncimea de $-3,60$... $-3,90$ m, razele cresc la $r_2 = 1,00$ m. Izoliniile $I_D = 0,50$ formează cu verticala unghiul $\alpha_1 = 23^\circ$... 25° , fig. 4.29 și fig. 4.30;

- Vibroîntepările din etapa 2 conduc la apariția de zone de teren în care gradul de îndesare crește peste valoarea $I_D = 0,66$. Zonele puternic îndesate apar în jurul punctelor de vibroîntepare indiferent că au fost executate în etapa 1 sau 2. Aceste adâncimi de la care apar sunt de la $-4,00$ m în jos și au o formă cilindrică cu raze $r_2 = 0,50$ m pentru vibroînteparea $V_{4,1}$ și $V_{3,1}$ după direcția laturii careului și $r_2 = 1,00$ m după direcția diagonalei careului pentru vibroînteparea $V_{4,1}$, fig. 4.29 și 4.30;

- În jurul punctelor de vibroîntepare a terenului de fundare din etapa a 2-a se formează zone de teren foarte îndesate. În lungul diagonalei careului, zonele îndesate au tendința de a se uni cu cele din jurul vibroîntepărilor din etapa 1, formând astfel straturi orizontale cu grade de îndesare tot mai mari înspre baza complexului nisipos de la $-5,00$ m fig. 4.30;

- Ca urmare a lucrărilor de îmbunătățire a terenului de fundare, a avut loc o tasare generală a suprafeței amplasamentului cu $\Delta h = 0,30$ m ceea ce înseamnă o reducere de volum pentru un careu $\Delta V = 3,0 \times 3,0 \times 0,3 = 2,70$ m³, deci o reducere de 8,82% de la un volum inițial $V_i = 3,0 \times 3,0 \times 3,40 = 30,60$ m³ se ajunge la volumul final de teren îmbunătățit $V_f = 3,0 \times 3,0 \times 3,10 = 27,90$ m³.

5.6.4. Cercetările experimentale cu privire la stabilirea calității terenului îmbunătățit, prin folosirea penetrării dinamice cu con efectuate de autor, ajung la concluzii deosebite pentru practica inginerescă.

În acest sens, se consideră util pentru susținerea acestor contribuții să se prezinte câteva rezultate obținute pe șantier după efectuarea lucrărilor de îmbunătățire a terenului prin procedeul vibroîntepării. Astfel, în cazul blocului de locuințe B21, sc.A, pe baza studiului și a analizei celor 18 penetrări dinamice de control efectuate pe amplasament în cele 2 etape de îmbunătățire a terenului, s-au desprins următoarele constatări experimentale, după etapa 1, fig. 4.19 :

- Diagramele de penetrare dinamică P_1^1 , P_5^1 și P_6^1 executate la distanță de 0.50 m

față de punctele de vibroîntepare, indică creșteri mari ale lui N_{10} pe întreaga adâncime a complexului nisipos după ce au fost executate vibroîntepările din etapa 1. Până la nivelul apelor subterane, aceste diagrame indică creșteri ale lui N_{10} cu 8 ... 16 lov/10 cm, iar de la această adâncime (-3,50 m) în jos valorile lui N_{10} cresc cu 14 ... 27 lov/10 cm, până la întâlnirea stratului de argilă de la cota -5,10 m;

- Penetrările dinamice executate la distanța de 1,0 m față de vibroîntepările din etapa P_2^1, P_4^1, P_7^1 , indică creșteri foarte mari ale lui N_{10} până la nivelul apelor subterane, acestea fiind cu 2 ... 7 lov/10 cm mai mari decât cele executate în terenul natural;

Sub cota de -3,5 m, penetrarea P_2^1 nu indică creșteri pentru N_{10} , în schimb penetrările P_4^1 și P_7^1 au valorile N_{10} cu 8 ... 20 lov/10 cm mai mari decât cele executate în teren natural, semn al influenței apei subterane în transmiterea vibrațiilor în terenul de fundare;

- Penetrarea dinamică P_3^1 , ce este executată pe latura careului, la o distanță de 1,50 m de penetrările $V_{3,1}$ și $V_{4,1}$ nu indică creșteri ale valorilor N_{10} față de penetrările martor;

- Diagramele de penetrare P_8^1 și P_9^1 , dispuse în lungul diagonalei careului de îmbunătățire la distanțele de 1,50 și 2,00 m față de vibroîntepare $V_{4,1}$ nu indică creșteri pentru N_{10} , comparativ cu valorile inițiale.

Referindu-ne la **etapa 2**, fig. 4.20, se constată :

- După executarea vibroîntepărilor $V_{5,2} \dots V_{9,2}$, din etapa a 2-a a îmbunătățirii s-a constatat că penetrările dinamice de control P_5^2, P_8^2 și P_7^2 prezintă creșteri între 5...12 lov/10 cm ale lui N_{10} până la nivelul apelor subterane. Sub nivelul apelor subterane, în cazul penetrărilor P_9^2 și P_6^2 se constată creșteri de 10 ... 23 lov/10 cm pentru N_{10} ;

În cazul penetrării P_7^2 , aflată și ea în raza de 1,0 m a vibroîntepării, se constată creșteri mici de 2 ... 5 lov/10 cm pentru N_{10} .

- În cazul blocului B21, sc. B, vibroîntepările din etapa 2 a îmbunătățirii produc o creștere mică de 2 ... 7 lov/10 cm a lui N_{10} pentru toate celelalte penetrări dinamice de control $P_1^2 \dots P_5^2$ executate în această etapă de îmbunătățire.

Caracteristicile fizico-mecanice ale terenului îmbunătățit s-au stabilit pe baza diagramelor de penetrări dinamice medii, stabilite cu ajutorul valorilor medii ale lui N_{10} . Aceste diagrame de penetrare medie sunt prezentate în fig.4.21 și 4.22 și au fost determinate ținând seama de apropierea valorilor N_{10} și de adâncime pe care acestea sunt apropiate.

Cu ajutorul acestor diagrame medii s-au calculat mărimile $e, n\%, \gamma_d, E, \Phi$ și I_D [96], [97], valori ce sunt prezentate în tabelele 4.8 ... 4.11, din 0,50 în 0,50 m, până la stratul argilos.

Variația indicelui porilor (e) și a gradului de îndesare (I_D) cu adâncimea pentru fiecare etapă de îmbunătățire sunt prezentate în fig. 4.23 și 4.26. Figura 4.26 prezintă și suprapunerea dintre cele două grade de îndesare obținute în cele două etape de îmbunătățire a terenului de fundare

Îmbunătățirea terenului de fundare alcătuit din complexul nisipos, s-a executat prin vibroîntepare cu adaos de apă, în condiții tehnologice identice cu lucrarea de îmbunătățire executată pentru blocul B21, sc. A.

În terenul de fundare s-au fixat punctele în care gradul de îndesare are valori de 0,33, 0,50 sau 0,66. Aceste puncte au fost stabilite pe baza fig. 4.25 și 4.26 unde sunt reprezentate valorile I_D cu adâncimea. După fixarea punctelor în teren s-a procedat la unirea celor de egal grad de îndesare rezultând izoliniile $I_D = 0,33$, $I_D = 0,50$ și $I_D = 0,66$. Aceste izolinii s-au construit în lungul laturii unui careu, în lungul diagonalei careului și pe fiecare etapă de îmbunătățire a terenului, fig. 4.27 ... 4.30.

-- Compactarea terenului de fundare din amplasamentul blocului B21, sc.B conduce ca urmare a îndesării complexului nisipos, la o creștere a gradului de îndesare final către $I_{Df} = 0,55 \dots 0,60$ față de cel inițial de $I_{Di} = 0,206 \dots 0,41$. De la o porozitate medie de $n_i\% = 47,80\%$ se ajunge în final la $n_f\% = 41,50\%$ înregistrându-se o descreștere de 13,2%. Totodată, valoarea unghiului frecării interioare ajunge la $\Phi = 29,2 \dots 35,8^\circ$.

Rezumând concluziile cu privire la rezultatele obținute la compactarea prin vibroîntepare a terenului de fundare pentru blocul B 21 rezultă :

-- Prin îmbunătățirea terenului de fundare cu ajutorul vibroîntepării cu adaos de apă până la inundarea punctului de lucru, se obține o tasare generală a suprafeței terenului de la cota $-2,00$ m cu $\Delta h_B = 0,30$ m și $\Delta h_A = 0,35$ m, terenul de fundare suferă o compactare intensă de la adâncimi mici, de 0,50 m ... 0,70 m în cazul scării A, sau zone puternic îndesate în jurul vibroîntepărilor din etapa 1, sau orizonturi îndesate în lungul diagonalei careului la cota $-3,80$ m, pentru scara B fig. 4.16 , 4.17 și 4.29, 4.30.

-- Reducerea de volum a terenului de fundare pe seama îmbunătățirii sale este $\Delta V_A = 3,15 \text{ m}^3$, aceste reduceri de volum înseamnă o reducere de 8,82 ... 10,29% a volumului unui careu de îmbunătățit;

-- Dacă în cazul scării A, volumul de teren îmbunătățit la care gradul de îndesare este $I_D \geq 0,50$, se poate aprecia corect la $20,25 \text{ m}^3$, deci la 73,4%, în cazul scării B acest volum nu se poate aprecia exact, totuși el este semnificativ.

-- Realizarea îmbunătățirii terenului de fundare prin vibroîntepare conduce la formarea în teren a unor zone îndesate în jurul punctelor de vibroîntepare sau a unor straturi orizontale cu grade de îndesare crescând spre baza c complexului nisipos de la

cota de $-5,00$ m.

În fig. 4.31 s-au reprezentat grafic toate izoliniile $I_D = 0,33$, $I_D = 0,50$ și $I_D = 0,66$ obținute pentru blocul B21 scara A și scara B, după etapa 1 a îmbunătățirii terenului de fundare. Aici au fost centralizate reprezentările izoliniilor din fig. 4.14, 4.15 și 4.27, 4.28.

Fig. 4.32 concentrează izoliniile gradelor de îndesare (0,33, 0,50, 0,66) realizate după etapa a 2-a a îmbunătățirii terenului de fundare și reprezentate în cazul scârilor A și B în fig. 4.16, 4.17 și 4.29, 4.30.

Zonele îndesate din jurul punctelor de vibroîntepare au formă tronconică la partea superioară, cu raza bazei mici de $r_1 = 1,00$ m, iar raza bazei mari de $r_2 = 2,00$ m, pentru izoliniile $I_D = 0,50$ la cota de $-3,50 \dots -3,90$ m fig. 4.31 și 4.32.

De la această cotă în jos (uneori de la o cotă mai ridicată) zonele îndesate pentru $I_D=0,50$ sunt zone cilindrice cu raza $r = 1,00$ m.

-- Volumele de pământ ce au gradul de îndesare $I_D = 0,66$ au formă cilindrică în jurul punctelor de vibroîntepare, cu raza de $r_3 = 0,50 \dots 1,00$ m, de la cota $-3,20 \dots -3,50$ m în jos, până la cota de $-5,00$ m unde se întâlnește stratul de argilă, [85], [86], [9].

-- Adăugarea apei în tehnologia de execuție a vibroîntepărilor, până la inundarea punctului de vibroîntepare, conduce la saturarea zonei de la suprafața terenului ($-2,00$ m) și nivelul apei subterane. În acest mod vibrațiile echipamentului de vibroîntepare produc și o compactare mai bună a volumelor de nisip din această zonă superioară, ce acum este inundată, prin anularea efectului capilarității;

-- Zonele de teren nisipos pentru care gradul de îndesare crește peste valoarea $I_D \geq 0,50$, sunt zone de formă cilindrică a căror rază se poate considera $r = 1,0$ m în jurul punctelor de vibroîntepare, fig. 4.32;

-- Ca urmare a prezenței stratului argilos la cota $-5,00$ m, adâncimea de compactare a complexului nisipos coincide cu lungimea de înfigere în terenul de fundare a echipamentului de lucru.

5.6.5. Stabilirea tehnologiei de realizare a îmbunătățirii terenurilor dificile prin procedeul vibroîntepării în două etape cu adaos de apă (Cap. 3 și Cap. 4) este pusă în evidență schematic prin cele ce vor fi enunțate în continuare :

Astfel, în fig. 3.29 se prezintă rezultatele obținute în etapa 1 de vibroîntepări din care rezultă :

- Diagramele de penetrare dinamică P_5^1 și P_6^1 efectuate la distanța de 50 cm față de punctele de vibroîntepare indică creșteri extrem de mari ale numărului de lovituri pentru pătrunderea conului în teren pe 10 cm adâncime, N_{10} , pe întreaga adâncime a complexului nisipos după executarea vibroîntepărilor din etapa 1. Penetrarea P_1^1 indică creșteri

moderate ale lui N_{10} , acestea fiind de 10 lov/10 cm până la adâncimea de 2,0 m și creșteri cu 20 ... 23 lov/10 cm de la această adâncime în jos până la stratul de argilă situat la cota – 5,50 m. Pentru penetrările P_5^1 și P_6^1 creșterile lui N_{10} sunt de 100%, deci ating valori $N_{10} = 20$ lov/10 cm până la nivelul apei subterane, adâncime de la care N_{10} crește progresiv și atinge valori $N_{10} > 50$ lov/10 cm;

- Penetrările P_2^1 , P_4^1 și P_7^1 situate la distanța de 1,0 m față de vibroînțepările din etapa 1 păstrează alura celor inițiale până la cota de –3,20 m ... – 3.40 m, deci până în apropierea apelor subterane. De la această cotă se constată creșteri cu 10 ... 20 lov/10 cm ale lui N_{10} . Creșterile cu peste 100% ale lui N_{10} se produc de la –4,00 m în jos;

- Diagrama de penetrare P_3^1 situată în mijlocul laturii unui careu de îmbunătățire adică la 1,50 m față de vibroînțepări, indică creșteri a lui N_{10} cu 5 ... 10 lov/10 cm numai de la adâncimea de –4,0 m în jos;

- Diagramele de penetrare P_8^1 și P_9^1 dispuse în lungul diagonalei careului de îmbunătățire la distanțele de 1,50 m și 2,0 m față de punctul de vibroînțepare nu indică creșteri ale lui N_{10} , alura acestora fiind aceeași cu a celor inițiale.

Pentru a putea face o comparație a rezultatelor obținute în etapa 2, în ideea sustinerii tehnicii de lucru în două etape, se arată:

- După executarea vibroînțepărilor din etapa a 2-a s-a constatat că penetrările dinamice P_3^2 , P_8^2 , P_7^2 aflate în raza de 1.0 m a vibroînțepării din etapa a 2-a prezintă o creștere de 100% a lui N_{10} până la adâncimea de –3,0 m apoi valorile lui N_{10} cresc la peste $N_{10} = 50$ lov/10 cm. Creșterea importantă a lui N_{10} se produce la adâncimi situate sub nivelul apelor subterane, adică sub cota de –3,50 m;

- Vibroînțepările executate în centrul careului, în etapa a 2-a de îmbunătățire a terenului de fundare prezintă o influență bună asupra terenului concretizat prin valori mai mari ale tuturor celorlalte penetrări dinamice de control efectuate în etapa a 2-a. Aceste penetrări prezintă creșteri mici ale lui $N_{10} = 2 ... 7$ lov/10 cm, până la cota apelor subterane și creșteri mai mari de $N_{10} = 8 ... 15$ lov/10 cm pentru adâncimi sub cota –3,50 m;

- Caracteristicile geotehnice ale terenului îmbunătățit s-au determinat pe baza diagramelor de penetrare medie stabilite pe baza mediilor lui N_{10} efectuate pe adâncime variabilă după principiul valorilor apropiate. Aceste diagrame de penetrări dinamice medii sunt prezentate în fig. 3.31 și 3.32;

- Caracteristicile geotehnice au fost calculate cu relațiile de calcul din instrucțiunile C159-89 și C176-84 și sunt prezentate centralizat în tabelele 3.14 ... 3.17, fiind determinate valorile e , $n\%$, γ_s , E , Φ și I_b . Totodată s-au reprezentat grafic variațiile indicelui porilor (fig. 3.33 și 3.34) și a gradului de indesare (fig. 3.35 și 3.36) pentru fiecare penetrare

dinamică medie efectuată în etapa 1 și 2.

Îmbunătățirea terenului de fundare pentru blocul B20, scara B s-a executat în condiții identice cu îmbunătățirea executată pentru blocul B20, scara A.

În conformitate cu fig. 3.35 și 3.36 în terenul de fundare s-au fixat valorile lui I_D corespunzătoare valorilor 0,33, 0,50 și 0,66. Prin unirea punctelor de egal grad de îndesare în terenul de fundare s-au obținut izoliniile pentru $I_D = 0,33$, $I_D = 0,50$ și $I_D = 0,66$ fig. 3.37... 3.39. Astfel în masivul de pământ îmbunătățit se pot delimita zonele afânate, cele cu îndesare medie și cele ce se găsesc în stare afânată

Din analizele și interpretarea diagramelor de penetrare dinamică ușoară, fig. 3.29 și 3.30 executate după cele două etape de îmbunătățire, cu ajutorul caracteristicilor fizico-mecanice din tabelele 3.14 - 3.17 și a fig. 3.37, 3.38 și 3.39 se desprind următoarele observații și constatări experimentale :

- În jurul punctelor de vibroîntepare a terenului de fundare din etapa 1 și 2 se formează zone de teren puternic compactate cu raze variabile și crescătoare odată cu adâncimea, de formă tronconică, a căror grad de îndesare $I_D \geq 0,50$;

- După executarea vibroîntepărilor din etapa 1 în terenul de fundare îmbunătățit, zonele cu grad de îndesare mai mare decât 0,50 încep de la cota de -2,90 ... -3,20 m, unde au o rază $r_1 = 0,50$ m. La adâncimea de -5,50 m, adică la baza stratului nisipos, izolinia $I_D = 0,50$ se extinde până la o rază de $r_2 = 1,60$ m. În suprafață izolinia formează cu verticala un unghi $\alpha_1 = 30^\circ \dots 45^\circ$, fig. 3.37;

- Terenul pentru care starea de îndesare este mai mică decât 0,33 se află situat între suprafața terenului și cota -2,30 m;

- Zonele de teren după etapa 1 pentru care starea de îndesare este mai mare decât $I_D \geq 0,66$ se găsesc numai în jurul punctelor de vibroîntepare având raza $r_3 = 0,50$ m fig. 3.37;

- După executarea vibroîntepărilor din etapa a 2-a s-a constatat o creștere semnificativă a gradului de îndesare pentru zonele de teren aflate sub nivelul apelor subterane și a celor din jurul punctului de vibroîntepare;

- Zonele de teren ce prezintă un grad de îndesare $I_D \geq 0,50$ încep de la cota de -2,60 ... -2,80 m cu raza $r_1 = 0,50$ m, având la bază raza $r_2 = 1,70 \dots 1,80$ m și o înclinare $\alpha_1 = 25 \dots 30^\circ$ având loc o mărire a volumului de teren compactat în prima etapă, fig. 3.38;

- Ca urmare a efectului de compactare din etapa a 2-a în terenul de fundare apar zone în care gradul de îndesare crește peste valoarea de 0,66. Aceste zone apar de la adâncimea de -3,80 ... -3,90 m în jos, cu raza $r_3 = 0,50$ m, până la cota de -5,50 m unde se întâlnește stratul de argilă. La bază, zona puternic îndesată se extinde până la o distanță

$r_4 = 1,25 \dots 1,60$ m. Izolinia $I_D = 0,66$ are o înclinare $\alpha_2 = 25^\circ \dots 36^\circ$;

- În jurul vibroîntepărilor din etapa a 2-a (cele din centrul careului inițial) terenul de fundare apare puternic îndesat sub formă de cilindru. De la adâncimea de $-3,00$ m se atinge gradul de înesare mai mare decât $I_D \geq 0,50$, iar de la cota $-3,80$ m terenul îmbunătățit prezintă un grad mai mare decât $0,66$;

- Volumul inițial de teren îmbunătățit prin vibroîntepare s-a redus, prin tasarea suprafeței terenului $35 \dots 40$ cm, cu $3,15$ m³, ceea ce reprezintă o reducere cu $8,97\%$. Din volumul final $V_f = 3,0 \times 3,0 \times 3,55 = 31,95$ m³ un volum de $18,28$ m³ este reprezentat de complexul nisipos cu un grad de îndesare $I_D \geq 0,50$, deci un procent de $57,21\%$, iar terenul ce prezintă un grad de îndesare $I_D \geq 0,66$ este de $7,66$ m³, deci 24% din volumul îmbunătățit al unui careu;

- Compactarea prin vibroîntepare cu adaos de apă a terenului de fundare de pe amplasamentul blocului B20, scara B a însemnat o creștere a gradului de îndesare la valori curente peste $0,50$ până la $I_{Dr} = 0,997$, deci creșteri ale lui I_D de peste 100%. S-a obținut o porozitate sub 43% față de cea inițială $n_i = 46,5 \dots 48,4\%$, deci o descreștere cu 15% și un unghi al frecării interioare de $\Phi = 30^\circ \dots 36,9^\circ$.

Concluziile cu privire la rezultatele obținute prin vibroîntepare pentru terenul de fundare al blocului B 20 sunt :

a. Îmbunătățirea terenului de fundare prin procedeul vibroîntepării cu adaos de apă până la inundarea punctului de vibroîntepare și-a demonstrat eficacitatea prin tasarea de $35 \dots 40$ cm a suprafeței terenului de la cota $-2,0$ m și prin compactarea sa chiar de la adâncimi mici de $-2,50 \dots -2,70$ m în jos, prin realizarea unei stări îndesate a terenului cu $I_D \geq 0,50$, fig. 3.13, 3.14 și 3.29, 3.30.

b. Reducerea de volum a masivului de pământ îmbunătățit este de $3,15 \dots 3,60$ m³ ceea ce reprezintă o reducere de volum de $8,97 \dots 10,25 \%$.

Din totalul volumului de teren îmbunătățit, un volum de $18,28 \dots 19,20$ m³, adică circa 60 % este reprezentat de terenul ce are un grad de îndesare $I_D \geq 0,50$, iar terenul cu gradul de îndesare peste $I_D \geq 0,66$ are volumul de $7,66 \dots 9,82$ m³, deci reprezintă 24 ... 31,17% din totalul volumului îmbunătățit.

c. Realizarea vibroîntepărilor în terenul de fundare conduce la formarea de zone puternic îndesate în jurul punctelor de vibroîntepare. Aceste zone au o formă geometrică de tip trunchi de con cu raze mai mici, de circa $r = 0,50$ m, la partea superioară și de $r = 1,00 \dots 1,80$ m la partea inferioară la cota $-5,50$ m. Acest fapt este evidențiat de fig. 3.40 și 3.41 în care s-au suprapus toate izoliniile obținute pentru $I_D = 0,50$ și $I_D = 0,66$ din jurul punctelor de vibroîntepare pentru cele două etape de îmbunătățire.

d. Inundarea cu apă adăugată din suprafață, a punctului de vibroîntepare, contribuie la realizarea saturării pământului în zona suprafeței libere până la cota apei subterane de - 3,50 m. În aceste condiții, vibrațiile transmise de echipament produc fluidizarea și compactarea și a părții superioare a terenului din amplasament, zonă ce rămâne întotdeauna afânată în cazul procedurii de vibroîntepare fără adaos de apă. Saturarea cu apă a punctului de vibroîntepare permite apariția zonelor de pământ îndesat de la cote foarte mici -0,50 ... -0,70 m.

e. În practica de proiectare, zonele puternic compactate de formă tronconică din jurul punctelor de vibroîntepare din etapa 1 pot fi considerate ca fiind niște cilindri rigizi, ca cele din etapa a 2-a, cu o rază de circa 1.0 m în jurul punctului de vibroîntepare.

f. Caracteristicile geotehnice medii, de calcul a deformabilității și a capacității portante a terenului îmbunătățit se pot determina prin proportionalitatea dintre aceste nuclee mai îndesate și terenul mai puțin compactat dintre acestea.

g. Adâncimea de compactare a terenului este egală cu cea a echipamentului introdus în teren din cauza prezentei stratului de argilă cafenie plastic consistentă de la cota de - 5.50 m.

Rezultă astfel că, executarea vibroîntepărilor în două etape sporește considerabil efectul îndesării, mărind gradul de îndesare și uniformizează starea de compactare.

5.6.6. Stabilirea unor izolinii de același grad de îndesare. Studiile întreprinse îndeosebi în Cap.2, executate în condiții de atentă veridicitate, făcute în scară mare, precum și cele prezentate în Cap. 3 și 4 (realizate în condiții de șantier) au condus la stabilirea unor izolinii de egal grad de îndesare (I_b) obținut după realizarea tehnologiei de îmbunătățire prin vibroîntepare. Astfel, în fig. 2.7, 2.8, 2.11, 2.12, 2.15, 2.16, se prezintă pentru prima dată o materializare a zonelor de extindere a îndesării (în adâncime și lateral) ceea ce permite proiectantului sau verficatorului calității terenului îmbunătățit să cunoască cantitativ zonele de extindere a fenomenului de îndesare din masivul de fundare

5.6.7. Stabilirea domeniului de aplicare a îmbunătățirii prin vibroîntepare Pe baza studiilor întreprinse și a unor prelucrări minuțioase s-a reușit să se prezinte sub formă grafică cantitativ, funcție de mărimea fragmentelor de teren necoeziv, diagrama care definește domeniul de aplicabilitate al vibroîntepărilor la îmbunătățirea terenului. fig. 5.1 Diagrama prezentată (care se consideră utilă a completa normativul C 29-85) prezintă concret zonele foarte bune sau bune pentru aplicarea vibroîntepării, eliminând zonele unde metoda, deși dă unele rezultate (acestea fiind slabe) nu se recomandă.

Se observă astfel că nisipurile uniforme sunt cele mai potrivite pentru o îndesare prin acest procedeu de vibrare în masă, precum și nisipurile ce conțin cantități de pietriș cu

dimensiuni mici ale granulelor.

5.6.8. Stabilirea distribuției în plan a vibroîntepărilor, prezentată în acest capitol, I paragraful 5.3.3, rezolvă modul în care se recomandă dispunerea în plan a vibroîntepărilor. Relațiile de calcul stabilite pentru determinarea distanței l dintre axele vibroîntepărilor, 5.3.3.3, sunt relațiile 5.42 și 5.48, care permit aprecierea empirică a acestora.

Pentru a veni în sprijinul proiectării s-a elaborat o abacă, fig.5.6 și tabel 5.2, pentru stabilirea explicativă a elementelor necesare la proiectarea distanței dintre axele punctelor de vibroîntepare în vederea îmbunătățirii pământurilor.

5.6.9. Valorificarea studiilor întreprinse atât prin elaborarea elementelor necesare înțelegerii fenomenului îmbunătățirii, Cap.2, al stabilirii unor relații și elemente de proiectare a îmbunătățirii pământurilor necoezive prin vibroîntepare (paragrafe anterioare din acest capitol) cât și prin realizarea îmbunătățirii unor masive de pământ de pe mai multe amplasamente cum ar fi: municipiul Arad, blocurile de locuințe din zona Aurel Vlaicu și zona Spitalului, digurile Uzinelor Hidro-Electrice Drăgănești și Frunzaru de pe râul Olt.

5.6.10. Ca o concluzie finală a studiului întreprins se menționează că cercetările desfășurate se înscriu în domeniul larg al folosirii tehnicii vibrării, la probleme de geotehnică și fundații bazate pe procesele și transformările ce au loc în starea structurală a pământurilor necoezive sub acțiunea vibrațiilor. Astfel metoda vibroîntepării este un procedeu tehnologic eficient și competitiv de compactare în adâncime a terenurilor de fundare necoezive mai ales când acestea sunt saturate cu apă.

Rezultatele cercetărilor întreprinse de autor, observațiile și constatările sale, au permis stabilirea și formularea concluziilor și recomandările prezentate anterior, precum și dezvoltarea, respectiv completarea domeniului privind îmbunătățirea pământurilor necoezive prin tehnica vibrării.

BIBLIOGRAFIE

1. Aldea A., Roșă S., Metodă de calcul grafic a consolidării terenurilor de fundare slabe prin piloți de balast, A III-a Conferință Națională de Geotehnică și Fundații, Timișoara, 1975.
2. Arimas R., Consolidation des sols par vibration, Rev. Construction nr.10, 1968 și nr.7 și 9, 1969, Paris.
3. Barkan D.D., Vibrometod v stroitstve, Gosstroizdat, Moskva, 1959.
4. Bechet V., Silion T., Antonescu I., Considerații privind calculul terenurilor consolidate cu coloane din balast, A VI-a Conf. Naționale de Geotehnică, și Fundații, Vol.2, Galați, 1987.
5. Beleş A., Mihăilescu C.L., Mihăilescu ST, Calculul construcțiilor amplasate pe terenuri deformate, Ed. Academiei R.S.R., București, 1977.
6. Berry P.L., and Reid D., An Introduction to Soil Mechanics, London McGraw-Hill 1987.
7. Boian M., Andronescu L., Consolidarea unui depozit de nisip depus prin hidromecanizare în vederea fundării directe a construcțiilor din cadrul unei platforme industriale, A V-a Conferință Națională de Geotehnică și Fundații, Cluj-Napoca, 1-3 sept. 1983.
8. Bogdan I., Boldurean I., Cohesionless soil improvement by vibro wing method, 10 th Danube – ECSMFE, Mamaia, România, 1995.
9. Bogdan I., Boldurean I., Aspecte tehnologice ale îmbunătățirii pământurilor nisipoase lichefiabile prin metoda vibroînțepării, A VIII-a Conferință Națională de Geotehnică și Fundații, Iași, 1996
10. Bogdan I., Boldurean I., Pantea P., Îmbunătățirea terenurilor necoezive prin procedeu vibroînțepării, Zilele Academice Timișene, Ediția a-V-a, Timișoara, 1997.
11. Bogdan I., Constatări experimentale privind îmbunătățirea pământurilor dificile de fundare prin procedeu vibroînțepării, Zilele Academice Timișene, Ediția a-V-a, Timișoara, 1997.
12. Bogdan I., Experimentelle Feststellungen betreffend der Bodenverdichtung durch das Stichruttelverfahren Und Bemerkungen zur Vorschrift C29-85. Heft VI Bodenverdichtung durch das Stichruttelverfahren". Buletinul Științific al Universității "Politehnica" Timișoara, Tom 42 (56), 1997.
13. Bogdan I., Voicu C., Haida V., Improvement of the foundation ground by vibro wing for a dwelling building B+G+9F. Buletinul Științific al Universității "Politehnica" Timișoara Tom 42, (56), 1997.
14. Bowles J.E., Foundation analysis and design, McGraw-Hill, Singapore, 1988.
15. Braja M.Das., Principles of foundation engineering, Boston, 1990.
16. Broms B., Anttikoski U., Soil stabilization, General Report, C.R. 8 th. European Conf. On SMFE, Helsinki, 1983.
17. Brons K.F., De Kruijff H., The performance of sand compaction piles, Proceedings of the eleventh ICSMFE, San Francisco, 1985.
18. Caquot A., Kerisel I., Trat de mecanica pământurilor, Ed. Tehnică, București, 1968.

19. Combarieu O., Amelioration des sols par inclusions rigides verticales application a l'edification de remblais sur sols mediocres, Rev.Francaise de Geotechnique no.44, 1988.
20. Combarieu O., Foundation superficielles sur sol ameliore par inclusions ridides verticales, Rev.Francaise de Geotechnique no.53, 1990
21. Craig R.F., Soil Mechanics, Cornwall, 1994.
22. Dinu V., Dinu F., Fundare eficientă în condiții de teren dificile, Ed.Tehnică, București, 1992.
23. Florea M.N., Mecanica rocilor, Ed. Tehnică, București, 1983.
24. Fustei R., Consolidarea nisipurilor prin explozii de adâncime, Rev. Construcții Nr.7, București, 1981.
25. Gruber F.J., Verhalten einer Stopfverdichtung unter einem Straßendamm, Heft 448 Straßenforschungsantrag Nr. 3091, Heft 448, Wien, 1995
26. Gruia A., Contribuții la cercetarea terenului "in situ" prin metoda penetrării dinamice cu con, Teză de doctorat, Timișoara, 1979.
27. Gruia A., Unele aspecte privind corelarea dintre penetrarea statică și dinamică cu con, Buletinul Științific și Tehnic al IPTV Timișoara, Tom 24 (38), 1979.
28. Gruia A., Păunescu M., Unele aspecte privind cercetarea terenului de fundare prin metoda penetrării dinamice cu con, Buletinul Științific și Tehnic al IPTV Timișoara, Tom 27(41), 1982.
29. Haida V, Vasiloni N., Unele considerații asupra proiectării lucrărilor de îmbunătățire a terenurilor slabe de fundare, Simpozion "Soluții noi, eficiente în proiectarea și execuția structurilor" Timișoara 14-15 noiembrie, 1986
30. Haida V., Contribuții la studiul comportării pământurilor solificate dinamic și folosirii tehnicii vibrării în geotehnică – vibroforaje, Teză de doctorat, Timișoara, 1979.
31. Van Impe W., De Beer E., Improvement of settlement behavior of soft layers by means of stone columns, A VIII-a Conf. Europeană de Mecanica Pământului și Fundații, Helsinki, 1983.
32. Jardin J., Traitements d'alluvions compressibles par pieux colonnes ballastes, Bul. De Liaison des LPC no.69, Paris, 1974.
33. P.A. Konovalov, S.A. Kušnir, V.L. Churmanov, Uluşenie sroitelnâch svoistv namâvnâch Pescov, Osnovania, Fundamentâ I mehanika Gruntov, Moskva, Nr.1/1988.
34. Krutov V.I. ș.a., Uplotnenie otalov vsrşmîh porad tranbovaniem, Osnovania Fundamentî I Mechanika Gruntov, Moskva, 1981.
35. Krutov V.I., Osnovanie I fundamentî na prosadocinih gruntah, Budivelnik Kiev, 1982.
36. Lobasov B.P., Glubinnoe uplotnenie pesceanîh osnovanii pod nodoi Sb.statei, În "Novie sposobi I vibrationnoe oborudovanie dlia proizvodstva speşialnîh zemlianih rabot", Leningrad, 1971.
37. Luca E., Păunescu M., Studii și experimentări de laborator și teren pentru stabilirea soluțiilor de fundare a digurilor pe pământuri lichefiabile, A-VI-a Conferință Națională de Geotehnică și Fundații, Galați, 1987.
38. Machet I.M., Etude sur la compactaje par vibration, Bul. De Liaison des LPC, jan.-feb. Paris, 1977.
39. Manoliu I., Fundații și procedee de fundare, Ed.Didactică și Pedagogică, București, 1983.

40. Marcu A., Lupușor L., Crăciun F., Determinarea practică a parametrilor neliniani ai rezistenței la forfecare a pământurilor macrogranulare, A VIII-a Conf. Naț. de Geotehnică și Fundații, Iași, 1996.
41. Marcu A., Staicu I., Metoda de calcul a terenurilor consolidate cu coloane de balast și nucleu de beton, Simpozion "Soluții noi eficiente în proiectarea și execuția structurilor" Timișoara 14-15 noiembrie, 1986.
42. Marin M., Fundații continue prefabricate pentru clădiri cu suprastructura din panouri mari, Teză de doctorat, Timișoara, 1983.
43. Marin M., Haida V., Echipament și procedeu pentru realizarea coloanelor din pământ stabilizat prin vibrare, Brevet de invenție Nr.101469/1990, România
44. Mișu P., Mișu T., Aspecte tehnice privind aplicarea tehnologiei de vibroînțepare pe amplasamente cu terenuri lichefiabile, A-VII-a Conferință Națională de Geotehnică și Fundații, Timișoara, 1992.
45. Nicuță A., Răileanu P., Mușat V., Aprecierea condițiilor de lichefiere în situații speciale de solicitare dinamică, A-VII-a Conferință Națională de Geotehnică și Fundații, Timișoara, 1992.
46. Păunescu M., Folosirea vibrațiilor la executarea unor lucrări de fundații, Ed. Tehnică București, 1966.
47. Păunescu M., Tehnica vibrării în realizarea fundațiilor, Ed. Facla, Timișoara, 1979.
48. Păunescu M., Fundații în condiții speciale, IPTVT, Timișoara, 1980.
49. Păunescu M., Îmbunătățirea terenurilor slabe în vederea fundării directe, Ed. Tehnică București, 1980.
50. Păunescu M., Pop V., Silion T., Geotehnică și Fundații, Edit. Did. și Ped., București, 1982.
51. Păunescu M., Haida V., Velcu G. Cercetări asupra rezistenței la forfecare a nisipurilor supuse vibrării, Bul. Științific și Tehnic al IPTVT, 1967.
52. Păunescu M., Velcu G., Haida V., Compactarea în adâncime a nisipurilor saturate prin folosirea vibroînțepării, Rev. Nout. pe șant. de construcții, nr.8/1966.
53. Păunescu M., Agregat AVP-1, Brevet nr. 7753/1978, România.
54. Păunescu M., Marin M., Soluții moderne pentru fundații, Ed. Facla, Timișoara, 1986.
55. Păunescu M., Haida V., Velcu G., Die Anwendung der Rüttelung bei der Einbringung unterirdischen Röhren quer zu Strassen un Dämmen, Donau Europäische Konferenz- Bodenmechanik im Strassenbau, Wien, 1968.
56. Păunescu M., Viță I., Scordaliu I., Mecanizarea lucrărilor de îmbunătățire a terenurilor de fundare, Ed. Tehnică, București, 1990.
57. Păunescu M., Scordaliu I., Marin M., Elemente de proiectarea a fundațiilor executate prin ștanțare, Simpozion "Soluții noi, eficiente în proiectarea și execuția structurilor" Timișoara, 1986.
58. Păunescu M., Scordaliu I., Cocoș F., Studii privind zona de îndesare ce apare în urma procesului de ștanțare, Simpozion "Soluții noi, eficiente în proiectarea și execuția structurilor" Timișoara, 1986.
59. Păunescu M., Rogna M., Folosirea vibroînțepării și piloților din balast pentru compactarea de adâncime a unor terenuri de fundare, Rev. Șantierului nr.8/1972.
60. Perlea V., Perlea M., Stabilitatea dinamică a terenurilor nisipoase, Editura Tehnică, București, 1984.

61. Peşcovskii L.M., Rascetî osnovanii i fundamentov grajdanskikh I promişlennih zdanii, Izdatelstvo "Vissiaia şcola" Moskva, 1968.
62. Răduinea N., Analiza dinamică a compactării pământurilor, A VII-a Conf. Naţ. de Geotehnică şi Fundaţii, Timişoara, 1992.
63. Răileanu P., Muşat V., Lungu I., Foundation soil improvement by electrosilication, 10 th. Danube – European CSMFE, Mamaia, 1985.
64. Răileanu P., Petrachioaie D., Folosirea metodelor geofizice pentru determinarea caracteristicilor geotehnice în vederea fundării construcţiilor inginereşti, A-VIII-a Conf.Naţ. de Geotehnică şi Fundaţii, Iaşi, 1996.
65. Roman F., Soluţii de consolidare pe un drum din judeţul Sălaj, A VIII-a Conf. Naţ. de Geotehnică şi Fundaţii, Iaşi, 1996.
66. Roman F., Calculul numeric al fundaţiilor, A VII-a Conf. Naţ. de Geotehnică şi Fundaţii, Timişoara, 1992.
67. Rotar V., Contribuţii la fundarea clădirilor în condiţii dificile de teren, Teză de doctorat, Timişoara, 1997.
68. Rotaru A., Răileanu P., Nicuţă A., Influenţa stratificaţiei terenului în determinarea stării de tensiuni şi alegerea sistemului de fundare, A VIII-a Conf. Naţ. de Geotehnică şi Fundaţii, Iaşi, 1996.
69. Schein T., Consideraţii tehnico-economice privind aplicarea tehnologiei de execuţie a fundaţiilor realizate prin vibropresare, Rev. Construcţii nr.6/1983.
70. Schein T., Scordalio I., Aspecte privind calculul capacităţii portante a terenului ramforsat şi a fundaţiilor realizate pe terenuri ramforsate, A VII-a Conf.Naţ. de Geotehnică şi Fundaţii, Timişoara, 1992.
71. Soyez B., Methodes de dimensionnement des colonnes ballastes, Bulletin de liaison des laboratoires des ponts et chaussees, no.135 Ian.-Feb. 1985.
72. Smith G.N., Elements of Soil Mechanics, Oxford, 1993.
73. Smoltczyk U., Deep compaction – General Report, CR 8 th european Conf. on SMFE, Helsinki, 1983.
74. Stanciu A., Boţi N., O nouă metodă de calcul pentru perna din pământ sau balast, A VIII-a Conf.Naţ. de Geotehnică şi Fundaţii, Iaşi, 1996.
75. Stănculescu I., Antonescu I., Marcu A., Sîrghi Gh., Consolidarea cu coloane de balast şi nuclee rigide a straturilor loessoide saturate, în vederea fundării directe a unor blocuri de locuinţe la Fălticeni, A VI-a Conf. Naţ. de Geotehnică şi Fundaţii, Galaţi, 1987.
76. Ţitovici N.A., Mecanica pământurilor, Ed. De Stat pentru arhitectură şi construcţii. Bucureşti, 1955.
77. Vaicum Al., Condiţii de amplasament în ingineria construcţiilor, Ed. Academiei RSR. Bucureşti, 1985.
78. Vautrain J., Comportement et dimensionnement des colonnes ballastées. Revue Française de Geotechnique nr. 11, mai, 1980.
79. Wallays M., Delapierre J., Van den Poel J., Load transfert mechanism in soils reinforced by stone or sand columns, A VIII-a Conf.Europeană de Mec. Păm. şi Fundaţii, Helsinki, 1983.
80. Whitlow R., Basic soil mechanics, John Wiley & Sons, New-York, 1990.
81. Queyroi D., Chaput D., Pilot G., Amélioration des sols de foundation, Choix des méthodes d'exécution, Paris, 1985.
82. Zaharescu E., Perlea V., Perlea M., Lichefierea nisipurilor în timpul cutremurului de la 4 martie 1977, Rev. Hidrotehnica nr 5., 1977.

- 83.*** Perfecționarea metodelor de calcul a terenului de fundare solicitat la acțiuni dinamice, inclusiv calculul capacității portante a consolidării cu coloane din materiale locale, vibroînțepări, ploturi, etc.; Contract nr 970, Fazele I...VI, 1984.
- 84.*** Studiu Geotehnic pentru blocurile B21, B22 și B23, Calea Aurel Vlaicu, Arad, Proiect Nr.17037/1986, CPJ Arad.
- 85.*** Studiu tehnologic privind îmbunătățirea terenului de fundare prin vibroînțepare cu adaos de apă pe amplasamentul blocului B20, Calea Aurel Vlaicu, Arad, Contract Nr.10900/1988, Faza I, Beneficiar IACM Arad
- 86.*** Studii aplicative privind reducerea potențialului de lichefiere a terenului de fundare în municipiul și Județul Arad, Contract nr.10900/89
- 87.*** Studiu tehnologic pentru îmbunătățirea caracteristicilor terenului de fundare pentru digurile hidrocentralelor de pe râul Olt, în sectorul Slatina Dunăre, Referat final, Contract nr. 58, 1981, Beneficiar ISPH București.
- 88.*** Asistență tehnică la proiectarea și executarea îmbunătățirii terenului de fundare pentru un tronson de 500 m de la digurile UHE Frunzaru de pe râul Olt, Contract nr. 1785, 1984, Beneficiar ISPH Bucureti.
- 89.*** Perfecționarea metodelor de control a calității lucrărilor de terasamente. Contract nr. 868/1981, Beneficiar ICCPDC București.
- 90.*** Noi soluții constructive și metode de calcul cu privire la realizarea economică a fundațiilor directe prin vibroștanțare, Contract nr. 934/1983, Beneficiar CCPDC București.
- 91.*** Metode noi de îmbunătățire a terenurilor de fundare slabe utilizând tehnica vibrării, Contract nr.1511, 1990, Beneficiar MLPAT, Departamentul Construcțiilor.
- 92.*** Noi soluții constructive și metode de calcul cu privire la realizarea economică a fundațiilor directe prin vibroștanțare, Contract nr. 935, 1984, Beneficiar ICCPDC București.
- 93.*** Studii și Cercetări privind compactarea nisipului de pe platforma C P. Năvodari, Contract nr. 8104. 1976 Beneficiar, Comb. Petrochimic Năvodari.
- 94.*** Teren de fundare. Clasificarea și identificarea pământurilor. STAS 1243-88.
- 95.*** Normativ privind îmbunătățirea terenurilor de fundare slabe prin procedee mecanice, indicativ C 29-85.
- 96.*** Instrucțiuni tehnice pentru efectuarea încercării de penetrare statică și interpretarea rezultatelor în vederea stabilirii condițiilor de fundare a construcțiilor, indicativ C 159-89.
- 97.*** Instrucțiuni tehnice pentru cercetarea terenului de fundare prin penetrare dinamică cu con, indicativ C 176-84.
- 98.*** Îndrumător tehnic pentru studiul proprietăților pământurilor necoezive lichefiabile, indicativ C 125-84.
- 99.*** Grundbruchberechnungen von lotrecht mittig belasteten Flachgrundungen, DIN. 4017, RFG.
- 100.*** Normativ pentru proiectarea antisismică a construcțiilor de locuințe, social culturale, agrozootehnice și industriale, Indicativ P 100-92
- 101.*** Normativ privind proiectarea și executarea construcțiilor fundate pe terenuri slabe, Indicativ P 7-77.
- 102.*** Îndrumător de proiectare și execuție a gropilor ștanțate pentru fundații, Indicativ C 230-89.

- 103.*** Calculul terenului de fundare în cazul fundării directe, STAS 3300/1/2-B5.
- 104.*** Teren de fundare. Determinarea modului de deformație liniară prin încercări pe teren cu placa, STAS 8942/3-90.
- 105.*** Teren de fundare. Cercetarea terenului prin penetrare statică, STAS 1242/6-76.