

## CONSIDERAȚII ASUPRA VERIFICĂRILOR EXECUTATE ÎN CADRUL LUCRĂRILOR DE ÎMBUNĂTĂȚIRE A TERENURILOR SLABE DE FUNDARE

### REFLECTIONS ON THE TESTS FOR THE IMPROVEMENT WORKS OF FOUNDATION WEAK SOIL

Oana TONCIU

șef lucrări dr. ing. Universitatea Tehnică de Construcții București, Romania  
[oana\\_tonciu@yahoo.com](mailto:oana_tonciu@yahoo.com)

**Rezumat:** *Lucrarea prezentată se constituie într-o sinteză a tuturor verificărilor ce se execută în scopul realizării unor lucrări de îmbunătățire a terenurilor slabe de fundare de calitate. Astfel, aceste operațiuni se grupează în trei categorii: verificări executate înainte de începerea lucrărilor (verificări preliminare), verificări desfășurate pe parcursul executării lucrărilor și verificări finale ale calitatii lucrărilor. Procedurile specifice executării acestor verificări sunt reglementate de prescripții tehnice aferente.*

**Cuvinte cheie:** *verificări, îmbunătățire teren slab fundare*

**Abstract:** *This paper presented constitutes a synthesis of all the tests to be executed for the realization of works to improve the quality weak soil foundation. Those operations are grouped into three categories: preliminary tests, tests conducted throughout the works and final tests of the quality of works. Specific procedures are governed by the execution of these tests related technical prescriptions.*

**Keywords:** *tests, improving weak soil foundation*

#### 1. VERIFICĂRI ÎNAINTE DE ÎNCEPEREA LUCRĂRILOR (PRELIMINARE)[2]

Înainte de începerea lucrărilor de îmbunătățire a terenurilor slabe de fundare, se execută o serie de verificări preliminare, comune în general tuturor lucrărilor. Aceste verificări sunt indicate în schema din figura 1.

Considerații asupra verificărilor executate în cadrul lucrărilor de îmbunătățire a terenurilor slabe de fundare

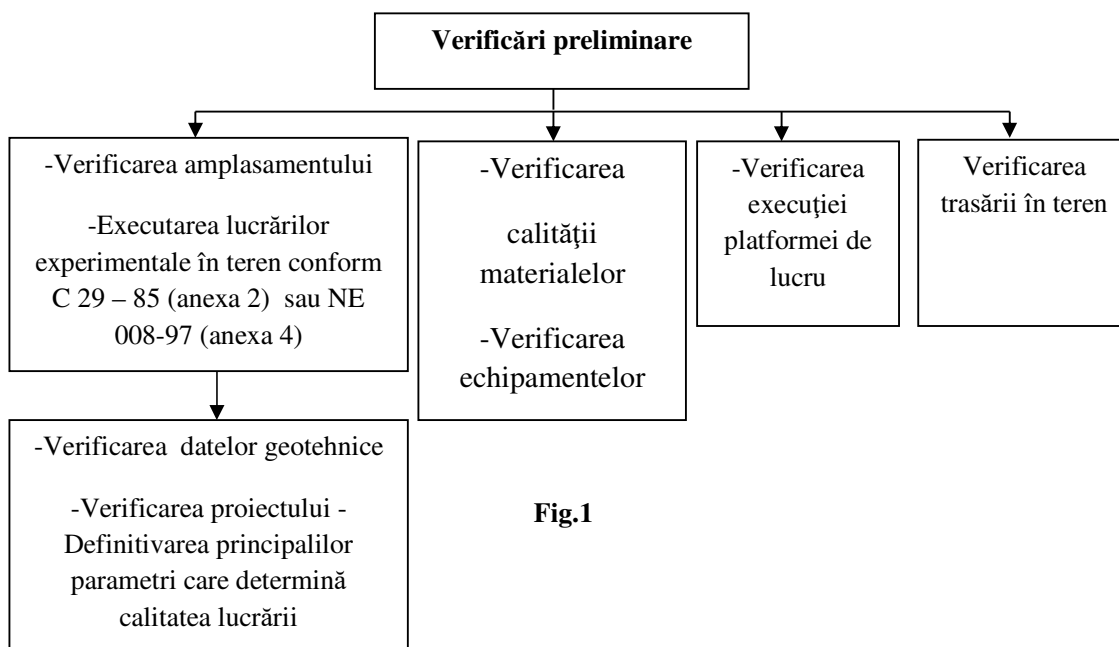


Fig.1

## 2. VERIFICĂRI PE PARCURSUL EXECUȚIEI LUCRĂRILOR ȘI VERIFICAREA FINALĂ A CALITĂȚII LUCRĂRILOR [2]

### 2.1. Îmbunătățirea terenurilor prin compactare cu maiul greu și foarte greu

În tabelul 1 sunt indicate principalele verificări care se desfășoară pe parcursul și la sfârșitul lucrărilor de îmbunătățire prin compactare cu maiul greu și foarte greu, precum și câteva sisteme automate de control deținute de firme specializate din domeniu.

Tabelul 1

Nr. crt.	Verificări pe parcursul execuției	Verificări finale și reglementările legislative specifice (aferente)	Sisteme automate de control
1.	Verificarea energiei de compactare (pentru o lovitură, pentru diferite faze și energia totală);	- verificarea prin cântărire conform STAS 1913/3 – 76 a probelor prelevate prin foraje conform STAS 1242/4-85	Sistem B-Tronic System  (controlul automat al trolului, setarea numărului de cicluri, oprirea mașinii în funcție de efectul de compactare obținut)  Sistemele GPS de înregistrare automată montate pe echipamentele

			Cofra
2.	Verificarea masei maiului și a înălțimii de cădere a maiului pentru fiecare fază (determinate experimental)	- verificarea prin sondaje de penetrare statică executate conform C159-1989	
3.	Verificarea numărului de lovituri pentru fiecare fază	-verificări prin sondaje radiometrice efectuate conform STAS 1242/9-76	
4.	Verificarea intervalului de timp între faze	-se alege metoda de verificare stabilită în poligonul experimental	
5	Verificarea umidității pământului	-se urmărește verificarea gradului de compactare, a adâncimii de compactare și a omogenității compactării terenului	
6.	Verificarea respectării procedurii de execuție		
7.	Aprecierea efectului de compactare în timpul baterii(tasări)		
8.	Verificarea compactării stratului superficial		
9.	Verificarea poziției amprentelor		

Verificarea finală a lucrărilor de îmbunătățire a terenului se face prin compararea valorilor unor mărimi caracteristice obținute pe probele de pământ din lucrare, respectiv din sondaje radiometrice sau de penetrare statică, cu valorile obținute în cadrul lucrărilor de compactare experimentală, la întocmirea diagramelor etalon.

## 2.2. Îmbunătățirea terenurilor prin executarea unor coloane

În tabelul 2 sunt indicate principalele verificări care se desfășoară pe parcursul și la sfârșitul lucrărilor de îmbunătățire prin executarea unor coloane, precum și câteva sisteme automate de control deținute de firme specializate din domeniu.

Considerații asupra verificărilor executate în cadrul lucrărilor de îmbunătățire a terenurilor  
slabe de fundare

Tabelul 2

Metoda de îmbunătățire	Verificări pe parcursul execuției	Verificări finale și reglementările legislative specifice (afereente)	Sisteme automate de control
<b>Coloane de pământ (prin batere)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•verificarea realizării parametrilor stabiliți în proiectul de execuție a lucrărilor (după efectuarea verificărilor experimentale):</li> <li>• verificarea cantității și calității pământului deversat în gaură</li> <li>• verificarea verticalității coloanelor</li> <li>• verificarea distanței dintre coloane</li> <li>• adâncimea și diametrul coloanei</li> <li>•numărul de lovituri pentru compactarea unei porții de pământ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• verificarea compactării în adâncime prin sondaje radiometrice (se compară cu diagrama etalon)</li> <li>• verificarea compactării în adâncime prin penetrare statică (se compară cu diagrama etalon)</li> <li>• verificarea densității pământului în stare uscată (<math>\rho_{dm}</math>) la nivelul tălpii de fundare, prin metoda cântăririi</li> </ul>	
<b>Coloane densificate prin vibroflotare, coloane vibropresate, coloane executate prin vibroînlocuire</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• verificarea realizării parametrilor stabiliți în proiectul de execuție a lucrărilor</li> <li>• verificarea verticalității coloanelor din material granular</li> <li>• timpul necesar executării găurii (până la adâncimea maximă prescrisă în proiect) precum și timpii intermediari de extracție a vibratorului</li> <li>• verificarea prezenței umflărilor sau tasărilor suprafeței terenului</li> <li>• verificarea variațiilor importante în consumul materialului granular folosit la executarea coloanelor de aceeași lungime</li> <li>• dacă materialul de umplutura</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•analiza vizuală a terenului îmbunătățit cu coloane din material granular;</li> <li>•examinarea fișelor de evidență completate în timpul execuției lucrării</li> <li>• compararea cantității de balast prevăzută de proiectant cu cantitatea reală (efectivă) pusă în operă și eventual, recalcularea parametrilor procesului de îmbunătățire</li> <li>• încercări de penetrare statică sau dinamică efectuate atât în interiorul corpului coloanelor cât și între coloane;</li> </ul>	B-Tronic (soft al firmei Bauer) înregistrează: productivitatea, adâncimea de lucru, timp și viteză de execuție a fiecărei etape, consumul de energie al vibratorului de adâncime

	<p>este importat, se verifică cantitatea, originea, tipul și granulozitatea materialului</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• dacă materialul de umplură nu este importat, se verifică tasarea suprafeței terenului</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• încercări prin încărcare directă a terenului îmbunătățit cu plăci rigide.</li> <li>• încercarea cu dilatometrul (se determină modulii de deformare)</li> </ul>	
<p><b>Coloane de beton</b></p> <p>(incluziuni rigide)</p>	<p>Verificări comune cu ale piloților de îndesare</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• verificarea consumului de beton turnat pentru obținerea coloanelor și comparația cu consumul teoretic</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• verificarea calității de execuție a stratului de transfer</li> <li>• încercări referitoare la capacitatea portantă a incluziunilor</li> <li>• teste privind continuitatea incluziunilor (teste sonice de integritate)</li> <li>• verificarea calității betonului</li> </ul>	<p>B – Tronic (Bauer)</p> <p>înregistrează: productivitatea, adâncime de forare, presiune beton, profilul coloanei, consumul energiei vibratorului sau energia de forare</p>

### 2.3. Îmbunătățirea terenurilor prin drenare, preumezire, congelare

În tabelul 3 sunt indicate principalele verificări care se desfășoară pe parcursul și la sfârșitul lucrărilor de îmbunătățire prin drenare, preumezire și congelare.

Tabelul 3

Metoda de îmbunătățire	Verificări pe parcursul execuției	Verificări finale
<p><b>Îmbunătățire prin drenare</b></p> <p>(drenuri prefabricate, drenuri din nisip)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• controlul vizual zilnic al materialelor și produselor ce intră în proces</li> <li>• verificarea poziției fiecărui dren</li> <li>• verificarea adâncimii de instalare a drenului</li> <li>• verificarea presiunii laterale a terenului (prin măsurări înclinometrice)</li> <li>• verificarea tasării verticale</li> <li>• verificarea modului de înădare a drenului</li> <li>• verificarea tăierii drenului, după extragerea mandrinei, astfel încât să se asigure un contact ferm cu salteaua</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• recepția lucrării se face la faza de execuție</li> <li>• verificarea amplasamentului care trebuie să corespundă cu prevederile proiectului</li> <li>• măsurarea tasării;</li> <li>• măsurarea presiunii apei din pori, (presiunea apei din pori se măsoară cu ajutorul</li> </ul>

Considerații asupra verificărilor executate în cadrul lucrărilor de îmbunătățire a terenurilor  
slabe de fundare

	<p>drenantă</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•verificarea temperaturii pământului</li> <li>•verificarea cantității de nisip introdus în drenuri (la drenuri din nisip)</li> <li>•verificări referitoare la respectarea condiției ca nisipul folosit să fie saturat cu apă în timpul procesului de instalare;</li> <li>•verificarea continuității drenului de nisip precum și a conformității dintre diametrul drenului și cerințele din proiect</li> <li>•verificarea creșterii rezistenței terenului prin încercări de laborator realizate pe probe prelevate și/sau încercări in situ</li> <li>•măsurarea presiunii apei din pori</li> </ul>	<p>piezometrelor amplasate la diferite adâncimi)</p>
<p><b>Îmbunătățire prin preumezire (preumezire simplă, preumezire cu explozii de adâncime)</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•verificarea respectării tehnologiei de săpare a incintei la dimensiunile date în proiect și amenajarea fundului săpăturii;</li> <li>•verificarea obținerii unei suprafețe plane orizontale (pe porțiunea centrală a incintei) și a pantelor zonelor marginale ale incintei;</li> <li>•verificarea așternerii unui strat de balast cu grosime de 10 – 15 cm;</li> <li>•monitorizarea zilnică a cantităților de apă debitate (prin citiri pe apometre);</li> <li>•verificarea menținerii continue a nivelului constant de apă în incintă;</li> <li>•verificarea săptămânală a variației umidității în adâncime (după întreruperea inundării)</li> <li>•verificarea părții superioare a forajelor-dren care nu trebuie acoperite cu pământ</li> <li>•monitorizarea zilnică a tasărilor</li> <li>•verificarea zilnică a stării taluzurilor</li> <li>•verificarea executării compactării stratului</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•verificarea și compararea tasărilor (pentru care se întocmește grafic de variație în timpul execuției lucrărilor)</li> <li>•prelevarea de probe la ștuț din metru în metru (prin executarea de foraje), pe întreaga adâncime a terenului sensibil la umezire. Probele recoltate sunt supuse încercărilor specifice în laborator;</li> <li>•încercări presio-metrice (pentru determinarea tasărilor și a capacității portante a terenului)</li> </ul>

	<p>superficial rămas neconsolidat</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•verificarea opririi inundării atunci când s-a atins volumul de apă infiltrat stabilit în proiect;</li> <li>•verificarea producerii exploziilor așa cum este prevăzut în procedurile specifice acestui tip de activitate</li> <li>•monitorizarea tasărilor instantanee (prin măsurători de nivelment) produse ca efect imediat al exploziilor;</li> </ul>	
<b>Îmbunătățire prin congelare</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•verificarea executării forajelor (pentru introducerea sondelor) conform procedurii;</li> <li>•măsurarea și monitorizarea temperaturii agentului frigorific</li> <li>•verificarea realizării circuitului frigorific conform procedurii;</li> <li>•verificarea distribuției temperaturii în teren</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•măsurarea presiunii apei din pori</li> </ul>

#### 2.4. Îmbunătățirea terenurilor prin injectarea în pământ a unui fluid (injecție, injecție la înaltă presiune, injecție și amestecare)

În tabelul 4 sunt indicate principalele verificări care se desfășoară pe parcursul și la sfârșitul lucrărilor de îmbunătățire prin injectarea în pământ a unui fluid, precum și câteva sisteme automate de control deținute de firme specializate din domeniu.

Tabelul 4

Metoda de îmbunătățire	Verificări pe parcursul execuției	Verificări finale	Sisteme automate de control
<b>Îmbunătățire prin injecții</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•verificarea aplicării tehnicii de foraj conform procedurii și a protejării capului forajului pentru evitarea contaminărilor</li> <li>•verificarea spălării găurilor de foraj, în scopul evacuării detritusului și al deschiderii crăpăturilor sau fisurilor (în roci)</li> <li>•verificarea corespondenței cu proiectul a numărului și poziției</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•încercări de permeabilitate</li> <li>•încercări de injectare de apă cu gradient constant sau variabil</li> <li>•încercări mecanice in – situ</li> <li>•încercări mecanice în laborator</li> <li>•încercări de tip Lugeon</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Sisteme SPICE sau GROUT I.T. - măsoară în timp real volumul de lichid injectat, presiunea de injecție prevăzută și efectivă, debitul de injecție, valoarea aparentă a permeabilității, timpul de pornire și oprire a injecției și durata totală.</li> </ul>

Considerații asupra verificărilor executate în cadrul lucrărilor de îmbunătățire a terenurilor  
slabe de fundare

	<p>forajelor, a diametrului, adâncimii și înclinării forajelor;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•verificarea respectării metodei de injectare, a numărului de pași de injectare, a tipului de fluid introdus și ai parametrilor de injectare</li> <li>•verificarea amplasării unei stații de releu intermediară atunci când instalația de preparare a fluidului se află la distanță mare de punctul de injectare</li> <li>•verificarea instalării unui sistem de spălare a fluidului de ocolire atunci când există tendința de ocolire a obturatoarelor (în special la injectarea ascendentă)</li> <li>•verificarea măsurilor de precauție care trebuie luate în apropierea construcțiilor sensibile, astfel încât deformațiile și deplasările obținute ale terenului să fie sub niște valori limită</li> <li>•verificarea executării injecțiilor începând de la periferia zonei de tratament către zona centrală</li> <li>•monitorizarea creșterii locale a temperaturilor și a stării de eforturi induse în cazul injectării unui volum mare de ciment într-un spațiu închis</li> </ul>	<p>(în roci)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•încercări de compresiune și/sau de forfecare</li> <li>•măsurarea deplasărilor</li> </ul>	<p>•Sistem CASTAUR</p>
<p><b>Îmbunătățire prin injecții la presiune înaltă (Jet Grouting)</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• verificarea execuției forajului, pe lungimea indicată în proiect și conform procedurii</li> <li>• verificarea trimerii fluidului de dezagregare și stabilizare a pământului prin monitor, concomitent cu extracția și rotirea tijelor și cu respectarea parametrilor prestabiliți: viteză de extracție și de rotire a tijelor, presiune de pompare și debitul</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•încercări pentru evaluarea geometriei elementului de pământ – ciment (prin executarea de carotaje sau foraje distructive executate înclinat față de axa elementului măsurat);</li> <li>•încercări mecanice</li> <li>•încercări de permeabilitate – prin încercări de pompare a apei în foraje</li> </ul>	<p><b>Sistemul B – Tronic (firma Bauer) și MB – S 4 (firma Klemm)</b> monitorizează: presiunea jetului de fluid, viteza de rotație a trenului de tije, debitul fluidului, înclinarea pe două direcții, adâncimea</p>



	<p>fluidelor.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•verificarea deviațiilor înclinării axei forajului în raport cu valoarea sa teoretică</li> <li>•verificarea spațiului inelar dintre gaura forajului și trenul tijelor de jet</li> <li>•verificarea vizuală continuă a aspectului detritusului și a debitului acestuia la gura forajului</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•măsurări piezometrice</li> </ul>	
<p><b>Îmbunătățire prin injecție și malaxare</b></p> <p>(stabilizare în masă în blocuri sau în straturi, coloane de pământ stabilizat)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•verificarea poziționării echipamentului și organului de lucru pe locația fiecărei coloane</li> <li>•verificarea adâncimii de stabilizare prescrise în proiect</li> <li>•verificarea parametrilor de injecție: presiune, debit</li> <li>•verificarea vitezei de pătrundere și retragere a organului de malaxare</li> <li>•verificarea turației oranului de malaxare</li> <li>•verificarea verticalității coloanelor</li> <li>•monitorizarea presiunii apei din pori</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•încercări în teren: <ul style="list-style-type: none"> <li>-cu penetrometrul cu con</li> <li>-încercarea de pătrundere inversă</li> <li>-încercarea presiometrică</li> <li>-încercări cu placa</li> <li>-sondare sau prelevare de carote și/sau extragerea de coloane întregi;</li> </ul> </li> <li>• determinarea directă a proprietăților mecanice: încercări presiometrice;</li> <li>• încercări de permeabilitate</li> <li>• încercări în laborator pe probe obținute prin prelevare în stare proaspătă sau obținute prin carotare</li> <li>•încercări de compresiune simplă,</li> </ul>	<p>Sistem AlluDac înregistrează suprafața și numărul de coloane (blocuri) stabilizate; fluxul de liant; presiunea de lucru; timpii de începere, respectiv de terminare ai alimentării cu liant; cantitatea totală de liant utilizată</p>

Considerații asupra verificărilor executate în cadrul lucrărilor de îmbunătățire a terenurilor  
slabe de fundare

		încercări cu edometrul	
--	--	------------------------	--

### 3. CONCLUZII

În concluzie, verificările preliminare sunt comune tuturor lucrărilor, indiferent de procesul de îmbunătățire a terenurilor slabe de fundare ce urmează a fi executat. Verificările efectuate pe parcursul execuției lucrărilor precum și cele ce atestă calitatea finală a procesului trebuie să respecte întocmai prescripțiile tehnice de specialitate, în unele situații existând posibilitatea utilizării unor sisteme automate de control deținute de firme de profil.

### BIBLIOGRAFIE

- [1] Contract 521/29.10.2012 “*Caracteristici specifice și cerințe privind procedee tehnologice și echipamente performante pentru asigurarea calității și eficienței lucrărilor de construcții. Faza 2. Stabilirea cerințelor, procedurilor și sistemelor instrumentale de asigurare și monitorizare a calității lucrărilor*”
- [2] Contract 521/29.10.2012 “*Caracteristici specifice și cerințe privind procedee tehnologice și echipamente performante pentru asigurarea calității și eficienței lucrărilor de construcții. Faza3. Raport final. Sinteza informațiilor necesare pentru asigurarea calitatii si eficienței lucrărilor de construcții. Masuri ce trebuie luate pentru asigurarea unei abordari coerente, eficiente si predictibile pentru alegerea si definirea unui procedeu tehnologic in conexiune cu echipamentele de executie pentru atingerea performantei predictibile*”