

SELECTAREA SISTEMEI DE ECHIPAMENTE TEHNOLOGICE UTILIZATA IN CADRUL PROCESELOR DE IMBUNATATIRE A TERENURILOR SLABE DE FUNDARE

Sef lucrari dr. ing. Oana Tonciu – U.T.C.B.

Abstract: This paper presents the methodology for the selection of technological equipment systems that are used for works to improve weak foundation soil.

Thus, in this sense, based on known or projected performance technologies and list of activities is recommended:

- to establish the board of technological options for mechanization possible for each activity
- to create systems of equipment based on alternative technological solutions of complex process.

Variants of selected solutions will be then subjected to a comparative analysis on economic and technical criteria, and will result in the highest efficiency solution.

1. INTRODUCERE

Pe parcursul desfasurarii proceselor de imbunatatire a terenurilor slabe de fundare apar probleme numeroase și complexe, care pot genera o mulțime de variante posibile în ceea ce privește executarea mecanizată a lucrărilor.

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.

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

În vederea obținerii celor mai bune rezultate tehnico-economice, în funcție de condițiile concrete de lucru, este necesar ca din mulțimea de variante posibile să se aleagă o variantă, cât mai apropiată de soluția optimă. Aceasta se încadrează în zona soluțiilor admisibile.

2. CRITERIUL TEHNICO - ECONOMIC DE ALEGERE A SISTEMEI DE ECHIPAMENTE TEHNOLOGICE

Pentru a se face o analiză, cât mai complexă a condițiilor tehnico- economice de execuție mecanizată a unei lucrări de îmbunătățire a terenului este necesar să se inventarieze și să se studieze toate variantele de mecanizare posibile, corespunzătoare dotării tehnice sau posibilităților de dotare și de închiriere de care se dispune.

În acest sens, pe baza tehnologiilor de execuție cunoscute sau proiectate și a listei de activități, se recomandă:

- stabilirea tabloului variantelor tehnologice de mecanizare posibile, pentru fiecare activitate în parte (tabel 1.);

Tabel 1

Cod activitate	Denumire activitate	Variante de mecanizare (echipamente tehnologice)		
		I	II	III
01	Saparea stratului vegetal	Buldozer Buldozer 1 Buldozer 2 Buldozer 3	Autoscreper Autoscreper 1 Autoscreper 2 Autoscreper 3	Autogreder Autogreder 1 Autogreder 2 Autogreder 3
.....				
09	Formarea cavității cilindrice verticală a coloanelor de balast	Vibropresare	Batere	Vibroflotare

- formarea sistemelor de mașini pe variante de soluții tehnologice ale desfășurării procesului complex.

În vederea formării variantelor de sisteme de mașini, care vor constitui variante de soluții admisibile, se selectează utilajele din tabloul de variante tehnologice posibile după criterii tehnice și tehnologice (fig. 1) de exemplu:

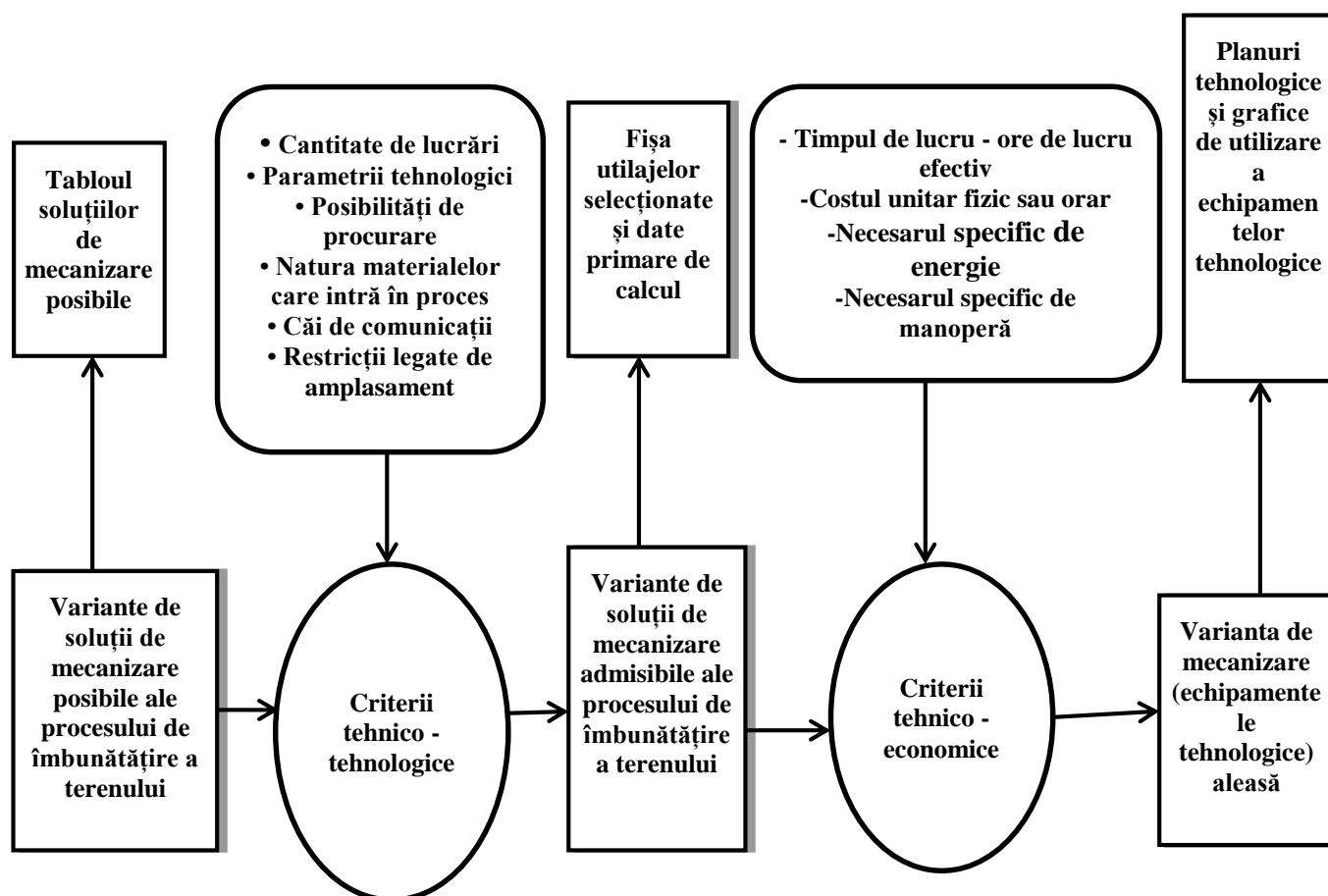


Fig. 1

Conform [3] pentru fiecare activitate se preselecționează mai multe tipuri de utilaje, astfel încât, prin asociere combinată, să genereze variante de soluții tehnologice de mecanizare admisibile, din care să se selecteze varianta ce urmează a fi aplicată.

Utilajele preselectate se pot grupa pe activități, în *fișa utilajelor* selecționate împreună cu principalele date tehnico-economice ale acestora.

Aceste variante de soluții vor fi supuse unei analize comparative pe baza criteriilor tehnico-economice, urmând să rezulte soluția cu eficiența cea mai ridicată.

Cercetarea în vederea selectării soluțiilor tehnologice de mecanizare a lucrărilor de construcții, în condițiile unei eficiențe sporite, presupune aplicarea sistemului de criterii tehnico-economice care constă din:

- **timpul mașină** reprezentat prin numărul de masini-zile necesare pentru executarea lucrării N_{mz} , exprimat în mașini-zile, sau prin orele de lucru efectiv O_{le} , exprimate în ore;
- **costul unitar fizic C_T^f sau costul unitar orar C_T^O** în lei/UMR, respectiv în lei/oră;
- **necesarul specific de manoperă M_{sp}** , în om-ore/UMR;
- **necesarul specific de energie E_{sp}** , în kg cc/UMR sau în kWh/UMR.

unde UMR – unitatea de măsură reprezentativă, este o unitate convențională prevăzută de indicatoarele sau normele de consumuri de resurse pe articole de deviz NCR, pentru fiecare lucrare.

kg cc – kg combustibil convențional, unitate energetică convențională care poate exprima atât necesarul de energie electrică cât și consumul de combustibil și lubrifianți.

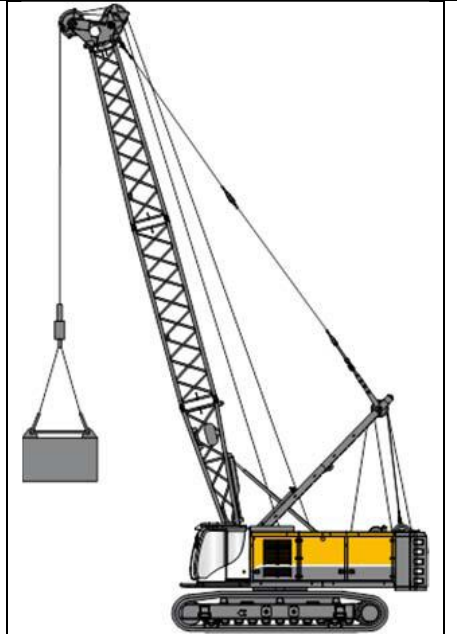
Pentru aplicarea acestor criterii se determină valorile lor corespunzătoare variantelor tehnologice, urmând ca prin comparare să se selecteze varianta cea mai eficientă în vederea aplicării.

3. PRINCIPALII PARAMETRI TEHNOLOGICI CARACTERISTICI ECHIPAMENTELOR UTILIZATE LA ÎMBUNĂTĂȚIREA TERENULUI CU MAIUL GREU SI FOARTE GREU (tabel 2)

În tabelul 2 sunt prezentați principalii parametri tehnico – tehnologici ai utilajelor de compactare cu maiul greu și foarte greu, valorile curente ale acestora precum și reprezentarea grafică a utilajului conducător al sistemului de mașini ce execută respectiva lucrare de îmbunătățire a terenului.

Tabel 2[2]

Tip mai	Parametrii	Valori curente	Observații
Mai greu	Masă	< 5 (t)	Determină împreună cu înălțimea de cădere energia de lovire
	Înălțimea de cădere	< 10 (m)	Determină viteza maiului în momentul executării loviturii
	Energia de lovire (pentru o lovitură)	< 600 (tm)	
	Adâncimea de compactare	< 7 m	
	Capacitate macara	< 30 (t)	Se stabilește funcție de masa maiului din condiția de stabilitate (capacitate de ridicare de 2,5...3 ori masa maiului)
	Dimensiunile suprafeței de batere	-	Trebuie să asigure o presiune statică pe teren de 15 - 20 kPa
Mai foarte greu	Masă	10 – 30 (t)	
	Înălțime de cădere	10 – 30 (m)	
	Capacitate macara	30 – 120 (t)	



	Adâncimea de compactare	5...12 (m)	Depinde de caracteristicile pământului, de energia de lovire și de numărul de lovituri pe același loc
	Nr. lovituri pe același loc	5...12 (lov)	Se stabilește experimental funcție de energia de lovire și de caracteristicile pământului, urmărind refuzul de batere*
Mai greu Mai foarte greu	Durata ciclului de lucru	-	Depinde de înălțimea de cădere a maiului și de viteza de ridicare
	Viteza de deplasare pe șantier	-	Influențează productivitatea
	Presiunea șenilelor pe teren	-	Trebuie să permită deplasarea mașinii pe platforma de lucru
	Productivitate (pentru o fază)		Depinde de energia de lovire, de durata unui ciclu și de numărul de lovituri necesar pe același loc și de durata deplasării de la o amprentă la alta

* Se recomandă următoarele valori pentru refuzul de batere după 3 lovituri successive pe același loc:

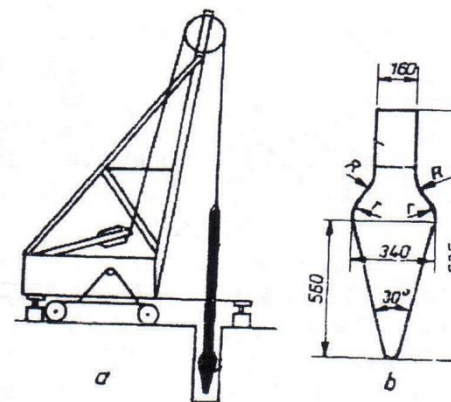
- pentru pământuri necoezive 0,51,0 cm.
- pentru pământuri coezive 12 cm.)

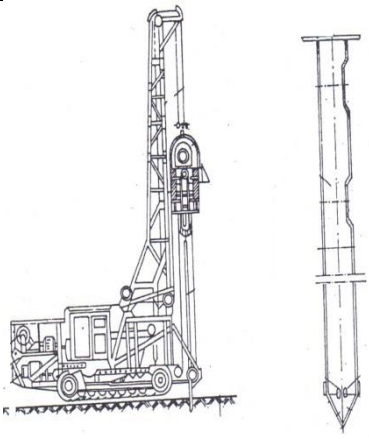

4. PRINCIPALII PARAMETRI TEHNOLOGICI CARACTERISTICI ECHIPAMENTELOR PENTRU EXECUTIA COLOANELOR

În tabelul 3 sunt prezentați principalii parametri tehnico – tehnologici ai utilajelor de compactare prin executarea de coloane, valorile curente ale acestora precum și o schiță a utilajului conducător al sistemului de mașini ce execută respectiva lucrare de îmbunătățire a terenului.

Tabel 3[2]

Tip echipament tehnologic	Parametrii	Valori curente	Observații
Foreză prevăzută cu berbec	Diametrul coloanei (d_c)	0,42 (m)	Depinde de diametrul berbecului utilizat la formarea găurii
	Adâncimea de compactare	-	egală cu grosimea depozitului de PSU
	Distanța dintre axele coloanelor	Vezi tabelul 1 C29/III-85	Se determină cu formula $0,95d_c \sqrt{\frac{\rho_{dm}}{\rho_{dm} - \rho_d}}$ (m) (ρ_d – densitatea medie în stare uscată pentru terenul natural)
	Cantitatea de pământ compactat ptr. 1 m liniar de coloană	$G = kA\rho_{dc} \left(1 + \frac{\omega}{100}\right)$ (kN)	A – secțiunea coloanei de diametru d_c $k = 1,1$ pentru loessuri argiloase și $1,4$ ptr. loessuri prăfoase și nisipoase



			ρ_{dc} - densitatea medie a pământului în stare uscată din coloană	
	Nr. lovituri (N) necesar ptr. compactarea unei porții de pământ	-	Se determină experimental (Anexa 3 C29/III-85)	
Echipament prevăzut cu vibrator și tub de inventar	Adâncime de înfigere*	7 – 9 (m)	Depinde de grosimea pachetului de straturi slabe Se recomandă ca vârful coloanei să pătrundă minimum 30 cm în stratul bun de fundare	
	Durata de execuție per m liniar de coloană	2...6 (min)	Depinde de tipul utilajului, natura terenului, diametrul tubului și lungimea coloanei	
	Viteză de înfigere	1,5...3,5 m/min	Influențează productivitatea	
	Viteză de deplasare a echipamentului	2,5 – 6 (km/h)	Influențează productivitatea	
	Presiune statică asupra pământului (pe senile)	0,59 (daN/cm ²)	Trebuie să permită deplasarea echipamentului pe platforma de lucru	
Echipament purtător (macara sau excavator) și vibrator de adâncime (pentru coloane executate prin vibroflotare sau vibroînlocuire**	Diametru cilindru de pământ densificat (coloane vibroflotate)	2...4 (m)	Funcție de natura terenului	
	Adâncimi de compactare	5...60 (m)	Adâncimi mari la vibroflotare cu tub prelungitor	
	Putere vibrator de adâncime	96 - 224 (kW)		
	Diametru cap vibrator (la nervuri)	550 - 900 (mm)		
	Putere echipament purtător	150 – 455 (kW)		
Echipament cu burghiu de forare ptr. executarea incluziunilor rigide (coloane de beton) sau cu tub metalic	Diametru incluziune	30...60 (cm)		
	Suprafața de teren care revine unei incluziuni	2,5 – 4 (m ²)		

introdus prin vibrare [3]	Lungime incluziuni	15...40 (m)		
	Productivitate	500 m/10 ore/utilaj		
	Presiune de pompare beton	-		

* se va stabili din condițiile de capacitate portantă și de deformație , ținând seama de caracteristicile de rezistență și de deformație ale terenului îmbunătățit și a celui de sub zona îmbunătățită, stabilite prin încercări de laborator și de teren

** Sistema de mașini necesară executării procesului de îmbunătățire prin vibroflotare este completată cu:

- încărcător pe pneuri, cu capacitatea cupei de 2 – 3 m³;
- pompa de apă cu un debit cuprins între 50 și 90 m³/oră;
- furtunuri pentru alimentarea cu apă

Sistema de mașini necesară executării procesului de îmbunătățire prin vibroînlocuire este completată cu:

- încărcător pe pneuri cu încărcare laterală cu capacitatea cupei cuprinsă între 0,8 și 1 m³;
- compresor de aer cu puterea de ieșire de la 10 la 20 m³/min și presiune de lucru de până la 12 bar (pentru procedeul uscat)

La alegerea echipamentelor de executare a coloanelor se ține seama și de alți parametrii, ca de exemplu:

a) Pentru echipamentele de executare a coloanelor de pământ:

- masa berbecului care trebuie corelată cu caracteristicile sondezei;
- înălțimea catargului care trebuie corelată cu înălțimea berbecului, ținând seama și de cursa berbecului;
- presiunea șenilelor pe teren să permită deplasarea mașinii pe platforma de lucru.
- energia de lovire, determinată de masa berbecului și înălțimea de cădere, trebuie să permită realizarea unei compactări eficiente.

b) Pentru echipamentele de executare a coloanelor din materiale granulare prin vibrare, vibroflotare, vibropresare:

- masa echipamentului de lucru trebuie corelată cu masa mașinii purtătoare pentru a se asigura stabilitatea mașinii;
- înălțimea catargului, respectiv înălțimea de ridicare a macaralei trebuie corelată cu lungimea echipamentului de lucru;
- presiunea șenilelor pe teren să permită deplasarea mașinii pe platforma de lucru în condiții de securitate;
- raza de acțiune să fie aleasă astfel încât să se evite riscul de pierdere a stabilității mașinii, având în vedere craterul care se formează în timpul lucrului;
- masa vibratorului trebuie să fie suficientă pentru înfigerea acestuia în pământ, în condițiile fluidizării pământului sub acțiunea vibrațiilor;
- frecvența vibrațiilor se recomandă să fie reglabilă pentru ca vibratorul să funcționeze la regimul optim în diferite condiții de teren (efectul de compactare crește atunci când sistemul vibrator-pământ intră în rezonanță);
- adâncimea maximă de lucru este limitată de lungimea echipamentului;

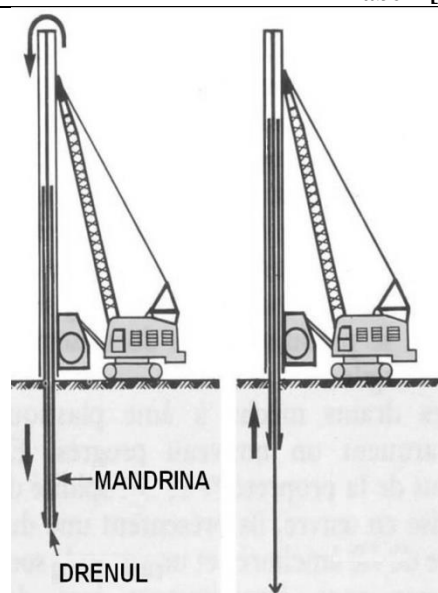
- forța de avans a mecanismului de acționare a saniei echipamentului împreună cu parametrii aerului comprimat determină capacitatea de înfigere a echipamentului în pământ;
- cantitatea de material granular stocată în buncăr și în conducta de alimentare influențează timpul de execuție a unei coloane (împreună cu parametrii vibratorului);
- diametrul conductei de alimentare trebuie să asigure curgerea ușoară a materialului granular.

5. PRINCIPALII PARAMETRI TEHNOLOGICI CARACTERISTICI ECHIPAMENTELOR UTILIZATE IN PROCESELE DE DRENARE, PREUMEZIRE SI CONGELARE

În tabelul 4 sunt prezentați principalii parametri tehnico – tehnologici ai utilajelor de compactare prin drenare verticală, preumezire și congelare, valorile curente ale acestora precum și o schiță a utilajului conducător al sistemului de mașini ce execută respectiva lucrare de îmbunătățire a terenului.

Tabel 4[2]

Tip echipament tehnologic	Parametrii	Valori curente	Observații
Mandrină echipată cu sabot de blocare (pentru drenuri fitil)	Adâncimi de lucru	10...20 (m)	max 65 (m) – metoda cu drenurile fitil
	Diametru dren	6...50 (cm)	
	Productivitate	8000 m/zi/mașină	
Mașină de forat și instalații de pompare a apei (pentru drenuri de nisip)	Adâncimi de lucru	8...10 (m)	Adâncimea forajelor – dren este 0,4...0,8 din grosimea stratului de PSU)
	Diametre foraje-dren	14...40 (cm)	
	Productivitatea		
Mașină de forat pentru foraje – dren (preumezire)			
Mașină de forat și circuitul frigorific	Adâncimea de lucru	10...20 (m)	
	Grosimea stratului congelat	1...3 (m)	



La alegerea echipamentelor de executare a drenurilor fitil și a drenurilor tubulare prefabricate se ține seama și de alți parametri, ca de exemplu:

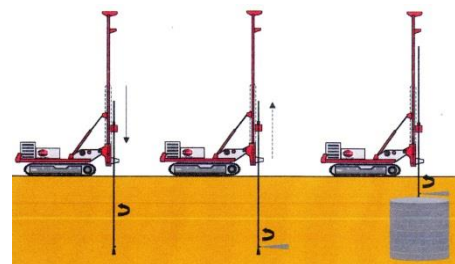
- lungimea mandrinei - determină adâncimea de instalare a drenului, precum și lungimea necesară a brațului sau catargului mașinii purtătoare;
- parametrii mecanismului de înfigere a mandrinei: forța de apăsare la înfigerea statică, masa piesei de lovire, înălțimea de cădere și frecvența loviturilor la înfigerea prin batere, forța perturbatoare, momentul static al excentricilor, frecvența vibrațiilor la înfigerea prin vibrare.

6. PRINCIPALII PARAMETRI TEHNOLOGICI CARACTERISTICI ECHIPAMENTELOR UTILIZATE IN PROCESUL DE ÎMBUNĂTĂȚIRE A TERENURILOR PRIN INECȚIE

În tabelul 5 sunt prezentați principalii parametri tehnico – tehnologici ai utilajelor de compactare prin executare de inecții, inecții sub presiune (Jet Grouting) și inecții și malaxare, valorile curente ale acestora precum și o schiță a utilajului conducător al sistemului de mașini ce execută respectiva lucrare de îmbunătățire a terenului.

Tabel 5[2]

Tip echipament tehnologic	Parametrii	Valori curente	Observații
Echipamente de execuție a elementelor injectate*	adâncimi de lucru	35 – 40 (m)	necesare pentru fisurarea tecii și injectare sunt direct proporționale cu adâncimile de lucru sunt funcție de condițiile amplasamentului: existența clădirilor, spațiu deschis, adâncimi de lucru
	diametrul forajului	7,5 – 15 (cm)	
	presiuni de lucru		
	presiune pe sol	0,65 – 0,75 (bar)	
	productivitate		
Echipamente de execuție a coloanelor Jet Grouting**	adâncimi de lucru	35 – 40 (m)	Influențează productivitatea
	diametrul forajului	7,5 – 15 (cm)	
	Presiuni de injectare suspensie, apă, aer	-	
Echipamente de inecție și malaxare***	Adâncime de lucru	-	Tabelele A1 și A3 din SR EN 14679:2005 este limitată de lungimea echipamentului hidraulic de amestecare atașat excavatorului (în cazul stabilizării în blocuri)
	Timp de malaxare pământ cu liant	20-30 sec/m ³	determinat de natura terenului și de echipamentul tehnologic
	presiunea de repartizare a amestecului liant	-	



* principalele echipamente sunt mașinile de forat (pentru diametre mici) și instalațiile pentru prepararea și pomparea suspensiei în pământ.

** utilajul folosit la execuția coloanelor jet grouting cuprinde:

- o instalație de foraj;
- o instalație de jet (care poate fi chiar instalația de foraj), prevăzută cu un tren de tije, monitor și dispozitive care asigură viteze de rotație și de translație a trenului de tije;
- o centrală pentru producerea și pomparea fluidelor;
- conducte de înaltă presiune care conectează pompa la utilajul de forat;
- aparate de măsură și control pentru presiuni, debite și volume ale diferitelor fluide, viteze de rotație și de retragere a tijelor, adâncime.

*** excavator cu tambur de malaxare (freză).

Echipamentele pentru lucrările de îmbunătățire a terenului prin injecție trebuie să asigure realizarea lucrărilor conform cerințelor din SR EN 12715:2002.

BIBLIOGRAFIE:

[1]. Contract 521/29.10.2012 ICECON S.A. - "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 ICECON S.A. - "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".

[3]. Zafiu P., Gaidos A – "Ingineria si managementul resurselor tehnologice in constructii", Editura Matrix, 2001