

GHID PENTRU EXECUȚIA COMPACTĂRII ÎN PLAN ORIZONTAL ȘI ÎNCLINAT A TERASAMENTELOR

Indicativ GE-026-97

1. CONSIDERAȚII GENERALE ÎN LEGĂTURĂ CU COMPACTAREA TERASAMENTELOR

1.1. Necesitatea compactării pământurilor din terenul de fundare al terasamentelor și a celor puse în operă în corpul construcțiilor executate din pământ, a apărut datorită posibilității de realizare, prin procesul de compactare, a unor caracteristici fizico-mecanice superioare, care în cazul terenurilor de fundare măresc capacitatea portantă și reduc tasările, iar în cazul lucrărilor de terasamente reduc volumele de pământ datorită posibilității adoptării unor pante ale taluzelor mai abrupte.

Ca urmare a unei bogate experiențe acumulate în domeniul cercetării mecanismului de modificare a caracteristicilor geotehnice ale pământurilor prin procedeul compactării și dezvoltării continue a tehnicii utilajelor terasiere și de compactare, s-a ajuns la reduceri importante ale investițiilor și totodată, la creșterea siguranței în exploatare a lucrărilor.

1.2. Compactarea reprezintă un fenomen complex, dimensionat atât tehnic cât și valoric, cu implicații majore în stabilitatea construcțiilor, constituind în prezent o problemă majoră în cercetare, proiectare și execuție.

1.3. Fazele necesare unei proiectări eficiente a lucrărilor de compactare sunt: studiile geotehnice privind sursele de pământ, investigațiile de teren și laborator, pista experimentală și verificarea compactării materialului.

1.4. O problemă majoră care apare la trecerea în practică și este pregnantă în actualitate o reprezintă starea de dotare a unităților de execuție cu utilaje necesare realizării parametrilor tehnici admiși în proiectare.

1.5. Procesul de compactare este rezultatul aplicării succesive a unor forțe de compresiune sau a unor sarcini dinamice pe suprafața terenurilor de fundație sau a stratelor puse în operă în construcțiile de pământ, care are drept scop redistribuirea particulelor solide prin eliminarea parțială a aerului și apei din pori.

În urma compactării pământurilor, cresc valorile greutății volumice, rezistenței la tăiere (unghi de frecare internă și coeziune) și a modulului de deformație, concomitent cu scăderea tasării specifice.

1.6. În faza premergătoare proiectării și trecerii la execuție, în cadrul studiilor geotehnice, pe probe reprezentative de pământ prelevate din carieră sau din gropi de împrumut (aluvioni fine, nisipuri prăfoase, prafuri, argile) se fac încercări de compactare PROCTOR. Aceste încercări stabilesc relația dintre natura pământului, umiditate (W), lucrul mecanic specific de compactare (L) și greutatea volumică în stare uscată (γ_d).

De pe diagrama de compactare se reține valoarea umidității optime de compactare (W_{oc}) căreia îi corespunde greutatea volumică în stare uscată maximă (γ_{dmax}).

Încercările de compactare PROCTOR normal și PROCTOR modificat fac obiectul STAS 1913/13-83.

Relația $W - \gamma_d$ pentru diferite lucruri mecanice de compactare și relația $W - \gamma_d$ pentru diferite pământuri sunt prezentate în [fig. 1](#).

Pentru bolovănișuri cu pietriș și anrocamente se fac încercări speciale de compactare în prezent nestandardizate.

[\[top\]](#)

2. DOMENII DE APLICARE ȘI TIPURI DE PĂMÎNT CE SE PUN ÎN OPERĂ

2.1. Domenii de aplicare

2.1.1. Compactarea în plan orizontal are cea mai largă utilizare atât pentru îmbunătățirea calității terenurilor de fundare cât și pentru cele mai variate tipuri de lucrări din pământ, anrocamente sau produse rezultate din activități industriale (steril, zgură, cenușă, etc.)

Îmbunătățirea calității terenului de fundare se aplică în cazul pământurilor macroporice sensibile la umezire (PSU), a pământurilor nisipoase afânate și a umpluturilor necompactate.

Compactarea materialelor de umplutură se aplică în cazul lucrărilor hidrotehnice și de îmbunătățiri funciare (baraje de pământ și anrocamente, batardouri, diguri, ramblee pentru canale de irigații, diguri marine etc.), ca și în cazul pernelor de pământ, balast sau piatră spartă, la infrastructurilor rutiere, pistelor de aviație, rambleelor de cale ferată, rampelor de acces la poduri etc.

Pentru construcții speciale cu încărcări fixe se execută platforme cu capacitate portantă impusă (în special pentru terenuri slabe de fundare).

2.1.2. Compactarea în plan înclinat

Are utilizare mai mică, ea aplicându-se de regulă la compactarea taluzelor barajelor și digurilor, în vederea unei mai bune fixări a protecțiilor: măști impermeabile, dalări, înierbări, blocaje din piatră de dimensiuni mari etc., care presupun realizarea unui grad de compactare ridicat al suprafeței taluzelor.

La suprafața taluzelor, compactarea pe strate orizontale succesive nu dă rezultate bune, materialul pus în lucrare având posibilitatea de a refuza spre exterior.

Uneori, această metodă de compactare poate fi înlocuită cu compactarea în supraprofil și aducerea taluzului prin reprofilare la forma prevăzută în proiect.

Alt domeniu de aplicabilitate în reprezintă compactarea taluzelor canalelor navigabile, canalelor magistrale de irigații, canalelor de fugă și de acces la centralele electrice și nucleare realizate în rambleu.

2.2. Tipuri de pământuri ce se pun în operă

Este necesară o clasificare globală a pământurilor ce se supun compactării, deoarece funcție de tipul acestora sunt alese utilajele terasiere și de compactare. Folosirea nejudicioasă a utilajelor conduce la o compactare inefficientă sau/și la consumul unui lucru mecanic sporit, și deci neeconomic.

Există două mari grupe de pământuri ce pot fi puse în operă: pământuri coezive și pământuri necoezive. Dar, în ultima perioadă de timp, a luat o dezvoltare mare folosirea anrocamentelor și a altor materiale cu

dimensiuni mari, care deși sunt mai scumpe la excavarea și transport, conduc la scurtarea timpului de execuție și la diminuarea volumelor puse în operă, datorită unor caracteristici fizico-mecanice superioare.

Colateral tipurilor de pământ enumerate mai sus, există pământuri greu compactabile, unele fiind chiar improprie pentru lucrări de terasamente, cum sunt: pământuri cu mai mult de 6% materii organice (măluri, turbe etc.), argile grase, pământuri cu componenți solubili în apă (conținut de gips, clorură de sodiu etc.). nisipuri foarte uniforme etc.

La alegerea materialelor de umplutură se va ține cont de prevederile STAS 10355/84 și standardele indicate de metodă.

2.2.1. Pământuri coezive

În această categorie se includ pământurile cu o valoare a coeziunii $C > 5$ kPa de tipul nisipuri argiloase - prăfoase, prafuri și argile, acestea din urmă fiind folosite și la ecrane datorită permeabilității scăzute.

La această grupă de pământuri ca utilaje terasiere sunt indicate screpere pentru exploatare - transport, gredere și buldozere pentru împrăștierea și nivelarea stratelor.

De asemenea, sunt necesare scarificatoare pentru înfrățirea stratelor.

Pentru distanțe mici sunt necesare screpere, iar pentru distanțe mari autocamioane.

2.2.2. Pământuri necoezive

Sunt cuprinse materiale granulare cu coeziune apropiată de 0, dar cu grad de neuniformitate $U_n \# 5$ pentru a putea fi compactate ușor la un grad de îndesare ridicat.

În această categorie se găsesc nisipurile slab prăfoase, nisipurile cu pietriș, nisipurile cu pietriș și bolovăniș, alte combinații ale acestor fracțiuni, refuzul de ciur etc.

Ca utilaje terasiere la excavare sunt indicate excavatoare, dragline și greifere, iar la nivelare buldozere.

Pământurile coezive și necoezive sunt definite prin STAS 1243-88. Teren de fundare. Clasificarea și identificarea pământurilor.

2.2.3. Anrocamente și materiale cu elemente mari

Pentru realizarea marilor baraje, a digurilor marine și batardourilor, odată cu dezvoltarea tehnică a utilajelor de compactare, s-a trecut la folosirea frecventă a anrocamentelor constituite din roci stâncoase rezistente la compresiune, șoc și gelivitate, a blocurilor cu dimensiuni de până la 100 cm, constituite din morene, conglomerate, deluvii de pantă și bolovănișuri.

De mare importanță în realizarea unei compactări bune este stabilirea unei curbe granulometrice adecvate, astfel încât materialul de dimensiuni mici să pătrundă în golurile celui cu dimensiuni mari.

Parametrii de compactare pentru diferite tipuri de pământuri și anrocamente, respectiv utilajele indicate sunt prezentate în tabelul nr. 1 anexat.

[\[top\]](#)

3. METODOLOGIA DE COMPACTARE ÎN PLAN ORIZONTAL

Procesul de punere în operă a umpluturilor și de compactare este complex și se desfășoară în mai multe etape, după cum urmează:

3.1. Pregătirea amprizei.

3.2. Excavarea și transportul materialelor din cariere sau gropi de împrumut pe șantier.

3.3. Punerea în lucrare a umpluturilor sub formă de strate elementare.

3.4. Compactarea umpluturilor. Metode de compactare.

3.1. Pregătirea amprizei.

3.1.1. Indiferent de importanța și mărimea construcției (baraj, dig, batardou etc.) este necesară pregătirea riguroasă a amprizei, în vederea eliminării unei părți din tasări ce s-ar datora existenței unor pământuri compresibile sau alterabile în timp: pământ vegetal, măr, nămol, rădăcini, vegetație mărunță, roci foarte alterate, resturi de construcții etc., astfel încât stratul de fundare să îndeplinească parametrii tehnici prevăzuți în proiect: capacitate portantă, rezistență la tăiere, impermeabilitate etc.

3.1.2. În vederea eliminării sau diminuării tasărilor terenului de fundare este necesară decaparea pe toată suprafața construibilă a pământului vegetal, extragerea arbuștilor și rădăcinilor, curățarea zonelor măloase - nămoase cu conținut în materii organice: la roci stâncoase, decaparea orizontului alterat până la roca compactă, eliminarea zonelor cu exces de umiditate și a celor de umplutură.

3.1.3. La construcțiile așezate pe pământuri coezive și necoezive, înainte de așternerea primului strat, după pregătirea amprizei se poate trece, după caz, la o compactare riguroasă a terenului cu utilaje specifice tipului de pământ, mărindu-se în acest fel capacitatea portantă a acestuia.

Tehnologiile necesare sunt explicitate în normativ C 29-85 (îmbunătățirea terenurilor de fundare slabe prin procedee mecanice).

3.1.4. Dacă compactarea se realizează cu compactor cu fețe netede sau pe pneuri, este necesară o scarificare, în vederea unei bune înfrățiri între stratele puse în operă.

3.2. Excavarea și transportul materialelor de construcție din carieră pe șantier

3.2.1. În majoritatea cazurilor lucrările de terasamente reclamă volume mari sau foarte mari (de la mii la milioane de m³), fiind necesare utilaje de săpare și transport de înaltă productivitate, care condiționează viteza de execuție.

3.2.2. Modul de excavare a pământurilor din carieră depinde de înălțimea, grosimea și caracteristicile geotehnice ale stratului de exploatare; transportul de la carieră la șantier depinde de distanța dintre acestea.

3.2.3. Pentru săpare se folosesc excavatoare (cupe de 1-5 m³) dragline și screpere cu volume de 6,0-25,0 m³; pentru anrocamente excavarea se face cu ajutorul explozibililor.

3.2.4. Pentru transport se folosesc autobasculante de mare capacitate (10...20 m³), autoscrepere și uneori, benzi transportoare.

3.3. Punerea în lucrare a umpluturilor sub formă de strate elementare.

3.3.1. Punerea în lucrare a umpluturilor se face în strate elementare a căror grosime se stabilește pe baza studiului geotehnic și în funcție de utilajele folosite.

3.3.2. Materialul pus în lucrare este caracterizat prin următorii parametri tehnici: umiditate (de preferință optimă), grosimea stratelor și numărul de treceri ale utilajului de compactare.

3.3.3. În vederea definitivării parametrilor tehnici de compactare, realizarea terasamentelor va fi precedată de executarea unei piese experimentale pentru stabilirea umidității, grosimii stratelor și numărului optim de treceri ale utilajelor efectiv folosite, pentru a putea obține greutatea volumică în stare uscată stipulate în proiect și valorile caracteristicilor geotehnice luate în calcul la dimensionarea lucrării.

3.3.4. Pista experimentală poate fi realizată în ampriza construcției sau în afara ei. Se recomandă executarea pistei în ampriza construcției pentru a putea fi înglobată în volumul de terasamente care se pun în operă.

3.3.5. Materialul este descărcat din autobasculante sau screpere, după care este așternut în strate, cu ajutorul buldozerului la grosimea prevăzută și nivelat cu autogredere.

3.3.6. În cazul în care umiditatea materialului nu corespunde cu cea indicată în proiect, aceasta se ajustează prin umezire sau uscare, după care se trece la compactarea propriu-zisă.

3.4. Metode de compactare

Funcție de felul în care este aplicată sarcina de compactare asupra stratului se deosebesc următoarele metode de compactare pe orizontală:

3.4.1. Compactarea prin cilindrare.

3.4.2. Compactare prin batere.

3.4.3. Compactare prin vibrație.

În unele situații aceste metode pot fi combinate între ele.

3.4.1. Compactarea prin cilindrare (statică)

La viteze mici ale cilindrului compactori greutatea transmisă prin treceri succesive ale utilajului pe un strat se poate asimila cu o sarcină statică care transmite presiuni pe teren, în zona de contact. Acest gen de compactare se aplică pentru o gamă mare de tipuri de pământuri, de la nisipuri și pietrișuri la argile și chiar anrocamente.

Cele mai des folosite utilaje de compactare prin cilindrare sunt: compactoare cu cilindri netezi; compactoare cu cilindri picior de oaie; compactoare pe pneuri sau combinate, mai rar rulouri cu grile și plăci etc.

Deplasarea utilajelor de compactare în plan orizontal se face prin autopropulsare sau prin tractive cu alte utilaje.

3.4.2. Compactare prin batere (dinamică)

Compactarea prin batere se execută prin aplicarea succesivă pe suprafața stratului a unor șocuri repetate, realizate prin căderea unor mase de o anumită greutate de la diverse înălțimi.

Ca utilaje pentru compactarea prin batere se utilizează maiuri și plăci cu baza circulară sau pătrată, cu latura de 70 și 150 cm și cu greutate de 1-5 tone, având centrul de greutate situat cât mai jos, pentru realizarea unei căderi verticale.

De mare eficiență este compactarea cu maiuri foarte grele și supergrele. Acest procedeu de sporire a capacității portante a terenurilor de fundare, constă în aplicarea de lovituri repetate, pe aceeași amprentă, cu un mai având masa de 10...30 t, ce cade de la înălțimi de 10...30 m.

Loviturile se aplică în 3...4 faze pe o rețea de ochiuri (de regulă triunghiulară sau pătrată), trasate prealabil pe teren, înainte de fiecare fază.

Introducerea unor energii foarte mari în teren determină comprimarea terenului pe adâncimi apreciabile și creșterea presiunii apei din pori, uneori până la lichefiere.

Compactarea cu maiuri foarte grele și supergrele poate fi utilizată pentru sporirea capacității portante a pământurilor necoezive, slab coezive sau coezive cu diferite grade de umiditate și a umpluturilor neconsolidate.

Maiul se poate confecționa monocorp sau din module asamblate din oțel masiv sau beton armat turnat într-o manta metalică din tablă de 15...20 mm. Foram maiului este tronconică cu baza mare în jos și ușor convexă, pentru a ușura desprinderea de teren.

Alte utilaje sunt maiurile mecanice sau pneumatice cu greutate de 100-1200 kg, 50-60 lov./min. și salturi de 15-20 cm.

Pentru volume mici și spații înguste sunt folosite vibro maiuri portative cu greutate de 20-200 kg. acționate de motoare termice, electrice, sau cu aer comprimat, cu o frecvență de 500-600 lov/min.

3.4.3. Compactare prin vibrare

Compactarea dinamică reprezintă o metodă mult mai eficientă cu aplicații largi. Ea constă în transmiterea de vibrații asupra stratului de pământ supus compactării, provocând o deplasare relativă a particulelor și o reșezare mai compactă a lor. Metoda se aplică în cazul pământurilor necoezive (nisipuri, pietrișuri, bolovănișuri și anrocamente). Nu se aplică la pământurile argiloase.

Din practică se cunoaște că frecvența vibrațiilor trebuie să depășească 1500-1600 cicluri/min. dar să fie mai mică decât 3g, deoarece peste această valoare creșterea greutății volumice este practic nulă.

Ca utilaje de compactare prin vibrare, frecvent se folosesc rulouri liss și picior de oaie vibratoare în greutate de 8-16 tone, vibratoare manevrate cu utilaje de ridicat, plăci vibratoare și utilaje cu saboți vibrați.

[\[top\]](#)

4. UTILAJE DE COMPACTARE ÎN PLAN ORIZONTAL

4.1. Utilaje de compactare prin cilindrare

Utilajele prin cilindrare sunt utilaje de mare productivitate, iar compactarea terasamentelor se obține prin rularea pe suprafața stratului a unor cilindri (rulouri) sau a unor pneuri de dimensiuni mari, care transmit pe teren presiuni mari.

După modul în care vin în contact și transmit sarcinile stratului de pământ, utilajele de compactare prin cilindrare se clasifică astfel:

4.1.1. Cilindri compactori liss.

4.1.2. Compactoare pe pneuri.

4.1.3. Cilindri compactori picior de oaie.

4.1.1. Cilindri compactori liss

Acest tip de compactor este constituit din unul sau mai mulți tamburi netezi, goi în interior, pentru a putea fi lestați cu balast sau bile metalice.

După principiul de construcție și după modul de propulsare aceste tipuri de compactoare se împart în:

- cilindri netezi tractați;
- rulouri compresoare autopropulsate.

La aceste tipuri de utilaje procesul de compactare se transmite de sus în jos, valorile maxime ale compactării situându-se la suprafața de contact dintre pământ și utilaj.

Necesitatea realizării umpluturilor în strate subțiri de 20-30 cm, variația pe verticală a compactității și numărul mare de treceri pe același strat tind să conducă la înlocuirea acestui tip de utilaj cu altele de productivitate mai mare.

În categoria cilindrilor compactori liss pentru pământuri grosiere (nisipuri, pietrișuri cu bolovăniș) și anrocamente a fost pus în practică cilindrul vibrator liss (vezi [fig. 2](#)) care poate compacta strate cu grosimea de 30-60 cm.

4.1.2. Compactoare pe pneuri

Acestea sunt utilaje des folosite la construcția de baraje, diguri și drumuri, datorită faptului că pot compacta cu succes o gamă largă de pământuri.

Un avantaj important al acestui tip de compactoare îl constituie posibilitatea de variație a presiunii în pneuri și lestarea sau delestarea prin atașare sau detașare de plăci. Alt avantaj este acela că au mersul reversibil și nu necesită spații de întoarcere.

Compactarea terenului se realizează prin presiunea statică a pneurilor pe suprafața de contact, care transmit în teren presiuni sub formă de bulb.

Pentru stabilirea tehnologiei de compactare sunt necesare cunoașterea presiunii din pneuri, presiunea specifică asupra stratului, grosimea stratului și numărul de treceri ale utilajului de compactare.

În [fig. 3](#) este prezentată imaginea unui cilindru compactor pe pneuri autotractat.

4.1.3. Cilindri compactori picior de oaie

Pe cilindrul liss sunt fixate came și un dispozitiv de curățire. Dimensiunile camelor variază astfel: pentru pământuri argiloase talpa unei came are suprafața de 30-40 cm², iar pentru nisipuri 40-65 cm². Lungimea optimă a unei came trebuie să fie 0,75 x grosimea stratului pus în operă.

La acest tip de compactor, la primele treceri presiunea se transmite stratului anterior. Pe măsură ce se derulează procesul de compactare, planul de compactare maximă se deplasează de la limita inferioară a stratului până la cca. 2-5 cm de suprafața acestuia, asigurându-se astfel o compactare omogenă.

În vederea creșterii eficienței procesului de compactare la acest tip de utilaj se poate atașa un motor pentru vibrator (vezi [fig.4.fig. 5](#))

4.2. Utilaje de compactare prin baterie

4.2.1. Maiuri și plăci grele acționate de utilaje de ridicat

Compactarea terasamentelor prin baterie se obține prin transformarea energiei cinetice a maiului (plăcii) ce cade, într-un impuls care deplasează particulele, reșezându-le într-o stare cât mai compactă.

Această metodă se poate aplica atât la compactarea umpluturilor cât și la terenuri de fundație.

Maiurile și plăcile grele sunt confecționate din oțel sau beton armat, cu diametrul de 70-150 cm, și au greutatea de 1-5 t. Pentru ridicarea lor sunt folosite excavatoare cu braț de macara, automacarale etc., care au capacitatea de ridicare de 1,5-2 ori greutatea maiului sau a plăcii, le pot ridica la 2-4 m înălțime și se pot deplasa cu roți. Când utilajul are ambreiaj cu fricțiune, maiul se prinde direct de cablu, iar când se folosește troliul cu șnec, prinderea se face cu un cârlig special.

Lăsate liber să cadă de la înălțimi de 3-5 m reușesc să compacteze pământul până la o adâncime de 1,2-1,5 m. Înălțimea de cădere și numărul de lovituri se determină prin compactări de probă.

În cazul compactării cu maiuri grele și supergrele în România se folosesc următoarele utilaje de ridicare:

- Macara Zemag de 16 t pentru mai de 10 t ridicat la H=8 m;
- Macara pe șenile Zemag de 40 t pentru mai de 10 t ridicat la H = 15 m;
- Macara E 2508 de 60 t pentru mai de 10 t, ridicat la 22 m etc.

4.2.2. Maiuri mecanice

Maiurile mecanice sunt utilaje cu greutatea variind între 100 și 1200 kg acționate prin motoare termice ce permit utilajului să facă salturi de 15-40 cm. La maiurile grele "Delmag" avansarea utilajului este asigurată de înclinarea axului, care face ca la fiecare salt de 30-40 cm înălțime să se producă o deplasare de 15-20 cm în direcția înclinării axului.

La maiurile mecanice ușoare avansul este asigurat de operator, care îi asigură împingerea înainte.

La tipul de maiuri ușoare efectul de compactare este triplu:

- primul efect este provocat de șocul produs de explozia amestecului carburant asupra tălpilor maiului înainte de salt;

- al doilea efect apare ca urmare a șocului de cădere a maiului;
- al treilea efect se datorește vibrațiilor de frecvență redusă ce se transmit pământului la fiecare explozie și recădere.

La pământurile coezive grosimea optimă a stratelor variază între 20-50 cm, iar la pământurile necoezive între 25-70 cm. În funcție de greutatea maiului sunt necesare 4-6 treceri, la un număr de min. 4 lovituri pe aceeași urmă.

Acest tip de maiuri au productivitate redusă și se folosesc la compactarea de volume mici sau în spații înguste.

În [fig. nr. 6](#) este prezentat un tip de mai broască.

4.2.3. Utilaje de compactare prin vibrare

Această metodă de compactare este folosită în special la pământuri necoezive la care forțele de legătură dintre particule sunt foarte mici.

Compactarea prin vibrare este dată de coeficientul de vibro-îndesare, care este influențat de umiditate și de compoziția granulometrică, îndesarea maximă realizându-se atunci când umiditatea are valoarea $W=1-1,2 \times W_{opt}$.

La umidități reprezentând $0,7 \times W_{opt}$ eficacitatea compactării prin vibrare este redusă. Efectul compactării prin vibrare scade totodată cu creșterea conținutului de argilă.

Des folosite în compactarea în plan orizontal sunt vibratoarele enumerate mai jos:

- vibratoare manevrate cu utilaje de ridicat cu greutatea de 7 până la 20 tone, destinate compactării umpluturilor din bolovani și anrocamente cu grosimi între 1,0 și 4,0 m.
- plăci vibratoare în general autopropulsate cuprinzând:
 - plăci grele de 1,5-2,5 tone cu suprafața de 0,25-0,50 m² și frecvențe de 2000-3000 vibrații/min;
 - plăci ușoare de 0,1-0,2 tone cu suprafața de 0,1-0,25 m² și frecvența de 3000-5000 vibrații/min;
 - utilaje cu saboți vibrați alcătuite dintr-un șasiu automotor ce propulsează 4-6 saboți vibrați cu greutatea de 100-200 kg, suprafețe de 0,2-0,4 m² și frecvențe de 1500-4200 vibrații/min.

În [fig. 7](#) este fotografiată o placă vibrocompactoare ușoară.

Cilindrii vibratorii sunt autopropulsați sau tractați și au posibilitatea modificării frecvenței.

De asemenea există cilindri vibratorii lisi și picior de oaie ce pot fi folosiți și la compactarea pământurilor argiloase.

În tabelele nr. 2-5 anexate se prezintă caracteristicile tehnologice ale unor utilaje folosite în România.

[\[top\]](#)

5. METODOLOGIA DE COMPACTARE ÎN PLAN ÎNCLINAT

5.1. Urmare faptului că prin compactarea în plan orizontal taluzele lucrărilor din pământ nu pot fi suficient de bine compactate datorită refulării pământului și faptului că utilajele nu pot circula pe marginea stratului pus în operă, a fost pusă la punct metoda de compactare directă a taluzelor.

Această măsură se impune datorită necesității ca taluzele să fie rezistente la curenți de apă, valuri, eroziune prin șiroire a apelor din precipitații, coborâri rapide ale nivelului apei îngheț-dezgheț, cât și faptului că trebuie asigurată protecția acestor taluze.

În vederea aplicării protecțiilor este necesară asigurarea atât a unei compactități egale cu cea cerută în proiect, cât și a unei planeități care să permită așezarea în bune condițiuni a protecțiilor cu date, betoane, betoane asfaltice, altor tipuri de măști, a protecțiilor cu anrocamente și înierbărilor, fără să apară pericolul unor tasări ulterioare.

5.2. În vederea realizării compactării pe plan înclinat se utilizează două tipuri de utilaje:

- utilaje pentru taluze de înălțime mică ($H < 10,0$ m);

În această categorie se includ excavatoarele pe ale căror brațe se montează cu dispozitiv bătător de tip mai, ce se deplasează în lungul brațului, acoperind întreaga lungime a taluzului;

- utilaje de tip Telepactor-Albaret, prevăzute cu troliu autopropulsat, care se deplasează pe coronamentul sau bancheta taluzelor pe roți cu pneuri și care vehiculează 2 cilindri compactori de 4 tone, statici sau vibratorii (indicați în proiect), unul care urcă și altul care coboară pe taluz.

Numărul necesar de treceri se obține printr-o reglare convenabilă a vitezei telepactorului cu viteza de ridicare - coborâre a ruloirilor.

În [fig. 8](#) este prezentat un utilaj specializat în compactare pe plan înclinat de tip Telepactor - Albaret.

În lipsa unor utilaje de compactare pe plan înclinat sau în cazul unor taluze abrupte umplutura se poate executa în supraprofil pe min. 30 cm grosime măsurată perpendicular pe taluz, după care aducerea la profilul proiectat se face prin săpare manuală.

[\[top\]](#)

6. VERIFICAREA COMPACTĂRII TERASAMENTELOR

6.1. Principii

6.1.1. Verificările lucrărilor de compactare se fac atât pe parcursul execuției cât și în faza finală, în vederea recepției ca lucrări ascunse. Ele urmăresc calitatea execuției și uniformitatea compactării, verificarea făcându-se conform STAS 9850-89.

6.1.2. Verificarea lucrărilor de compactare se face de către personal atestat aparținând unei instituții, unui laborator sau agent economic, conform "Normei metodologice privind autorizarea laboratoarelor de încercări în construcții" publicată în Buletinul Construcțiilor nr. 4 din 1996, autorizat pentru profilul geotehnic și teren de fundare (GTF).

Verificările compactării se fac în următoarele faze:

- înainte de începerea execuției;
- pe parcursul execuției;
- în vederea recepției finale.

6.1.3. Prima verificare - aceea înainte de începerea execuției - se face după pregătirea amprizei la cota din proiect și este premergătoare așternerii primului strat. Ea constă în analiza vizuală a terenului natural și confruntarea cu studiul geotehnic și se face de către reprezentanții constructorului, proiectantului, beneficiarului împreună cu geotehnicianul, după cum s-a menționat la pct. 3.1 "*Pregătirea amprizei construcției*".

6.1.4. Verificările pe parcursul execuției se fac periodic pe fiecare strat pus în lucrare.

- Verificările periodice constau în asigurarea prevederilor din proiect referitoare la calitatea materialului pus în operă, grosimea stratului înainte de compactare și tehnologia de execuție (număr de treceri, viteza de deplasare etc.)
- Verificările pe fiecare strat se fac prin laboratorul de șantier în nodurile unei rețele dreptunghiulare sau triunghiulare, asigurându-se determinări la o densitate conform prevederilor proiectului. Aceste verificări urmăresc dacă a fost realizat gradul de compactare prevăzut în proiect. Nu se poate trece la execuția unui strat dacă stratul precedent nu a fost verificat și găsit corespunzător.

Metoda de verificare este obligatoriu aceea folosită în poligonul experimental.

6.1.5. Verificările finale, în vederea recepției, se face pe întreaga înălțime a lucrării sau pe etape dinainte stabilite dacă lucrarea este de mari dimensiuni. Metoda de determinare și densitatea punctelor de investigație se stabilesc în proiect.

6.1.6. Recepția lucrării se face la fața locului de către reprezentanții beneficiarului, executantului, proiectantului și de către geotehnician pe baza tuturor verificărilor efectuate, care întocmesc un proces-verbal de recepție ce se anexează la cartea construcției.

6.2. Metode

6.2.1. Asigurarea unei bune calități a umpluturii impune un control operativ al cărui rezultate să fie obținute în timp util pentru a se putea interveni în procesul tehnologic. În acest scop s-au pus la punct metode rapide de determinare a umidității pământurilor și a gradului de compactare obținut, determinări ce se execută atât pe șantier, în ampriza lucrării, cât și în laboratorul geotehnic de șantier.

6.2.2. O altă serie de determinări ca: greutatea specifică a rocilor, limitele de plasticitate, analiza granulometrică, rezistența la forfecare, modul de deformare edometrei etc. care nu au o legătură imediată cu controlul compactării, fac de obicei obiectul unor studii de laborator întreprinse în colaborare cu organizația de proiectare.

6.2.3. Metodele de verificare a compactării urmăresc să arate în ce măsură valoarea greutatei volumice în stare uscată γ_d (stabilită prin încercări Proctor și menționată în proiect) a fost realizată în condițiile de șantier.

După obiectul pe care îl au, metodele de verificare a compactării pe șantier se împart în două categorii:

- metode directe care se aplică direct pe șantier, asupra stratului compactat;
- metode indirecte care se aplică asupra unor probe luate din stratul compactat și analizate în laboratorul geotehnic.

6.2.3.1. Metodele directe, din care fac parte metoda penetrării și metoda radiometrică, sunt în general foarte rapide, rezultatele obținându-se în câteva minute, ceea ce oferă un mare avantaj prin aceea că în același interval de timp și cu același personal se pot face mult mai multe probe - fără a deranja suprafața stratului compactat. Deși aceste metode obligă la tararea aparatului prin construcția unor curbe etalon (realizate prin metode indirecte) care se diminuează, în parte, precizia determinării, prin marele număr de determinări posibile ele sunt deosebit de utile în asigurarea unei verificări într-un mare număr de puncte de depistarea eventualelor zone slab compactate.

Determinarea greutatei volumice după compactare, a pământului pus în operă se poate face direct pe șantier prin metoda gropilor, care constă în extragerea și cântărirea cantității de pământ dintr-o groapă de formă prismatică executată în stratul compactat și determinarea volumului gropii. Greutatea volumică a materialului compactat se calculează prin raportarea greutateii pământului extras din groapă la volumul gropii.

6.2.3.2. Metodele indirecte, aplicate asupra unor probe luate din stratul compactat, sunt mai precise, dar necesită o deranjare a suprafeței de lucru, iar analizele propriu-zise au o durată de timp cuprinsă între 1-8 ore.

O organizare eficientă a controlului compactării trebuie să utilizeze ambele metode, rezultatele obținute prin metode directe fiind verificate și precizate prin metode indirecte. În cele ce urmează se prezintă sumar câteva din metodele folosite curent în construcțiile de pământ.

- Determinarea greutateii volumice pe probe prelevate în ștanțe din sondaje deschise (STAS 1913/15-75).
- Determinarea greutateii volumice cu folia de material plastic (STAS 1913/15-75). În acest caz se măsoară volumul gropii cu apă sau nisip monogranular.
- Metode pentru determinarea greutateii volumice mai rar folosite sunt: dezlucuirea volumului prin imersarea probei în mercur precum și extragerea de monoliți din strat, (cuburi) cărora li se poate măsura volumul și greutatea.
- Determinarea greutateii volumice prin măsurători radiometrice executate în foraj (STAS 1242/9-76).
- Sondaje de penetrare statică (STAS 1242/6-76).
- Sondaje de penetrare dinamică cu con (Instrucțiuni Tehnice - Indicativ C 159-89).

În [fig. 9](#) este prezentat un echipament complet pentru determinarea rapidă a compactării pe șantier (balanță, site, penetrometru etc.).

Pentru verificarea compactării terasamentelor realizate din materiale macrogranulare (bolovănișuri și anrocamente) se practică determinarea greutateii volumice cu folia și cu nisip calibrat.

Pentru determinarea tasărilor și rezistențelor la compresiune la terasamente cu volume mari se folosește metoda încercărilor cu placa de compresiune. (STAS 8942/3-90).

Determinarea umidității pământurilor se poate face prin mai multe metode, clasificate după principiul de evidențiere a conținutului de apă:

- metoda de determinare a umidității prin uscare;
- metoda chimice de determinare a umidității;
- metode picnometrice de determinare a umidității;
- metode bazate pe cântărirea hidrostatică.

Pentru balasturi și anrocamente se folosește metoda uscării pe tavă.

[\[top\]](#)

7. MĂSURI DE TEHNICA SECURITĂȚII MUNCII

La executarea compactării terasamentelor se vor respecta prevederile generale și cele specifice din normativele republicane de protecția muncii în lucrările de construcții montaj.

- Norme republicane de protecția muncii aprobate de Ministerul Sănătății și Ministerul Muncii cu ordinul nr. 60 și 34/75, inclusiv modificările aduse prin Ord. 110/1977 al Ministerului Muncii și 39/77 al Ministerului Sănătății.
- Norme de protecția muncii în activitatea de construcții montaj aprobate de M.C.Ind cu ord. nr. 1233/D din 29.12.1980.

În cazuri speciale proiectantul împreună cu executantul lucrării pot stabili de comun acord măsuri specifice corespunzătoare, în vederea asigurării condițiilor de protecția muncii.

Tabelul nr. 1

Parametrii compactării pentru câteva tipuri de pământuri și utilaje recomandate

Tipul pământului	Utilajul de compactare	Grosimea stratului m	Numărul de treceri	Viteza de lucru km/h	Productivitatea m ³ /h
Blocuri din piatră, anrocamente, bolovani	Rulouri vibratoare grele (6-10 t)	1 - 2	4 - 6	1,5 - 2,5	300 - 800
	Placă vibratoare grea (2 t)	0,5 - 1	4 - 6	0,5	50 - 100

	Compactoare pe pneuri (40-50 t)	0,6 - 1	2 - 6	2,3	250 - 600
	Maiuri și plăci bătătoare grele	0,5	4	-	60 - 80
Pietrișuri sau balasturi cu puține sau fără fracțiuni fine	Rulouri vibratoare grele	0,5 - 0,6	3 - 4	1,5 - 2,5	250 - 750
	Placă vibratoare	0,7 - 0,8	2 - 3	0,5	80 - 120
	Compactoare pe pneuri grele	0,25 - 0,40	2 - 8	2 - 3	250 - 900
	Rulouri netede (8-10t)	0,10 - 0,20	4 - 6	1,5 - 2,5	15 - 30
	Maiuri mecanice (broască)	0,4	2 - 3	0,5	50
Pietriș și balast argilos	Rulouri vibratoare grele	0,4 - 0,6	6 - 80	1,5 - 2,5	80 - 120
	Compactoare pe pneuri grele	0,1 - 0,4	6 - 10	2 - 3	100 - 200
	Placă vibratoare	0,5 - 0,6	5 - 6	0,5	50
	Maiuri mecanice	0,3 - 0,4	3 - 4	0,5	20
	Rulouri netede (8-10t)	0,15 - 0,20	5 - 6	1,5 - 2	10 - 20
Nisipuri uniforme și neuniforme cu pietriș cu sau fără fracțiuni fine	Rulouri vibratoare (5t)	0,5 - 0,6	3 - 4	1,5 - 2,0	350 - 450
	Plăci vibratoare	0,7 - 0,8	2 - 3	0,4	70 - 80
	Compactoare pe pneuri grele	0,3 - 0,5	4 - 6	2 - 3	200 - 400
	Rulouri netede (8-10t)	0,2	5 - 6	1,5 - 2	12 - 30
	Maiuri mecanice (broască)	0,4	2 - 3	0,5	30
Nisipuri prăfoase și nisipuri argiloase	Rulouri vibratoare (4-5t)	0,4 - 0,6	5 - 6	1,5 - 2	200 - 280
	Plăci vibratoare	0,5	5 - 6	0,4	50
	Compactoare pe pneuri ușoare	0,2	8 - 10	5	100 - 200
	Compactoare pe pneuri grele	0,3 - 0,4	8 - 10	2 - 3	150 - 200
	Maiuri mecanice (broască)	0,4	3 - 4	0,5	25
Prafuri, nisipuri foarte fine, nisip fin prăfos sau argilos cu	Rulouri picior de oaie (6t)	0,2	10 - 16	2,5 - 5	30 - 40
	Rulouri picior de oaie (16t)	0,2	8 - 12	1,5 - 2,5	25 - 30

plasticitate redusă	Compactoare pe pneuri grele	2,0 - 3,0	8 - 10	2 - 3	100 - 150
	Maiuri mecanice (broască)	0,3	3 - 5	0,4	25 - 30
Argile cu plasticitate redusă sau medie, argile nisipoase sau prăfoase	Compactoare pe pneuri grele	2,0 - 3,3	10 - 12	2 - 3	80 - 120
	Rulouri picior de oaie (16t)	0,2	8 - 12	1,5	25 - 30
	Rulouri picior de oaie (6t)	0,2	10 - 14	4,5	30 - 40
	Maiuri mecanice (broască)	0,3	4 - 5	0,4	20
Argile cu plasticitate ridicată	Compactoare pe pneuri grele	0,2 - 0,3	12 - 14	2 - 3	60 - 100
	Rulouri picior de oaie (16t)	0,2	8 - 14	1,5 - 2,5	20 - 30
	Maiuri mecanice (broască)	0,2	4 - 6	0,4	15 - 20

[\[top\]](#)