

ALEGEREA SOLUȚIEI DE ÎMBUNĂȚĂȚIRE A TERENURILOR SLABE DE FUNDARE – DOMENII DE UTILIZARE RECOMANDATE

CHOICE SOLUTIONS TO IMPROVE WEAK FOUNDATION SOIL LAND - RECOMMENDED DOMAIN

Oana TONCIU

Șef lucrări dr. ing. – Facultatea de Utilaj Tehnologic, Calea Plevnei nr. 59
Universitatea Tehnică de Construcții București, Romania
oana_tonciu@yahoo.com

Rezumat: În această lucrare, în urma unei analize a prescripțiilor tehnice din domeniu, a informațiilor prezentate în referințele bibliografice precum și a siteurile firmelor specializate, s-a realizat o sinteză a domeniilor de utilizare recomandate pentru alegerea soluției de îmbunătățire a terenurilor slabe de fundare precum și a avantajelor și dezavantajelor specifice fiecărei metode tehnologice.

Cuvinte cheie: îmbunătățirea terenurilor slabe de fundare, domenii de utilizare

Abstract: In this paper, following an analysis of prescriptions in the field, the information presented in the references and the websites of specialized companies, has achieved a synthesis of fields of application recommended for choosing the solution to improve weak soil foundation and specific advantages and disadvantages of each method technology.

Keywords: improving weak soil foundation, recommended domain

1. INTRODUCERE

Alegerea procedurii de îmbunătățire a terenului slab de fundare depinde de destinația și soluția constructivă adoptată pentru construcția amplasată pe terenul respectiv. Rezultatul urmărit poate fi obținut de la caz la caz, fie acționând numai prin îmbunătățirea terenului slab, fie numai prin măsuri de adaptare a construcției la comportarea terenului slab neîmbunătățit sau acționând asupra amândurora astfel încât să rezulte o conlucrare satisfăcătoare între ele pentru comportarea construcției în exploatare.

O primă problemă care se pune este cea alegerii între soluția de îmbunătățire a terenului și soluția de fundare pe piloți. Soluția fundării pe piloți la construcții se adoptă în cazul în care terenul bun de fundare se găsește la adâncime mare, iar încărcările date de construcție sunt mari. De asemenea, evitarea tasărilor mari este un motiv de alegere a acestei variante.

Adoptarea soluției de fundare pe piloți se face numai în baza unui studiu tehnico-economic prin care să se demonstreze că această soluție este mai avantajoasă prin comparație cu alte soluții de fundare directă de suprafață pe teren natural sau pe teren îmbunătățit.

2. DOMENII DE UTILIZARE A SOLUȚIILOR DE ÎMBUNĂȚIRE A TERENURILOR SLABE DE FUNDARE [2]

Domeniile de utilizare recomandate pentru diferite metode de îmbunătățire a terenurilor sunt prezentate în tabelul 1. De asemenea, sunt enumerate în același tabel avantajele și dezavantajele aplicării fiecărei soluții de îmbunătățire.

Tabelul 1

Nr. crt.	Procedul tehnologic de îmbunătățire a terenului	Domenii de utilizare	Avantaje/dezavantaje ale utilizării metodei
1.	Compactare cu maiul greu	• umpluturi neconsolidate; pământuri necoezive, slab coezive sau coezive (cu precădere anrocamente, pietriș, nisip) • pământuri sensibile la umezire • când este necesară îmbunătățirea terenului de la suprafață pe o adâncime de 2...3 m • când suprafețele de compactat au dimensiunea minimă de cel puțin 3 m • când adâncimea relativ redusă de compactare (0,7 m...1,5 m) ce se poate realiza cu maiul greu este totuși suficientă pentru a elimina tasarea suplimentară prin umezire • când este necesară realizarea prin compactare a unei cruste superficiale greu permeabile, de protejare împotriva infiltrațiilor • umiditate în apropierea umidității optime de compactare ($\pm 3\%$)	• procedeu cu productivitate ridicată • procedeu economic • monitorizare GPS în timp real, astfel că, în funcție de condițiile locale din teren, se poate modifica rapid ritmul de batere precum și geometria rețelei de batere
	Compactare cu maiul foarte greu*	• pământuri argiloase – prăfoase de consistență redusă, pământuri loessoide sensibile la umezire, nisipuri afânate, umpluturi recente în apa mării din pământuri coezive și steril de carieră, umpluturi eterogene din pământ, moloz, anrocamente • pământuri necoezive, slab coezive sau coezive având caracteristicile fizice între următoarele limite: - umiditate: 5 – 60 % - limita de plasticitate: 0 – 30 % - conținut de argilă (sub $2 \mu m$): 5...40 % - densitate în stare uscată: $\rho_d = 0,8...1,5 \text{ g/cm}^3$	• rezistența mecanică crește rapid într-o primă fază (perioada de disipare a presiunii apei din pori) și apoi mult mai încet, sub efectul fenomenelor tixotropice ulterioare; • nu necesită excavare și transportul pământului • productivitate ridicată, cost redus • adâncime de compactare până la 10 - 12 m

Alegerea soluției de îmbunătățire a terenurilor slabe de fundare – domenii de utilizare recomandate

		• nu se aplică la pământuri saturate și foarte umede • se aplică atunci când este necesară o adâncime de compactare mai mare decât cea care se poate obține în cazul compactării cu maiul greu • pentru lucrări cu volum mare, datorită productivității mari	
2.	Coloane de pământ (prin batere)	• pământuri sensibile la umezire, la care zona sensibilă la umezire are grosimea mai mare de 8 m (și nu se poate compacta suficient – din punct de vedere tehnologico – economic – cu alte procedee de suprafață) • pământuri sensibile la umezire și în cazul unor grosimi mai mici (5...6 m) ale stratului, pentru unele categorii de construcții enumerate în Anexa 3 din C29/I – 85 • procedeul nu este indicat pentru lucrări sub nivelul hidrostatic și nici în terenuri a căror umiditate naturală depășește cu $\Delta\omega \geq 5\%$ limita inferioară de plasticitate • materialele de aport sunt din apropierea șantierului	• se poate executa în orice anotimp, cu respectarea condițiilor de umiditate • nu necesită evacuarea pământului • nu produce noroi • cost redus
3.	Coloane densificate prin vibroflotare **	• terenuri granulare necoezive (nisipuri și pietrișuri)	• pământurile în care sunt prezente legături între particule datorate cimentării, sucțiunii sau altor cauze nu se pretează la a fi îmbunătățite prin această metodă • acest procedeu este localizat (spre deosebire de compactarea dinamică), fapt ce permite adaptarea atât la natura straturilor cât și în adâncime • procedeul este inefficient pe o adâncime de 1-2 m de la suprafață • nu necesită evacuarea pământului • cost redus
	Coloane vibropresate **	• terenuri alcătuite din: nisip mijlociu, nisip fin, nisip prăfos, nisip argilos, argilă nisipoasă, nisip argilos prăfos, mături, aflate deasupra și sub nivelul apei subterane	• se poate executa în orice anotimp

	Coloane executate prin vibroînlocuire**	•vibroînlocuire prin procedeul uscat cu alimentare pe sus: terenuri granulare cu conținut ridicat (10 – 12 %) de material fin și terenuri coezive consistente, în care pereții găurii se pot menține la extragerea vibratorului	
		•vibroînlocuire prin procedeul uscat cu alimentare pe jos: terenuri granulare cu conținut ridicat de material fin și terenuri coezive mai moi, în care pereții găurii nu se pot menține la extragerea vibratorului; este indicat a fi aplicată în locul metodei umede	• agregatele alimentează continuu vârful vibratorului rezultând astfel o coloană continuă • se realizează un control riguros al diametrului coloanei • prăbușirea pereților găurii nu este posibilă nici în cazul terenurilor instabile datorită acțiunii aerului comprimat • nu este necesară acțiunea apei, așadar nu se formează noroi •se poate executa și în spații restrânse • este suficientă o singură penetrare •nu necesită evacuarea pământului •mai ieftine decât piloții
		•vibroînlocuire prin procedeul umed: pământuri foarte moi, în care pereții găurii nu se pot menține la extragerea vibratorului	• metoda prezintă probleme legate de alimentarea cu apă, de rigolele de scurgere, lagunele amplasamentului și depunerea materialului refulat conform legislației în domeniu
	Coloane de beton (incluziuni rigide)	•toate tipurile de terenuri compresibile (argile, nămoluri, nisipuri) inclusiv terenuri cu conținut organic ridicat și turbă	• se comportă foarte bine sub încărcări mari de suprafață • procesul se defășoară fără evacuare de material (pământ) • procedeul de introducere a incluziunilor fără vibrații, nu produce deteriorarea straturilor de suprafață astfel încât se poate lucra în apropierea structurilor sensibile • este un procedeu de îmbunătățire a terenului în masă, fapt ce permite reducerea rigidității structurii comparative cu soluția fundațiilor de adâncime

Alegerea soluției de îmbunătățire a terenurilor slabe de fundare – domenii de utilizare
recomandate

4.	Îmbunătățirea terenurilor prin drenare***	• terenuri compresibile cu permeabilitate redusă: pământuri argiloase sau prăfoase îmbibate cu apă, pământuri aluvionare	• perturbă într-o măsură mica starea celorlalte straturi din sol • evacuarea apei se produce chiar și în condițiile unor presiuni și deformății importante în teren • proces cu productivitate ridicată • punerea în lucrare nu are nevoie de apă și nu produce deșeuri • instalarea drenurilor poate fi monitorizată de un sistem automat de înregistrare a datelor
	Îmbunătățirea terenurilor prin preumezire	• terenuri sensibile la umezire (loessurile și pământurile loessoide)	
	Îmbunătățirea terenurilor prin congelare	• terenuri aflate sub nivelul hidrostatic și terenuri cu conținut suficient de apă, când nu se pot aplica alte procedee tehnologice mai ieftine	• cost ridicat de execuție din cauza costului azotului lichid • procesul de congelare care utilizează azot lichid nu este indicat șantierelor de lungă durată • congelarea terenului (utilizând ca agent refrigerant saramura) este mai lentă, realizându-se în 3...4 săptămâni. • elementele înghețate pot avea forme diverse (prin amplasarea sondelor la distanțe și în poziții aferente)
5.	Îmbunătățire prin injecții	• se aplică în special terenurilor cu permeabilitate mare; în funcție de categoria terenului se diferențiază și tipurile de suspensii utilizate la injectare, astfel: - pentru terenuri calcaroase carstice fisurate și aluvionare de granulometrie mijlocie – amestec de ciment, bentonită și silicați de sodiu - pentru terenuri nisipoase neargiloase - amestec de acetat de etil, silicat de sodiu și acvafil - pentru terenuri nisipoase argiloase - rășini sintetice (aminoplaste, fenoplaste)	• se execută cu success și în spații închise, limitate și pe înălțime • process fără vibrații • se poate executa și în straturi portante intermitente la care nu se poate ajunge prin intermediul vibratorului de adâncime • se pot folosi și la consolidarea fundațiilor existente • permite și impermeabilizarea terenului (ecrane de etanșare)

	Îmbunătățirea prin Jet Grouting****	•sistemul monofluid - jet simplu (suspensie de ciment în apă): terenuri necoezive •sistemul bifluid – jet dublu cu aer (suspensie și aer): terenuri necoezive •sistemul bifluid – jet dublu cu apă (suspensie și apă): terenuri coezive •sistemul trifluid – jet triplu (suspensie, apă și aer): terenuri coezive	• proces care se desfășoară într-un climat ridicat de securitate (înaintea oricărei excavări) •domeniu larg de utilizare • se poate aplica și în spații limitate •adâncimi de foraj teoretic nelimitate • se pot obține forme geometrice complicate ale elementelor de teren îmbunătățit • nivel redus de vibrații
	Îmbunătățire prin injecție și malaxare (stabilizare în masă în blocuri sau în straturi, coloane de pământ stabilizat)	•terenuri mlăștinoase sau acvifere instabile, prafuri și argile moi, nisipuri afânate, izolare terenuri contaminate cu diferite substanțe	• metodă de lucru rapidă, economică și facilă pentru ameliorarea terenurilor •se dispune de un sistem de măsurare și monitorizare a ansamblului procesului de stabilizare, montat pe mașină •cost redus •permite și impermeabilizarea terenului (ecrane de etanșare)

3. ALTE CONSIDERAȚII ASUPRA DOMENIILOR DE UTILIZARE A METODELOR TEHNOLOGICE DE ÎMBUNĂȚĂȚIRE A TERENURILOR SLABE DE FUNDARE [2]

* Adoptarea îmbunătățirii prin compactare cu maiul foarte greu se va face pe baza unei analize comparative cu alte metode de îmbunătățire posibil a fi aplicate din punct de vedere tehnologic (compactare cu maiul greu în două sau trei etape, îmbunătățire cu coloane de pământ sau de ballast, perne de pământ etc). Această comparație se va efectua pe baza unor criterii tehnico-economice, și anume: consum de material principale (oțel, beton, ciment), consum de energie, productivitate, timp. Observația este valabilă și pentru alte procedee tehnologice.

** Creșterea conținutului de particule fine (cu mai mult de 10%) reduce eficiența compactării. Pământurile granulare, cu un procent mic ($\leq 10\%$) de material fin ($\leq 0,6$ mm), se pot compacta în adâncime eficient, cu metoda vibrocompactării, așa cum reiese și din figura 1. În pământurile cu granulație mai mare (aflate în dreapta zonei A), este necesară preforarea sau utilizarea unui vibrator de adâncime mai puternic, pentru a putea ajunge la adâncimea maximă de compactare. Pentru terenurile aflate în zona D (cu procent mai mare de material fin), cu permeabilitate mai mică, vibrocompactarea nu este eficientă astfel că este necesară executarea coloanelor din piatră spartă.

În figura 2 sunt ilustrate domeniile de aplicare a metodelor de îmbunătățire prin vibrocompactare și vibroînlocuire, în funcție de starea și granulometria terenurilor.

Alegerea soluției de îmbunătățire a terenurilor slabe de fundare – domenii de utilizare recomandate

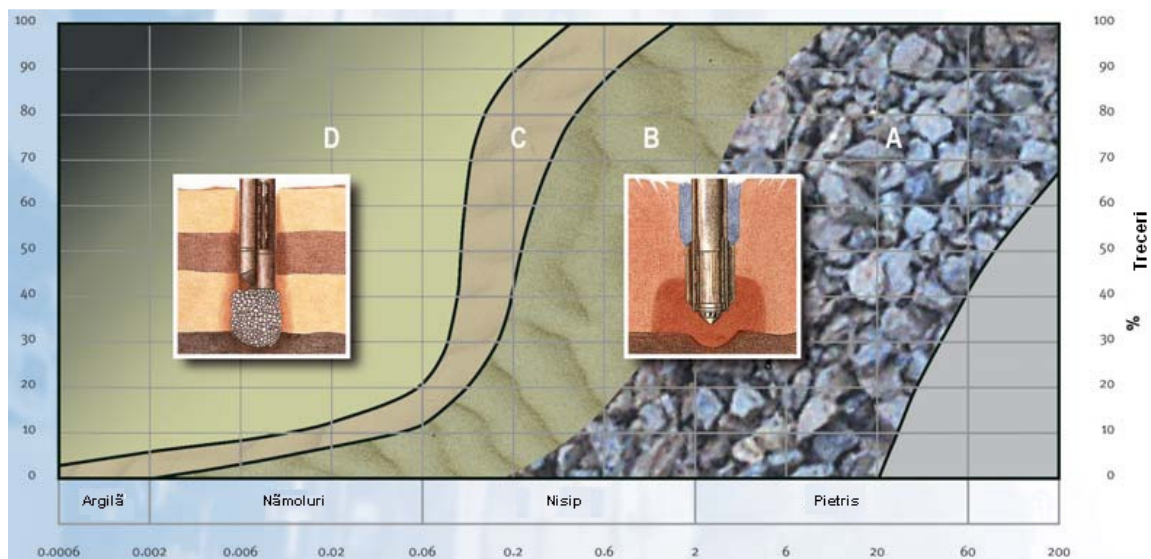


Fig. 1

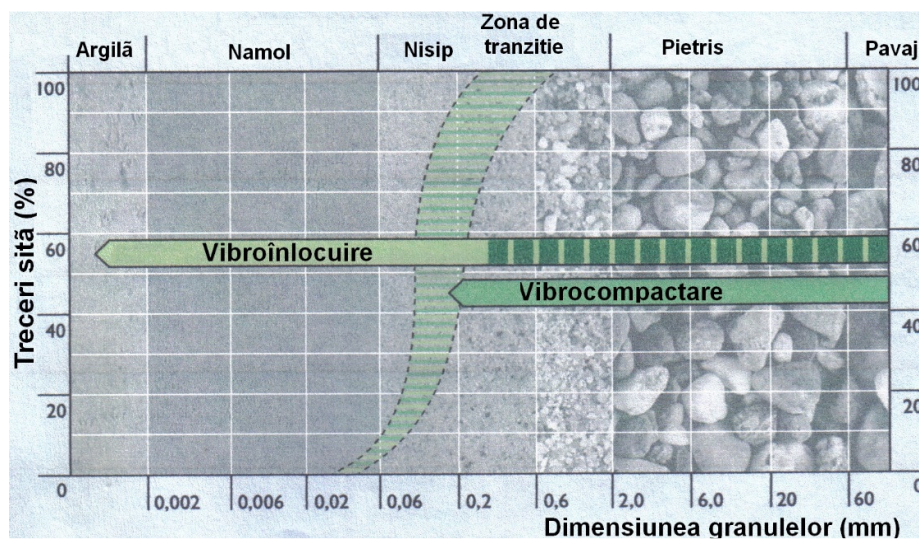


Fig. 2

** ^ În ultimii ani, drenurile prefabricate au înlocuit drenurile de nisip. Instalarea prin metode statice a mandrinei este de preferat în pământurile sensibile la remaniere.

**** Așa după cum reiese și din diagrama prezentată în figura 3 îmbunătățirea terenurilor prin metoda Jet Grouting este aplicabilă unei game foarte largi de pământuri, atât coezive cât și necoezive (doar în formațiunile de roci nu este indicat acest proces). De asemenea, în figura 4 sunt prezentate domeniile de utilizare ale diferitelor metode de injectare a terenurilor slabe de fundare, precum și domeniul în care aceste metode nu sunt economice.

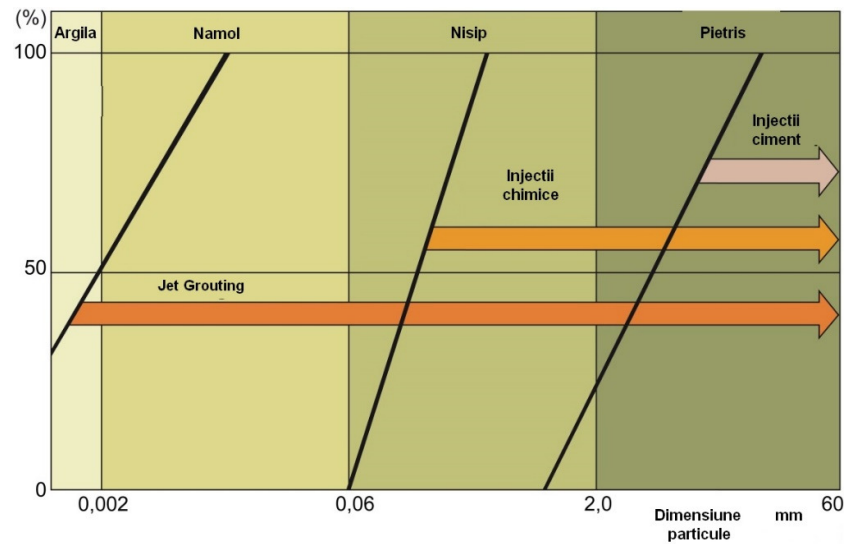


Fig. 3

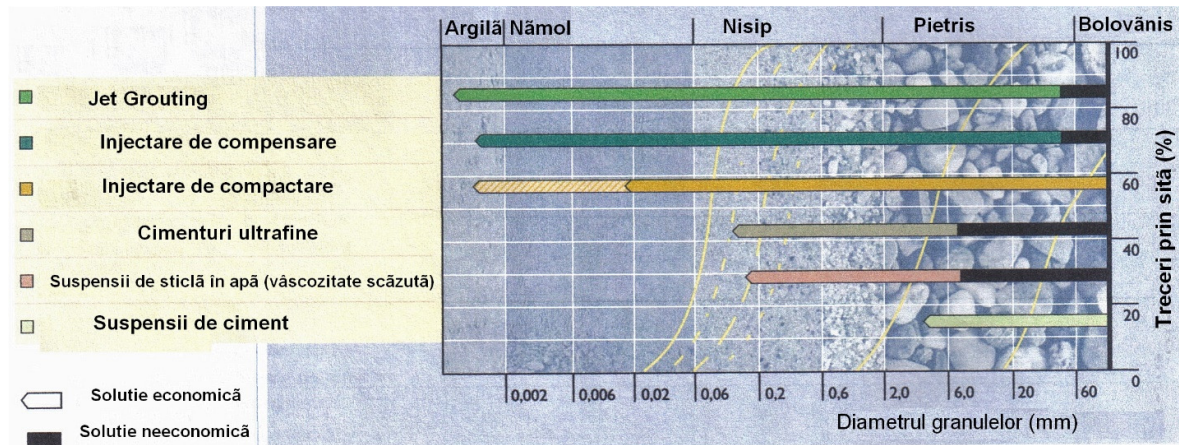


Fig. 4

În figura 5 se arată domeniul de utilizare pentru majoritatea procedeelor tehnologice folosite pentru îmbunătățirea terenurilor de fundare. În concluzie, dimensiunea granulelor este un factor important, de care trebuie să se țină seama la alegerea metodei de îmbunătățire a terenului.

Alegerea soluției de îmbunătățire a terenurilor slabe de fundare – domenii de utilizare recomandate

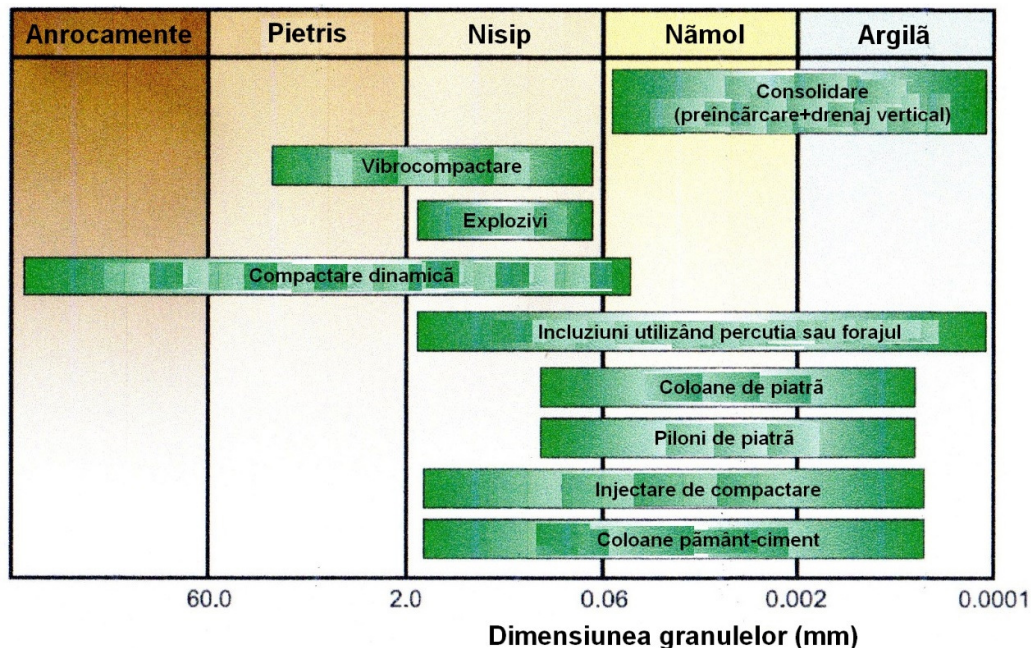


Fig. 5

În cazurile în care domeniile de aplicare ale metodelor de îmbunătățire se suprapun, alegerea soluției de îmbunătățire se va face pe baza analizei tehnico-economice comparative.

4. CONCLUZII

Domeniile de utilizare a procedeelor de îmbunătățire a terenurilor slabe de fundare se stabilesc având drept criteriu principal dimensiunile granulelor din care este alcătuit terenul.

În situația în care domeniile de aplicare ale metodelor de îmbunătățire se suprapun, alegerea soluției de îmbunătățire se va face pe baza analizei tehnico-economice comparative.

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”. Partea I. “Caracteristici specifice și cerințe privind procedee tehnologice și echipamente performante pentru asigurarea calității și eficienței lucrărilor de îmbunătățire a terenurilor de fundare. **Faza 1:** Documentare: Stabilirea condițiilor tehnologice și a cerințelor specifice lucrărilor de consolidare a terenurilor; lucrări de terasamente; lucrări de executare a piloților, coloanelor și/sau baretelor, lucrări de executare a tiranților și

ancorajelor forate; lucrări de executare a pereților de sprijinire și/sau etanșare, prin diverse metode de realizare a execuției lucrărilor de construcții”

- [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 lucrarilor de constructii. 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”*

- [3] www.bauer.com