

**NORMATIV PRIVIND FUNDAREA CONSTRUCȚIILOR  
PE PĂMÂNTURI SENSIBILE LA UMEZIRE,  
Indicativ NP 125:2010**

CUPRINS

<b>Capitolul 1. OBIECT ȘI DOMENIU DE APLICARE.....</b>	<b>144</b>
<b>Capitolul 2. DOCUMENTE CONEXE ȘI DE REFERINȚĂ.....</b>	<b>144</b>
<b>Capitolul 3. DEFINIȚII.....</b>	<b>144</b>
3.1. Definiții comune domeniului ingineriei geotehnice	
3.2. Definiții specifice normativului	
<b>Capitolul 4. NOTAȚII.....</b>	<b>145</b>
<b>Capitolul 5. DATE GEOTEHNICE.....</b>	<b>147</b>
5.1. Răspândirea PSU în România	
5.2. Clasificarea PSU	
5.3. Cerințe generale pentru proiectarea geotehnică pe terenuri constituite din PSU	
5.4. Cerințe specifice pentru recunoașterea PSU	
5.5. Parametrii geotehnici în cazul PSU	
5.6. Identificarea și încadrarea PSU	
5.7. Studiul geotehnic	
<b>Capitolul 6. PROIECTAREA GEOTEHNICĂ ÎN CAZUL PSU.....</b>	<b>154</b>
6.1. Aspecte generale	
6.2. Situații de proiectare	
6.3. Stabilirea valorilor caracteristice ale parametrilor geotehnici ai PSU	
6.4. Stabilirea valorilor de calcul ale parametrilor geotehnici ai PSU	
6.5. Soluții de fundare pe terenuri alcătuite din PSU	
6.6. Proiectarea geotehnică a sistemelor de fundare pe PSU	
<b>Capitolul 7. MĂSURI CONSTRUCTIVE RECOMANDATE ÎN CAZUL FUNDĂRII PE PSU.....</b>	<b>163</b>
7.1. Măsuri pentru prevenirea umezirii terenului de fundare	
7.2. Măsuri constructive la alegerea soluțiilor de fundare pe PSU	
7.3. Verificarea lucrărilor de construcții amplasate pe PSU	
<b>Capitolul 8. EXPLOATAREA, ÎNTREȚINEREA ȘI MONITORIZAREA CONSTRUCȚIILOR ȘI INSTALAȚIILOR AMPLASATE PE PSU.....</b>	<b>142</b>
<b>ANEXA 1: DEFINIREA LOESSURILOR ȘI PĂMÂNTURILOR LOESSOIDE..</b>	<b>170</b>
<b>ANEXA 2 : RĂSPÂNDIREA LOESSURILOR ȘI PĂMÂNTURILOR LOESSOIDE ÎN ROMÂNIA.....</b>	<b>174</b>
<b>ANEXA 3: ELEMENTE PENTRU IDENTIFICAREA ȘI CARACTERIZAREA PSU.....</b>	<b>179</b>

<b>ANEXA 4: PRESIUNI CONVENȚIONALE DE CALCUL (<math>p_{conv}</math>) PENTRU TERENURILE DE FUNDARE CONSTITUITE DIN PĂMÂNTURI SENSIBILE LA UMEZIRE AVÂND <math>S_r \leq 0,8</math>.....</b>	<b>185</b>
<b>ANEXA 5: EVALUAREA TASĂRILOR SUPLIMENTARE PROBABILE PRIN UMEZIRE A PSU.....</b>	<b>186</b>
<b>ANEXA 6: ELEMENTE REFERITOARE LA STRUCTURA DE REZISTENȚĂ A CLĂDIRILOR FUNDATE PE PSU.....</b>	<b>193</b>
<b>ANEXA 7: MĂSURI SPECIALE REFERITOARE LA LUCRĂRILE EDILITARE ȘI DE INSTALAȚII ÎN CAZUL PSU.....</b>	<b>195</b>
<b>ANEXA 8: REFERINȚE.....</b>	<b>198</b>

## Capitolul 1. OBIECT ȘI DOMENIU DE APLICARE

Prezentul normativ se bazează pe principiile SR EN 1997-1:2004 și după caz, cu eratele, amendamentele și anexele naționale asociate, SR EN 1997-2:2007 și după caz, cu eratele, amendamentele și anexele naționale asociate și SR EN 1998-5:2006 și după caz, cu eratele, amendamentele și anexele naționale asociate și cuprinde o serie de reguli de aplicare referitoare la fundarea construcțiilor pe terenuri alcătuite din pământuri a căror structură și comportare mecanică se modifică substanțial și ireversibil în contact cu apa, denumite generic *pământuri sensibile la umezire - PSU*.

Comportamentul specific al PSU poate genera degradări ale construcțiilor fondate pe acestea și fenomene de pierdere a stabilității. Prin măsuri specifice se urmărește menținerea siguranței construcțiilor și a stabilității masivelor de pământ.

Prevederile acestui normativ se aplică la proiectarea geotehnică, execuția și exploatarea tuturor construcțiilor amplasate pe PSU. De asemenea se utilizează și în cazul lucrărilor de consolidare și reabilitare a construcțiilor existente, a lucrărilor de susținere, ca și a celor de stabilizare a versanților instabili.

Aplicarea prevederilor prezentului normativ se va face ținând cont de specificul lucrărilor.

## Capitolul 2. DOCUMENTE CONEXE ȘI DE REFERINȚĂ

Documentele conexe și de referință sunt enumerate în Anexa 8.

## Capitolul 3. DEFINIȚII

### 3.1. DEFINIȚII COMUNE DOMENIULUI INGINERIEI GEOTEHNICE

Definițiile comune sunt cele indicate în standardele SR EN 1997-1:2004 și după caz, cu eratele, amendamentele și anexele naționale asociate și SR EN 1997-2:2007 și după caz, cu eratele, amendamentele și anexele naționale asociate.

### 3.2. DEFINIȚII SPECIFICE NORMATIVULUI

**3.2.1. Pământuri sensibile la umezire (PSU):** acestea sunt pământuri coezive macroporice nesaturate, care la contactul cu apa suferă modificări bruște și ireversibile ale structurii interne, reflectate prin tasări suplimentare cu caracter de prăbușire (colaps) și scăderi ale valorilor parametrilor geotehnici de comportament mecanic.

Din această categorie fac parte loessurile, pământurile loessoide și alte pământuri preponderent prăfoase, cu porozitate mare, marcat neuniformă.

În ANEXA 1 sunt prezentate astfel de pământuri în funcție de geneza lor.

**3.2.2. Tasări suplimentare la umezire ( $I_m$ ):** acestea sunt deformații verticale ale PSU manifestate odată cu creșterea umidității, având valori sporite față de cele ale pământului în stare naturală sollicitat la aceeași stare de eforturi.

Tasările suplimentare la umezire pot apare sub greutatea proprie a stratului ( $I_{mg}$ ) și sub acțiunea încărcărilor de compresiune transmise de fundații ( $I_{mp}$ ).

Tasările suplimentare la umezire se pot determina pe teren și/sau se pot calcula pe baza indicilor specifici determinați în laborator.

## Capitolul 4. NOTAȚII

Litere latine

$B$	[m]	Lățime fundație
$D$	[%]	Fracțiune din amortizarea critică
$D_f$	[m]	Adâncime de fundare
$E$	[kPa]	Modul de deformație liniară al terenului de fundare
$E_{din}$	[kPa]	Modul dinamic de deformație longitudinală a terenului de fundare
$E_{oed\ i-j}$	[kPa]	Modul edometric determinat pentru un interval $i-j$ de presiuni
$E_{oed\ 200-300}$	[kPa]	Modul edometric determinat pentru intervalul de presiuni 200-300 kPa
$H$	[m]	Grosime strat PSU
$I_m$	[m]	Tasări suplimentare prin umezire
$I_{mg}$	[m]	Tasare suplimentară la umezire sub greutate proprie

$I_{mp}$	[m]	Tasare suplimentară la umezire sub o sarcină $p$
$I_p$	[%]	Indice de plasticitate
<b>PSU</b>		Pământuri sensibile la umezire
<b>PUCM</b>		Pământuri cu umflări și contracții mari
$S_r$	[%]	Grad de umiditate
$c$	[kPa]	Coeziune pământ
$d$	[mm]	Diametru particule solide din pământ
$e$		Indice pori
$e_0$		Indice inițial al porilor
$i_{m300}$	[%]	Indice tasare specifică suplimentară prin umezire pentru $\sigma = 300$ kPa
$i_{m\sigma}$	[%]	Indice tasare specifică suplimentară prin umezire pentru o valoare $\sigma$
$k$	[m/s]	Coefficient de permeabilitate
$n$	[%]	Porozitate
$p_{conv}$	[kPa]	Presiune convențională
$p_{net}$	[kPa]	Presiune netă pe baza fundației
$s$	[m]	Tasare totală
$s_i$	[m]	Tasare teren inundat
$s_n$	[m]	Tasare teren natural
$w$	[%]	Umiditate naturală a pământului
$w_{oc}$	[%]	Umiditate optimă de compactare
$w_L$	[%]	Limita superioară de plasticitate
$w_P$	[%]	Limita inferioară de plasticitate
$x_k$		Valoare caracteristică a parametrului geotehnic
$x_{k inf}$		Valoare caracteristică inferioară a parametrului geotehnic
$x_{k local}$		Valoare caracteristică locală a parametrului geotehnic
$x_{k sup}$		Valoare caracteristică superioară a parametrului geotehnic

#### Litere grecești

$\varphi$	[°]	Unghi de frecare internă al pământului
$\gamma$	[kN/m <sup>3</sup> ]	Greutate volumică pământ în stare naturală
$\gamma_M$		Coefficient parțial pentru proprietățile pământului

$\gamma_d$	[kN/m <sup>3</sup> ]	Greutate volumică pământ în stare uscată
$\gamma_s$	[kN/m <sup>3</sup> ]	Greutate volumică schelet
$\gamma_{sat}$	[kN/m <sup>3</sup> ]	Greutate volumică pământ în stare saturată
$\nu$	[kN/m <sup>3</sup> ]	Coefficient Poisson
$\rho$	[g/cm <sup>3</sup> ]	Densitate pământ în stare naturală
$\rho_d$	[g/cm <sup>3</sup> ]	Densitate pământ în stare uscată
$\rho_s$	[g/cm <sup>3</sup> ]	Densitate schelet
$\rho_{sat}$	[g/cm <sup>3</sup> ]	Densitate pământ în stare saturată
$\sigma$	[kPa]	Efort unitar vertical aplicat în încercarea edometrică
$\sigma_{gz}$	[kPa]	Efort unitar vertical datorat greutății proprii a pământului la adâncimea $z$ ; sarcină geologică
$\sigma_z$	[kPa]	Efort unitar vertical la o adâncime $z$
$\sigma_0$	[kPa]	Rezistență structurală

## Capitolul 5. DATE GEOTEHNICE

### 5.1. RĂSPÂNDIREA PSU ÎN ROMÂNIA

*Pământurile sensibile la umezire (PSU)* ocupă suprafețe importante în România (cca. 17% din teritoriu).

Ele sunt grupate în diferite zone ale României fiind considerate pământuri regionale. Se întâlnesc în Câmpia Română, Dobrogea, Podișul Moldovei, în lungul râurilor Siret, Prut și afluenți, local în Banat și în zona subcarpatică.

În hărțile din ANEXA 2 se prezintă răspândirea teritorială a PSU în România, ca și detaliat în județele unde aceste pământuri au o pondere însemnată: Brăila, Constanța, Galați, Tulcea, Călărași, Ialomița.

*Observație:* Hărțile au caracter orientativ și nu elimină necesitatea efectuării investigațiilor geotehnice.

### 5.2. CLASIFICAREA PSU

Din punct de vedere al modului în care se tasează la umezire sub greutatea proprie a stratului (sarcina geologică) PSU se clasifică astfel:

- grupa A: pământuri care prezintă tasări suplimentare  $I_{mg}$  mai mici de 5 cm;
- grupa B: pământuri care prezintă tasări suplimentare  $I_{mg}$  egale sau mai mari de 5 cm.

### 5.3. CERINȚE GENERALE PRIVIND PROIECTAREA GEOTEHNICĂ PE TERENURI CONSTITUITE DIN PSU

La proiectarea geotehnică pe terenuri alcătuite din PSU se vor respecta prevederile din SR EN 1997-1:2004 și după caz, cu eratele, amendamentele și anexele naționale asociate, SR EN 1998-5:2004 și după caz, cu eratele, amendamentele și anexele naționale asociate, NP 074/2007, NP 122/2010 ca și cele din prezentul normativ.

#### 5.3.1. Categoria geotehnică a amplasamentului

Pentru stabilirea cerințelor proiectării geotehnice se folosesc categoriile geotehnice conform SR EN 1997-1:2004 și după caz, cu eratele, amendamentele și anexele naționale asociate, explicitate în NP 074-2007, cărora li se asociază riscul geotehnic.

Riscul geotehnic este definit în funcție de factorii legați de teren, dintre care cei mai importanți sunt condițiile de teren și apa subterană, precum și de factorii legați de structura ce va fi construită și de vecinătățile acesteia.

În cazul amplasamentelor unde în terenul de fundare se află PSU, *condițiile de teren sunt stabilite ca dificile* (NP 074-2007-A.1). În funcție de ceilalți factori, în general pot rezulta *Categoriile geotehnice 2 sau 3*, cărora li se asociază *riscul geotehnic moderat sau major* (NP 074-2007).

Încadrarea unei lucrări într-o categorie de risc geotehnic sporit impune necesitatea realizării în condiții de exigență corespunzătoare a investigării terenului de fundare și a proiectării infrastructurii folosind modele și metode de calcul perfecționate pentru a se atinge un nivel de siguranță necesar pentru rezistența, stabilitatea și condițiile normale de exploatare a construcției, în raport cu terenul de fundare.

#### 5.3.2. Investigarea terenului de fundare

Prin investigații geotehnice trebuie să se asigure cunoașterea proprietăților esențiale ale terenului de fundare cel puțin în limita zonei de influență a construcției. Zona de influență a

construcției este volumul din teren în care se resimte influența construcției respective sau în care pot avea loc fenomene care să influențeze acea construcție.

Investigarea trebuie să pună în evidență cu precizie cât mai mare limitele stratului PSU, în suprafață și pe adâncime.

Investigarea terenului constituit din PSU se va realiza obligatoriu prin prospectare pe teren, încercări în laborator și, în unele situații, prin încercări pe teren. Este necesar să fie consultate și utilizate, date de arhivă.

La stabilirea volumului și tipului încercărilor se vor respecta prevederile din NP-074/2007 și se va ține seama și de recomandările specifice din ANEXA 3.

### 5.4. CERINȚE SPECIFICE PENTRU RECUNOAȘTEREA PSU

Identificarea și caracterizarea pământurilor sensibile la umezire se realizează conform SR EN 14688-1:2004, SR EN 14688-2:2005 *Cercetări și încercări geotehnice. Identificarea și clasificarea pământurilor. Partea 1: Identificare și descriere. Partea 2: Principii pentru o clasificare* și după caz, cu eratele, amendamentele și anexele naționale asociate, cu respectarea cerințelor specifice.

Ca trăsături caracteristice ale PSU apar particularitățile structurii, texturii, micro și macro porozitatea, compozițiile chimico - mineralogice și granulometrice și anizotropia proprietăților.

Pentru ca un pământ să poată fi caracterizat *pământ sensibil la umezire - PSU* trebuie să fie cunoscute în principal următoarele caracteristici geotehnice:

- compoziția:
  - granulometrică;
  - chimico - mineralogică;
- proprietăți fizice:
  - umiditatea;
  - densitățile în stare naturală, în stare uscată, în stare saturată;
  - densitatea scheletului;
  - porozitatea;

- plasticitatea;
- proprietăți hidrice:
  - permeabilitatea în stare naturală și sub diferite trepte de încărcare
- proprietăți mecanice în condiții statice și eventual dinamice:
  - compresibilitatea și deformabilitatea în stare naturală și în stare inundată;
  - rezistența structurală;
  - rezistența la forfecare în stare naturală și în stare inundată;

La efectuarea cercetărilor geotehnice pentru identificarea și caracterizarea PSU se va ține seama de condițiile speciale impuse de comportamentul specific al PSU (ANEXA 3).

Parametrii geotehnici care reflectă aceste caracteristici trebuie determinate întotdeauna în laborator și, în anumite situații, pe teren - în conformitate cu prevederile NP-074/2007, SR EN 1997:2-2007 și a reglementărilor tehnice naționale în vigoare.

## 5.5. PARAMETRII GEOTEHNICI ÎN CAZUL PSU

### 5.5.1. Compoziția granulometrică și caracteristicile fizice

În funcție de compoziția lor granulometrică și de fracțiunile predominante, PSU se clasifică conform Tabelul 1.

Tabelul 1. Clasificarea depozitelor loessoide după compoziția granulometrică

Tipuri litologice		Conținut de material în procente, pe diametre (d) ale particulelor (mm)				
Major	Funcție de fracțiunea predominantă	< 0,01 mm	0,01 - 0,05 mm	0,05 - 0,1 mm	0,1 - 0,25 mm	> 0,25 mm
Loessuri (d = 0,01-0,1 mm > 60%)	Nisipoase	< 40	35 - 45	15 - 25	0 - 15	-
	Prăfoase	< 30	> 45	< 15	0 - 10	-
	Argiloase	> 40	> 45	< 15	0 - 15	-
Pământuri loessoide (d = 0,01 - 0,1 mm < 60%)	Nisipuri argiloase	< 30	10 - 50	10 - 50	25 - 55	> 5
	Prăfuri nisipoase	< 30	35 - 55	35 - 50	< 30	< 5
	Prăfuri argiloase	< 50	40 - 60	40 - 60	10 - 40	0 - 5
	Argile prăfoase	> 50	25 - 50	25 - 50	0 - 10	0 - 5

### 5.5.2. Densitatea

Datorită porozității mari, densitatea (greutatea volumică) în stare naturală a PSU, are

valori mai mici comparativ cu alte pământuri, fiind de ordinul,  $\rho = 1.2 \div 1.8 \text{ g/cm}^3$  ( $\gamma = 12 \div 18 \text{ kN/m}^3$ ).

### 5.5.3. Plasticitatea

Pentru loessuri în Tabelul 2 se prezintă corelarea compoziției granulometrice cu plasticitatea.

Tabelul 2. Clasificarea depozitelor loessoide după  $I_p$

Natura pământului	Indicele de plasticitate $I_p$ (%)	Conținutul de particule argiloase în %
Loessuri nisipoase	$1 < I_p < 7$	3 - 10
Loessuri prăfoase	$7 < I_p < 17$	10 - 30
Loessuri argiloase	$I_p > 17$	> 30

### 5.5.4. Permeabilitatea

Coefficientul de permeabilitate, k, se va determina în laborator pe probe netulburate și/sau compactate.

Pe probe netulburate, pentru evidențierea anizotropiei, se recomandă obținerea în permeamtru a coeficientului de permeabilitate pe direcție verticală și orizontală.

Prin încercări de consolidare în edometru se poate determina variația coeficientului de permeabilitate sub trepte diferite de încărcare.

În cazul în care pe amplasament se poate organiza un poligon experimental se recomandă și determinarea coeficientului de permeabilitate in situ.

### 5.5.5. Compresibilitatea

Parametrii obținuți prin încercări de laborator sunt:

- modulul de deformație edometric ( $E_{oed\ i\ j}$ ) pentru diferite trepte ( $i, j$ ) de încărcare  $\sigma$  pe probe în stare naturală și inundată;
- indicii tasărilor specifice suplimentare la umezire pe diferite trepte de încărcare ( $i_{m\sigma}$ ) din încercări edometrice duble;
- indicele tasării specifice la umezire pentru treapta de 300 kPa ( $i_{m300}$ )—valoare obligatorie necesară pentru identificarea PSU (din încercări edometrice—simplă cu inundare la 300 kPa sau dublă - ANEXA 3 fig. A3.1 și A3.2).

Parametrii obținuți prin încercări pe teren cu placa până la o presiune de cel puțin de 300 kPa sunt:

- modulul de deformație liniară  $E$  în condiții naturale și inundate, din încercări până la o presiune de cel puțin de 300 kPa;
- tasarea pe teren natural,  $s_n$ ;
- tasarea pe teren inundat,  $s_i$ .

### 5.5.6. Rezistența structurală

Rezistența structurală  $\sigma_0$  este parametrul specific PSU și reprezintă presiunea minimă pentru care se produce fenomenul de tasare suplimentară la umezire.

Se obține prin încercări în laborator sau pe teren (ANEXA 3).

### 5.5.7. Rezistența la forfecare

Parametrii rezistenței la forfecare sunt unghiul de frecare internă  $\varphi$  și coeziunea  $c$ , determinați prin încercări de laborator pe probe în stare naturală și inundată. Pot fi utilizate încercări de forfecare directă și încercări de compresiune triaxială. Tipul de încercare (UU, CU, CD) se va alege în funcție de situația de proiectare.

### 5.5.8. Parametrii dinamici

Aceștia sunt:

- modulul dinamic de deformație transversală,  $G$
- modulul dinamic de deformație longitudinală,  $E_{din}$
- fracțiunea din amortizarea critică,  $D$
- coeficientul Poisson,  $\nu$

Pot fi obținuți prin încercări pe teren și/sau în laborator, pe probe în stare naturală și inundate (în aparatul triaxial dinamic, în coloană rezonantă ș.a.).

### 5.5.9. Lichefierea

Fenomenul de lichefiere a PSU se poate manifesta, numai în situația în care acestea au gradul de saturație  $S_r > 0.8$ , ca urmare a pierderii temporare, parțiale sau totale a

rezistenței la forfecare a pământului sub influența unor solicitări dinamice.

**5.5.10. Valori ale principalilor indici** ce reflectă caracteristicile geotehnice ale PSU, precum și detalii specifice ale încercărilor în laborator și pe teren, sunt prezentate în ANEXA 3.

## 5.6. IDENTIFICAREA ȘI ÎNCADRAREA PSU

### 5.6.1. Identificarea

#### 5.6.1.1. Criterii referitoare la compoziție și proprietăți fizice :

##### a. Pământuri coezive

- cu fracțiunea praf ( $d = 0,002 - 0,062$  mm) în proporție de 50- 80%
- aflate în stare nesaturată ( $S_r < 0,8$ )
- cu porozitate în stare naturală  $n > 40\%$

##### b. Indicele $I = \frac{e_L - e}{1 + e}$ are valori mai mici decât cele din tabelul 3, unde:

- $e$  este indicele porilor pentru pământul în stare naturală;
- $e_L$  este indicele porilor corespunzător umidității la limita superioară de plasticitate  $w_L$  a pământului

Tabelul 3. Indicele  $I$  în funcție de indicele de plasticitate

Indicele de plasticitate ( $I_p$ ) al pământului (%)	Sub 10	10 ... 14	14 ... 22	Peste 22
Indicele $I$	0,10	0,17	0,24	0,30

#### 5.6.1.2. Criterii referitoare la comportamentul mecanic

a. Indicele tasării specifice suplimentare prin umezire sub treapta de 300 kPa (în încercarea edometrică)  $i_{m300}$ , are valoare mai mare sau egală cu 2 %:

$$i_{m300} \geq 2 \text{ cm/m} = 2 \%$$

b. Indicii  $\eta$  și  $\delta$  referitori la tasările terenului în stare naturală și inundată (în încercarea cu placa) au valorile:

$$\eta = \frac{s_i}{s_n} \geq 5 \text{ și } \delta = s_i - s_n \geq 3 \text{ cm,}$$

unde  $s_i$  este tasarea terenului inundat, iar  $s_n$  tasarea terenului în condiții de umiditate naturală, determinate cu placa încărcată până la presiunea de 300 kPa.

### 5.6.2. Încadrarea unui pământ ca PSU

Pentru a caracteriza un pământ ca PSU trebuie îndeplinit cel puțin un criteriu referitor la proprietățile fizice (pct. 5.6.1.1.) și un criteriu referitor la comportamentul mecanic (pct. 5.6.1.2.), din cele de mai sus.

Clasificarea unui pământ în Grupa A sau B se realizează pe baza estimării tasării suplimentare la umezire sub greutate proprie,  $I_{mg}$  (ANEXA 5).

## 5.7. STUDIUL GEOTEHNIC

Cerințele pentru redactarea studiului geotehnic sunt cele din NP 074/2007. Studiul geotehnic se întocmește utilizând datele din rapoartele geotehnice care conțin rezultatele investigațiilor de teren și laborator conform SR EN 1997-1:2004 și după caz, cu eratele, amendamentele și anexele naționale asociate și SR EN 1997-2:2007 și după caz, cu eratele, amendamentele și anexele naționale asociate.

În aceste rapoarte este obligatoriu a fi cuprinse aspecte specifice privind:

- modul de recoltare a probelor (ștuțuri cu pereți subțiri, monoliți);
- încadrarea PSU pe baza încercărilor efectuate;
- orice observații suplimentare obținute la încercările în laborator sau/și in-situ care pot evidenția în plus caracterul PSU (exemplu: culoare, existența macroporilor și a unor eventuale goluri, friabilitate etc.)

## Capitolul 6. PROIECTAREA GEOTEHNICĂ ÎN CAZUL PSU

### 6.1. ASPECTE GENERALE

Conform SR EN 1997-1:2004 și după caz, cu eratele, amendamentele și anexele naționale asociate, proiectarea geotehnică se poate realiza prin calcul, pe bază de măsuri prescriptive, pe baza rezultatelor unor încercări de probă și prin metoda observațională.

*Proiectarea geotehnică prin calcul* utilizează în cadrul modelelor de calcul parametrii

geotehnici în funcție de stările limită.

Valorile caracteristice ale parametrilor geotehnici, bazate pe rezultate din încercările pe teren și în laborator, se stabilesc conform NP 122/2010. La stabilirea valorilor caracteristice trebuie ținut cont de influența asupra stării limită care guvernează în proiectare.

Valorile de calcul se stabilesc pe baza valorilor caracteristice prin utilizarea coeficienților parțiali.

În cazul identificării unui pământ ca PSU *starea limită care guvernează întotdeauna proiectarea lucrării este cea care apare în teren* și este cauzată de saturarea acestuia prin umezire (GEO). Starea limită GEO este definită în SR EN 1997-1:2004 și după caz, cu eratele, amendamentele și anexele naționale asociate, drept *cedarea sau deformația excesivă a terenului, în care rezistența pământurilor sau rocilor contribuie în mod semnificativ la asigurarea rezistenței*.

*Proiectarea geotehnică pe bază de măsuri prescriptive*, precum și cea bazată pe *metoda observațională* utilizează parametrii geotehnici numai pentru identificarea și clasificarea stratelor de pământ din terenul de fundare.

### 6.2. SITUAȚII DE PROIECTARE

În cazul identificării unui pământ ca PSU, *starea limită care guvernează întotdeauna proiectarea lucrării este cea care apare în teren* și este cauzată de saturarea acestuia prin umezire (GEO).

O atenție deosebită se va acorda la estimarea zonei de teren care determină în principal, comportarea structurii geotehnice.

Pot fi avute în vedere următoarele *situații de proiectare*:

1. *Fundare pe terenul alcătuit din PSU*, fără să se prevadă măsuri speciale pentru desensibilizarea sa:

- stările limită apar simultan în teren și structură, cu diferențieri în funcție de gradul de rigiditate a structurii;
- se va considera ipoteza cea mai defavorabilă, a umezirii întregului pachet PSU;
- va fi avută în vedere și cedarea prin poansonare;



- se va examina oportunitatea prevederii de măsuri constructive în vederea adaptării structurii pentru preluarea deformațiilor prognozate ale terenului.

2. *Fundare pe terenul alcătuit din PSU cu luarea de măsuri pentru desensibilizare sau pe un strat de adâncime insensibil la umezire, prin depășirea PSU:*

- stările limită pot apare separat în teren și structură.

3. În cazurile referitoare la stabilitatea la alunecare a pantelor din PSU se consideră situația 1 de proiectare, dacă nu sunt prevăzute măsuri specifice.

4. Dacă un teren cunoscut ca fiind constituit din PSU a fost în timp inundat pe toată grosimea stratului sensibil, acesta nu mai intră în categoria PSU și proiectarea geotehnică se va realiza conform caracteristicilor sale geotehnice rezultate din investigația geotehnică.

### 6.3. STABILIREA VALORILOR CARACTERISTICE ALE PARAMETRILOR GEOTEHNICI AI PSU

6.3.1. Parametrii geotehnici care pot fi utilizați în proiectarea geotehnică prin calcul pentru terenul alcătuit din PSU sunt:

- porozitatea ( $n$ ), umiditatea ( $w$ ), gradul de saturație ( $S_r$ ), greutatea volumice ( $\gamma$ ,  $\gamma_s$ ,  $\gamma_d$ ,  $\gamma_{sat}$ ,  $\gamma'$ );
- coeficientul de permeabilitate ( $k$ );
- rezistența structurală ( $\sigma_0$ ); modul de determinare a valorilor  $\sigma_0$  va fi ales în concordanță cu tipul fundației (ANEXA 3);
- modulii de deformație ( $E$ ) în stare naturală și inundată ;
- tasările suplimentare la umezire ( $I_m$ );
- parametrii rezistenței la forfecare ( $\varphi$ ,  $c$ ) în stare naturală și inundată.

În alegerea valorii caracteristice a acestor parametri se va face o estimare prudentă cu luarea în considerare a prevederilor din SR EN 1997:1-2004, și după caz, cu eratele, amendamentele și anexele naționale asociate.

În cazul terenurilor alcătuite din PSU este obligatoriu ca valorile caracteristice să se bazeze pe încercări în laborator și, când este posibil, pe încercări in-situ.

Valorile întabulate pentru diferiți parametri geotehnici prezentate în ANEXA 3 au un caracter orientativ și pot fi utilizate numai în calcule preliminare sau în cadrul proiectării geotehnice prescriptive.

6.3.2. În cazul în care terenul alcătuit din PSU se propune a fi desensibilizat, în proiectare vor fi avuți în vedere noii parametri ai PSU obținuți prin încercări.

### 6.4. STABILIREA VALORILOR DE CALCUL ALE PARAMETRILOR GEOTEHNICI AI PSU

Valorile de calcul ale parametrilor geotehnici se stabilesc conform prevederilor SR EN 1997:1-2004 și după caz, cu eratele, amendamentele și anexele naționale asociate și NP 122/2010.

Coeficienții parțiali ( $\gamma_M$ ) pentru stabilirea valorilor de calcul sunt cei din Anexa A- SR EN 1997:1-2004 și după caz, cu eratele, amendamentele și anexele naționale asociate.

Vor fi utilizate și valori caracteristice minime ( $X_{Kinf}$ ), maxime ( $X_{Ksup}$ ) sau locale ( $X_{Kloc}$ ) ale parametrilor geotehnici, conform 6.6.1.1.

### 6.5. SOLUȚII DE FUNDARE PE TERENURI ALCĂTUIE DIN PSU

La amplasarea construcțiilor pe terenuri constituite din PSU se va ține seama de caracteristicile terenului și se va decide asupra soluțiilor de fundare, în funcție de tipul structurii, de nivelul de risc acceptat și de costuri.

Din punct de vedere al modului de fundare pe terenuri constituite din PSU se pot analiza următoarele soluții:

#### a. Fundarea directă

- pe teren în stare naturală, cu estimarea tasărilor totale incluzând tasările suplimentare la umezire și compararea acestora cu tasările admisibile pentru structură;
- pe terenul la care se elimină sensibilitatea la umezire pe toată zona din teren care determină în principal comportarea construcției;
- pe terenul la care se elimină sensibilitatea la umezire și totodată se iau măsuri pentru

micșorarea sensibilității construcțiilor la deformarea terenului;

#### **b. Fundarea indirectă**

- prin sisteme de fundare care să depășească stratul de PSU și să pătrundă într-un strat insensibil la umezire aflat în adâncime.

### **6.6. PROIECTAREA GEOTEHNICĂ A SISTEMELOR DE FUNDARE PE PSU**

#### **6.6.1. Proiectarea geotehnică prin calcul**

Proiectarea finală a unei structuri geotehnice se va realiza prin calcul.

##### **6.6.1.1. Aspecte specifice**

La proiectarea soluțiilor de fundare pe PSU se vor respecta prevederile din SR EN 1997-1:2004 și după caz, cu eratele, amendamentele și anexele naționale asociate, cele din NP-112/2006 în cazul fundării directe și respectiv din NP 123/2010 în cazul fundării indirecte, astfel:

-în cadrul verificării la starea limită de exploatare normală, tasările diferențiate ale fundațiilor vor fi limitate pentru a nu conduce la o stare limită în structură;

-se va lua în considerare compatibilitatea deformațiilor la starea limită ultimă, în cazul în care se poate produce cedarea combinată a elementelor structurii și a terenului ținând seama de rigiditatea relativă a structurii și terenului;

-în cadrul stărilor limită ultime, starea limită GEO este critică pentru determinarea dimensiunilor elementelor structurale din fundații și pentru rezistența elementelor de structură;

-în cadrul acestor stări limită se vor avea în vedere, unde este cazul, cerințele pentru menținerea funcționării utilajelor;

-la alegerea valorilor caracteristice ale parametrilor geotehnici se vor judeca în paralel extinderea zonei din teren care determină în principal comportarea structurii geotehnice și capacitatea structurii de a transfera încărcările de la zonele slabe către cele mai rezistente din teren; în cazul PSU este justificată utilizarea după caz, a unor valori caracteristice inferioare,

$x_{k\ inf}$  (ex. modulii de deformație  $E$ , parametrii rezistenței la forfecare  $\varphi$ ,  $c$ ) sau superioare,  $x_{k\ sup}$  (ex.  $i_{m300}$ ); în cazul structurilor fără capacitate de distribuire a solicitărilor se recomandă a se folosi valori caracteristice locale ( $x_{k\ loc}$ ) ale parametrilor geotehnici;

-la alegerea acțiunilor geotehnice, funcție de destinația și durata construcției, vor fi considerate cele datorate umezirii (saturării) terenului ținând cont de:

- sursele de umezire și tipul acestora (locale, generale);
- sensul umezirii care poate fi gravitațional sau generat de ridicarea nivelului apei subterane;
- viteza și sensul de curgere al apei subterane, care poate avea alternativ direcții diferite (canale de irigații, maluri);
- diminuarea caracteristicilor terenului în zona de variație a nivelului apei unde se produce o înmuiere sau/și eroziuni, fiind posibil ca terenul situat deasupra să rămână în „consolă”, ceea ce favorizează prăbușirea acestuia (maluri adiacente unui curs și/sau acumulări de apă);

-în cazul utilizării soluțiilor de fundare pe piloți care pătrund într-un strat insensibil la umezire situat sub stratul PSU, dacă este posibilă umezirea și tasarea suplimentară sub greutate proprie a stratului PSU, se va considera frecarea negativă pe piloți conform prevederilor din NP 123/2010.

#### **6.6.1.2. Calculul terenului de fundare**

##### **6.6.1.2.1. Evaluarea zonelor deformabile**

Cunoscându-se rezistența structurală  $\sigma_0$  se pot defini zonele din teren în cuprinsul cărora se produc deformații ca urmare a prăbușirii structurii pământului prin umezire, numite *zone deformabile*.

Astfel, *zona deformabilă superioară* se extinde până la adâncimea la care efortul unitar vertical ( $\sigma$ ), datorat atât încărcării date de fundație ( $\sigma_z$ ) cât și greutății proprii a pământului ( $\sigma_{gz}$ ), este mai mare și devine egal cu  $\sigma_0$  (Fig. 1).

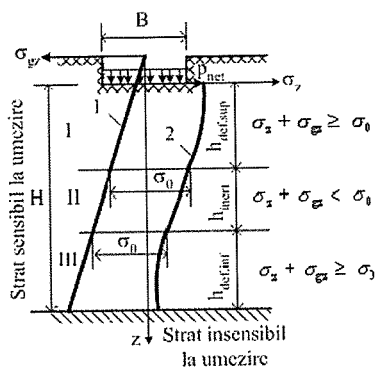


Fig. 1. Zone caracteristice în terenul de fundare alcătuit din pământuri sensibile la umezire: I - zonă deformabilă superioară; II - zonă inertă; III - zonă deformabilă inferioară; 1 - diagrama variației cu adâncimea a efortului  $\sigma_{gz}$ ; 2 - diagrama variației cu adâncimea a efortului  $\sigma_z$

Pe de altă parte, în cazul unei anumite grosimi a stratului sensibil la umezire, se pot produce tasări suplimentare și pe seama unei zone aflate la baza stratului, denumită *zonă deformabilă inferioară*, în cuprinsul căreia sarcina geologică ( $\sigma_{gz}$ ) este suficient de mare pentru ca efortul unitar vertical total ( $\sigma$ ) să fie, de asemenea, mai mare ca  $\sigma_0$ . În cazul ilustrat în figura 1, între cele două zone deformabile se interpune o *zonă inertă*, denumită astfel, întrucât în această zonă efortul unitar vertical total ( $\sigma$ ) este mai mic decât  $\sigma_0$  și, ca atare, nu se produc tasări prin umezire.

În funcție de lățimea  $B$  a fundației, de mărimea presiunii nete  $p_{net}$  pe talpa fundației, de grosimea  $H$  a stratului sensibil la umezire și de valoarea rezistenței structurale  $\sigma_0$  pot apărea și alte situații (Fig. 2a ... e).

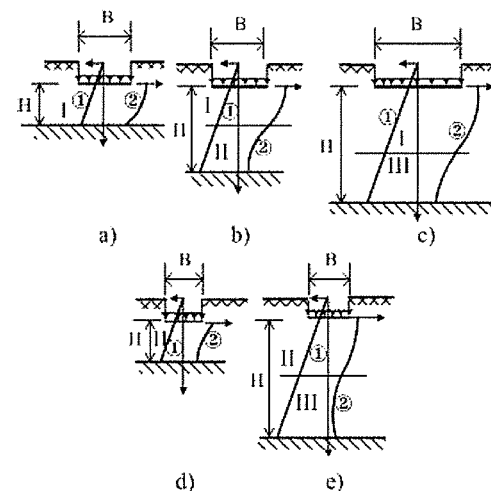


Fig. 2. Situații caracteristice pentru terenul de fundare alcătuit din pământuri sensibile la umezire: I - zonă deformabilă superioară; II - zonă inertă; III - zonă deformabilă inferioară; 1 - diagrama variației cu adâncimea a efortului  $\sigma_{gz}$ ; 2 - diagrama variației cu adâncimea a efortului  $\sigma_z$

#### 6.6.1.2.2. Calculul terenului la starea limită de exploatare normală

La evaluarea tasărilor probabile se vor lua în considerare tasările suplimentare prin umezire sub sarcina geologică ( $l_{mg}$ ) și sub presiuni exterioare ( $l_{mp}$ ) în funcție de grupa pământului (A sau B) și măsurile de desensibilizare la umezire prevăzute.

În ANEXA 5 este prezentat un model de calcul.

Pentru stabilirea valorilor admisibile ale deformațiilor structurale și ale deplasărilor fundațiilor se vor avea în vedere prevederile din NP 112/2004 și cele din Anexa H - SR EN 1997-1:2004 și după caz, cu eratele, amendamentele și anexele naționale asociate.

#### 6.6.1.2.3. Calculul terenului la starea limită ultimă

Pentru calculul capacității portante se vor introduce valorile parametrilor rezistenței la forfecare  $\varphi$  și  $c$  conform situațiilor de proiectare 1 și 2 (Cap. 6.2). Se pot utiliza diferite formule conform NP 112/2004 și Anexa D-SR EN 1997-1:2004 și după caz, cu eratele, amendamentele și anexele naționale asociate.

### 6.6.2. Proiectarea pe bază de măsuri prescriptive

Proiectarea pe bază de măsuri prescriptive în cazul PSU se poate utiliza pentru calcule preliminare.

Predimensionarea fundațiilor directe amplasate pe PSU se poate realiza conform prevederilor NP-112/2004, pe baza presiunilor convenționale de calcul  $p_{conv}$ , considerate ca presiuni acceptabile, utilizând valorile  $p_{conv}$  din tabelul 1 - ANEXA 4.

La predimensionare se vor avea în vedere și aspectele constructive recomandate în ANEXA 4.

### 6.6.3. Utilizarea rezultatelor încărcărilor de probă în proiectare

În vederea obținerii unor rezultate care se vor folosi în proiectarea prin calcul, se pot realiza încărcări de probă prin umezire sau inundare (ANEXA 3). Acestea se vor executa numai în poligoane experimentale situate în afara perimetrului construiabil și fără a-l afecta. În caz contrar nu se vor efectua încercări cu utilizarea apei.

Pentru amplasamentele la care există date de arhivă din rezultate experimentale, acestea se pot utiliza pentru situații similare.

### 6.6.4. Proiectarea prin metoda observațională

Această metodă este aplicabilă în situația în care se consideră că prognozarea comportării construcției și sistemului de fundare al acesteia nu poate fi realizată cu suficientă precizie în faza de proiectare.

Poate fi de asemenea folosită în cazul proiectării unor lucrări de intervenții pe construcții existente fundate pe PSU.

Utilizarea metodei observaționale presupune stabilirea și pregătirea unor date ce trebuie respectate și controlate pe parcursul execuției, referitoare la:

- domeniul admisibil de comportare al construcției și limitarea acestuia în funcție de tipul structurii;
- monitorizarea pe etape a lucrărilor cu prevederea măsurilor de intervenție în cazul depășirii domeniului admisibil;

- evaluarea pe etape a rezultatelor monitorizării;
- aplicarea măsurilor de intervenție dacă este cazul.

### 6.6.5. Raportul de proiectare geotehnică

În raportul de proiectare geotehnică, care constituie un capitol distinct al memoriului tehnic al proiectului, se vor respecta prevederile generale din SR EN 1997:1-2004 și după caz, cu eratele, amendamentele și anexele naționale asociate și se va include în mod obligatoriu programul de supraveghere și de monitorizare atât pentru perioada de execuție a lucrărilor cât și pentru perioada de exploatare a construcțiilor, ținând seama de aspectele specifice PSU și de reglementările tehnice, în vigoare, privind urmărirea comportării în timp a construcțiilor.

Pentru măsurarea tasărilor se vor avea în vedere prevederile STAS 2745/90.

## Capitolul 7. MĂSURI CONSTRUCTIVE ÎN CAZUL FUNDĂRII PE PSU

### 7.1. MĂSURI PENTRU PREVENIREA UMEZIRII TERENULUI DE FUNDARE

Indiferent de grupa de teren PSU care există într-un amplasament, atât în perioada de execuție cât și în timpul exploatarei construcțiilor, se vor adopta obligatoriu măsuri specifice pentru protejarea terenului contra umezirii, astfel:

- *Sistematizarea verticală și în plan* a amplasamentului pentru asigurarea colectării și evacuării rapide către un emisar a apelor din precipitații, prin prevederea unor pante de minimum 2 %; se va realiza inițial sistematizarea necesară pentru lucrările de execuție, urmând ca celelalte lucrări de sistematizare să se termine odată cu punerea în funcțiune a obiectivului; în cazul platformelor de construcții pe terenuri cu pante mai mari de 1:5, se vor prevedea măsuri de protecție împotriva apelor care se scurg de pe versanți, prin șanțuri de gardă a căror secțiune să asigure scurgerea debitului maxim al apelor meteorice; platformele de construcție situate pe versanți se vor nivela în terase cu pante de maximum 1:1, care se vor proteja prin diferite soluții tehnologice (brazde, înierbare, îmbrăcăminți din materiale locale, geosintetice etc.).
- *Colectarea și evacuarea rapidă a apei din precipitații* pe toată durata execuției săpăturilor prin amenajări adecvate (pante, puțuri, instalații de pompare etc.); în situația

în care la cota de fundare se constată existența unui strat de pământ afectat de precipitații, acesta va fi îndepărtat imediat înainte de turnarea betonului.

- *Evitarea stagnării apelor* în jurul construcțiilor, atât în perioada execuției cât și pe toată durata exploatarei, prin soluții constructive adecvate (trotoare, compactarea terenului în jurul construcțiilor, execuția de strate etanșe din argilă, pante corespunzătoare, rigole, cavaleri etc.).
- *Evitarea perturbării echilibrului hidrogeologic* fără a realiza lucrări care pot bara căile naturale de scurgerea a apei către emisarii naturali și artificiali în funcțiune conducând la ridicarea nivelului apei subterane; nu vor fi străpunse orizonturi impermeabile aflate deasupra pânzei freatice.
- *Protecția rețelelor purtătoare de apă* sau rezervoare, în caz de necesitate, prin prevederea unor soluții de impermeabilizare a terenului .
- *Evitarea pierderilor de apă* din rețelele edilitare și instalații prin alegerea soluțiilor adecvate din cele prezentate în ANEXA 7.
- *Execuția excavațiilor* pe porțiuni cu protejarea imediată a acestora.
- *Execuția umpluturilor* în jurul fundațiilor și pereților subsolurilor pe măsură ce acestea sunt realizate.

## **7.2.MĂSURI CONSTRUCTIVE LA ALEGEREA SOLUȚIILOR DE FUNDARE PE PSU**

În conformitate cu situațiile de proiectare definite la pct. 6.2, în cazul fundării pe PSU este necesară adoptarea unui complex de măsuri constructive pentru terenul de fundare și/sau construcție.

### **7.2.1. Măsuri pentru terenul de fundare**

#### **7.2.1.1. Prevenirea umezirii terenului (conform pct. 7.1).**

**7.2.1.2.** Îmbunătățirea terenului prin diferite tehnologii urmărind formarea unei noi structuri interne pentru întregul strat (desensibilizare la umezire).

La alegerea soluțiilor se vor respecta reglementările tehnice, în vigoare, privind îmbunătățirea terenurilor de fundare slabe prin procedee mecanice și se va ține seama de

prevederile secțiunii 5 din SR EN 1997-1:2004, și după caz, cu eratele, amendamentele și anexele naționale asociate.

Pot fi avute în vedere:

- compactarea intensivă;
- injectarea prin silicatizare;
- tratarea termică;
- coloane de îndesare având corpul realizat din beton simplu sau materiale locale compactate; la stabilirea materialului ce va fi utilizat în coloană se va ține seama de modul în care este influențată permeabilitatea stratului astfel îmbunătățit, corelat cu litologia specifică și măsurile referitoare la prezența apei; se interzice alcătuirea coloanelor din material granular permeabil;

La partea superioară, terenul îmbunătățit va fi închis (uniformizat și protejat) printr-un strat practic impermeabil.

Pentru aplicarea unei soluții se recomandă organizarea unui poligon experimental, înainte de a se trece la execuția lucrărilor.

**7.2.1.3.** Realizarea unei perne din material compactat controlat, pe stratul de PSU, eventual prin excavarea parțială a acestuia.

Vor fi evaluate tasările suplimentare la umezire ale PSU rămas neconsolidat, a căror probabilitate de apariție se va estima în funcție de toate celelalte măsuri prevăzute pentru evitarea umezirii.

*Se interzice alcătuirea pernei din material granular permeabil.*

Perna trebuie dimensionată și verificată pentru a asigura:

- o bună compactare a materialului;
- un modul de deformație în corpul său care să conducă la deformații compatibile cu structura ;
- o permeabilitate cât mai redusă (practic impermeabilă);
- o presiune la bază care să fie în concordanță cu caracteristicile geotehnice ale terenului aflat sub pernă.

**7.2.1.4.** Înlocuirea completă a stratului de PSU prin excavare și umplere controlată cu un material adecvat solicitărilor și caracteristicilor geotehnice ale stratului de bază insensibil la umezire.

**7.2.1.5.** Consumarea tasărilor suplimentare ale PSU prin:

- umezire dirijată;
- inundare sub încărcare suplimentară;
- explozii de adâncime.

**7.2.1.6.** Adoptarea unor sisteme de fundații (piloți, barete etc.) care să depășească stratul de PSU și să pătrundă într-un strat insensibil la umezire.

Aceste sisteme se vor utiliza atunci când deformațiile admisibile atât pentru structură cât și pentru funcționarea utilajelor tehnologice nu pot fi respectate doar prin adoptarea măsurilor prevăzute mai sus .

### **7.2.2. Măsuri referitoare la construcții fundate direct**

La fundarea directă pe terenuri constituite din PSU structura de rezistență a construcției trebuie să se poată adapta unor tasări neuniforme.

În acest sens se recomandă:

**7.2.2.1.** La structuri multietajate în cadre evitarea fundațiilor izolate și utilizarea de preferință a fundațiilor continue (grinzi încrucișate și radiere).

**7.2.2.2.** Micșorarea sensibilității construcțiilor la deformațiile terenului sporindu-le rezistența și rigiditatea spațială prin utilizarea centurilor armate, separarea în tronsoane de lungime limitată prin rosturi de tasare, întărirea și rigidizarea infrastructurii (subsol-fundații), alegerea unor forme în plan a construcțiilor cât mai simple; lungimea tronsoanelor se va stabili prin calcul în funcție de caracteristicile terenului de fundare și structura de rezistență a construcției (ANEXA 6).

### **7.2.3. Criterii pentru alegerea și gruparea măsurilor de limitare a mărimii tasărilor suplimentare prin umezire.**

Măsurile se adoptă în funcție de următoarele criterii:

- clasa de importanță, caracterul și destinația construcțiilor, natura proceselor tehnologice pe care le adăpostesc;
- sensibilitatea la umezire a pământului, exprimată prin grupa în care se încadrează terenul de fundare (A sau B) și prin mărimea tasărilor probabile prin umezire;
- gradul de seismicitate al regiunii în care este amplasată construcția;
- costul lucrărilor inițiale;
- costul lucrărilor de întreținere.

De regulă pot fi întâlnite două situații:

1. Terenul de fundare se încadrează în grupa A de PSU (Fig. 3, a). Cu linie punctată s-a marcat izobara rezistenței structurale care delimitează zona deformabilă superioară.

Pe lângă măsurile de protejere a terenului împotriva infiltrațiilor de apă (vezi pct.7.1.), se analizează, aplicând metodele de la punctul 7.2., eliminarea sensibilității la umezire a stratului pe o parte din zona deformabilă (Fig. 3, b) sau pe întreaga grosime a zonei deformabile (Fig. 3, c).

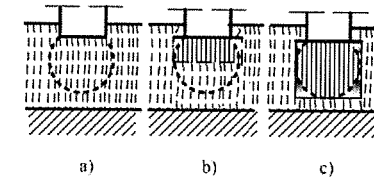


Fig. 3. Variante de fundare pe un teren din grupa A

2. Terenul de fundare se încadrează în grupa B de PSU (Fig. 4, a); zona deformabilă superioară I coexistă cu zona deformabilă inferioară III și cu zona inertă II. Se analizează soluții de eliminare a sensibilității la umezire de tipul celor pentru PSU grupa A, până la limita zonei deformabile superioare (Fig. 4, b).

Dacă aceste măsuri nu oferă garanții că tasările care pot apărea pe seama zonei deformabile inferioare pot fi menținute în limite acceptabile pentru structura de rezistență și pentru condițiile unei exploatare normale, se recurge la străpungerea stratului sensibil la umezire printr-o fundație de adâncime (Fig. 4, c).

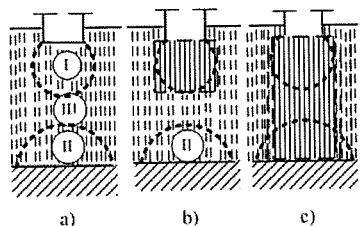


Fig. 4. Variante de fundare pe un teren din grupa B

Criteriul de bază pentru alegerea unei variante, indiferent de grupa de PSU, îl constituie mărimea tasării totale probabile.

Măsurile de mai sus se vor asocia cu cele referitoare la construcții (vezi pct.7.2.2.).

### 7.3. VERIFICAREA LUCRĂRILOR DE CONSTRUCȚII AMPLASATE PE PSU

Verificarea lucrărilor pe parcursul execuției și recepționarea lor se va face în conformitate cu prevederile prescripțiilor tehnice specifice diferitelor categorii de lucrări și cu reglementările legale în vigoare, cu următoarele precizări:

- Nu este admisă atacarea unei noi faze de execuție fără efectuarea verificărilor fazei anterioare, atât pentru lucrările ce devin ascunse cât și pentru lucrările de a căror calitate depinde protecția împotriva infiltrării apei în pământ, în fazele de execuție sau etapele următoare.
- La recepția de terminare a lucrărilor se va verifica și consemna în mod expres în procesele verbale de recepție, modul în care au fost respectate toate măsurile prevăzute pentru prevenirea degradărilor datorate umezirii terenului de fundare. Eventualele defecțiuni de natură a conduce la umezirea terenului nu pot fi încadrate în categoria deficiențelor admise pentru a fi remediate ulterior; în asemenea cazuri,

recepțiile vor fi amânate până la efectuarea remediilor.

- La recepția definitivă a obiectivului, se va verifica comportarea obiectelor independente recepționate anterior, precum și comportarea de ansamblu a întregului complex, dând atenție specială bunei funcționări a instalațiilor și rețelelor purtătoare de apă, sistematizării verticale a teritoriului precum și măsurilor luate prin proiectare și execuție, în vederea evitării umezirii terenului de fundare.

Toate actele privind verificările pe faze de execuție, inclusiv buletinele de laborator, diagrame, schițe, se vor păstra de către beneficiar și se vor prezenta la recepție, după care se vor anexa la cartea tehnică a construcției.

## Capitolul 8. EXPLOATAREA, ÎNTREȚINEREA ȘI MONITORIZAREA CONSTRUCȚIILOR ȘI INSTALAȚIILOR AMPLASATE PE PSU

Beneficiarii care exploatează sau folosesc construcții și instalații amplasate pe PSU vor lua măsurile necesare ca urmărirea, exploatarea și întreținerea construcțiilor, instalațiilor și amenajărilor din interiorul incintelor respective să se facă potrivit prevederilor proiectului și normelor în vigoare referitoare la întreținerea, repararea și urmărirea comportării construcțiilor.

Construcțiile fondate pe terenuri PSU vor fi monitorizate obligatoriu conform programului de supraveghere și de monitorizare (vezi pct. 6.6.5).

Toate datele privitoare la defecțiunile constatate și la operațiile de remediere sau reparare executate se vor trece în cartea tehnică a construcției.

La elaborarea documentației economice a investiției se vor avea în vedere toate cheltuielile necesitate de aplicarea prevederilor prezentului normativ, inclusiv cele pentru executarea lucrărilor legate de urmărirea comportării în timp a construcțiilor și terenului.

## DEFINIREA LOESSURILOR ȘI PĂMÂNTURILOR LOESSOIDE

Pentru mai buna înțelegere a formării și comportării PSU sunt preluate din literatura de specialitate unele date cu caracter orientativ.

**A1.1. DATE DIN DICȚIONARUL DE GEOGRAFIE FIZICĂ** - Editura Corint, 1999 (Ielenicz. M. și alții).

**LOESS** - rocă sedimentară detritică, predominant prăfoasă, friabilă, cu porozitate mare, neconsolidată sau slab consolidată, de culoare gălbuie până la brun - gălbuie; din punct de vedere mineralogic este specifică prezența carbonaților (predominant de calciu), deși există și loess lipsit de carbonați; loessul este permeabil, apele de infiltrație determinând procese de sufoziune, care duc la tasare și la formarea crovurilor; loessul se desprinde pe fețe verticale, favorizând formarea pereților abrupti.

Este o formațiune specifică pleistocenului, cu o origine controversată (fluvială, eoliană, deluvială, glaciară, fluvioglaciară, pedogenetică, complexă etc.).

**LOESS ARGILOS** - loess cu textură mai fină, având un conținut de argilă de aproximativ 25 - 30 %.

**LOESS NISIPOS** - loess cu textură mai grosieră, având un conținut de argilă de aproximativ 10 - 15 %.

**LOESS TIPIC** - loess cu textură mijlocie, având un conținut de argilă de aproximativ 15 - 25 %.

**A1.2. DATE DIN DICȚIONARUL DE GEOLOGIE** - Ed. Didactică și Pedagogică, 1998 (Anastasiu, N. și alții)

**LOESS**, depozit aleuritic, slab consolidat, pulverulent, cu aspect masiv, lipsit de stratificație și cu tendință de desprindere după plane verticale. Loessul are o culoare gălbuie sau gălbuie - albicioasă și o porozitate ridicată, cu spații libere tubulare. Conținutul

mineralogici alogeni sunt reprezentați prin cuarț, feldspați, miche, minerale argiloase și minerale grele, iar cei autigeni prin calcit (*păpuși de loess*), hidroxizi de aluminiu etc. Loessul reprezintă un depozit periglaciara și eolian, acumulat pe grosimi de zeci și sute de metri, în zona de câmpie și în zone submontane, pe platouri, în asociație cu depozite lacustre, fluviale și glaciare.

**A1.3. DATE DIN MINERALE ȘI ROCI SEDIMENTARE**-Ed. Tehnică, 1977 (Anastasiu N)

**LOESS ȘI ROCI LOESSOIDE:** Depozitele mobile, relativ omogene, reprezentând acumulări de material aleuritic.

*Clasificarea granulometrică a loessurilor* (după D. Rădulescu, 1965)

Clase granulometrice (mm)		0,25 - 0,1	0,1 - 0,05	0,05 - 0,01	< 0,01
		Variatăți texturale (%)			
Slab argiloase	Prăfoase	0 - 5	< 15	> 50	< 35
	Prăfoase și fin nisipoase	0 - 10	15 - 25	> 40	< 15
	Fin nisipoase	0 - 15	> 25	> 30	< 15
Argiloase	Prăfoase	0 - 5	< 15	> 50	< 25
	Prăfoase și fin nisipoase	0 - 10	15 - 25	> 40	20 - 25
	Fin nisipoase	0 - 15	< 25	> 30	20 - 25

*Descriere macroscopică.* Loessurile formează depozite pulverulente (prăfoase) cu aspect masiv (lipsite de stratificație) și cu tendință de desprindere după plane verticale. De obicei sunt friabile, de culoare gălbuie sau gălbui - albicioase, au o porozitate ridicată și conțin spații libere, tubulare.

*Textură aleuritică* determinată de granule cu diametrul mediu cuprins între 0,06-0,02 mm. Forma particulelor este frecvent tabulară sau lamelară, cu grad de rotunjire scăzut. Sortare slabă. Prezența fracțiunilor pelitice determină variațiile texturale.

*Conținutul mineralogic.* Conținutul alogeni sunt reprezentați prin: cuarț (29-70%), feldspați (20-40%), miche (~ 25%), minerale argiloase, minerale grele (1-2%), amfiboli, piroxeni, epidot, zoizit, granați, turmalină, ilmenit, zircon și bioclaste. Cuarțul apare ca granule



microcristaline ( $\approx 0,04$  mm), colțuroase, cu suprafața mată, rugoasă. Feldspații plagioclazi și potasici sunt, de obicei, caolinizați. Micele frecvente sunt biotitul și muscovitul. Frațiunea argiloasă este, de obicei, nesaturată în calciu (Ca) și reprezentată prin caolinit, illit, montmorillonit. Bioclastele sunt reprezentate, de obicei, prin gasteropode cuaternare.

Constituenții *autigeni* sunt reprezentați prin: calcit, minerale argiloase, oxizi de aluminiu. Calcitul apare frecvent concreționar (forme foarte diverse, numite *păpuși de loess*). Mineralele argiloase apar pe seama constituenților alogeni, în zonele cu umiditate excesivă.

*Varietăți mineralogice: lehm* - depozit loessoid provenit din decalcifierea unor loessuri, caracterizat prin îmbogățiri cu oxizi de fier și minerale argiloase - strict neomogene; *lut loessoid* - caracterizat prin prezența nisipului și a mineralelor grele, structură neomogenă.

#### A1.4. CU PRIVIRE LA GENEZA LOESSURILOR ȘI PĂMÂNTURILOR LOESSOIDE

au fost emise mai multe teorii dintre care cele mai acceptate sunt:

-*ipoteza eoliană*, care consideră că loessul s-a format prin depunerea prafului transportat de vânt în zone cu vegetație;

-*ipoteza deluvială*, care consideră că loessul a fost depus în văi largi, prin procesul de spălare și transport al materialelor dezagregate de pe suprafața versanților;

-*ipoteza privind producerea stării de sub-îndesare* a loessurilor prin formarea lor eoliană sau deluvială în condițiile unui climat uscat; este considerată cea mai verosimilă ipoteză.

**A1.5. POTRIVIT CRITERIULUI GENETIC**, clasificarea pământurilor loessoide, în afară de loessurile tipice reliefează o serie de alte formațiuni, cum ar fi:

-*lutul loessoid*, provenit din alterarea loessului având un conținut mai mare de argilă și păstrând o parte din proprietățile specifice ale pământului din care a luat naștere;

-*nisipul loessoid eolian*, format prin remanierea aluviunilor fluviale sub acțiunea vântului;

-*aluviunile loessoide*, rezultate prin acțiunea succesivă de sfărâmare și transport a apelor și vântului;

-*loessul lacustru*, alcătuit din depunerea pulberilor în stare afânată pe fundul unor lacuri care ulterior au secat.

Perioada de formare a pământurilor macroporice din România se situează în exclusivitate în Cuaternar.

## RĂSPÂNDIREA LOESSURILOR ȘI PĂMÂNTURILOR LOESSOIDE ÎN ROMÂNIA

Loessurile și pământurile loessoide constituie principalele roci de acoperire până la altitudini de 400 m, în cea mai mare parte a Câmpiei Române (cu excepția șesurilor aluvionare, a zonelor de divagare și dunelor) în Dobrogea Centrală și de Sud precum și în Podișul Moldovei (cu excepția luncilor și a unei părți din Podișul Bârladului).

Pe suprafețe restrânse, aceste formațiuni se întâlnesc și în Banat și Crișana precum și în zona subcarpatică și în nordul Dobrogei. Apar foarte rar în Transilvania. În tabelul A2.1 sunt prezentate grosimi ale depozitelor de loess din România.

Tabelul A2.1. Grosimi ale depozitelor loessoide in Romania (orientativ)

Locație	Grosime depozit investigat
Malul Drept al Dunării de la Ostrov spre aval,	30 m
Cernavodă, Tulcea – malul stâng al Brațului Borcea	40-60 m
Tecuci - Nicorești	50 m
Valea Ialomiței – Marculești, Țândărei	30 m
Brăila, Galați	10-35 m
Fetești	25-35 m
Constanța	6-10 m
Giurgiu	6-10 m
Câmpia Covurlui	7 m
Oraș Tecuci	7-8 m

O hartă ce schematizează răspândirea teritorială a pământurilor sensibile la umezire în România se prezintă în figura A.2.1 (după Popescu D.-1965). În figurile A2.2 + A2.7 sunt prezentate hărțile privind raionarea PSU în județele unde aceste pământuri au o pondere însemnată.

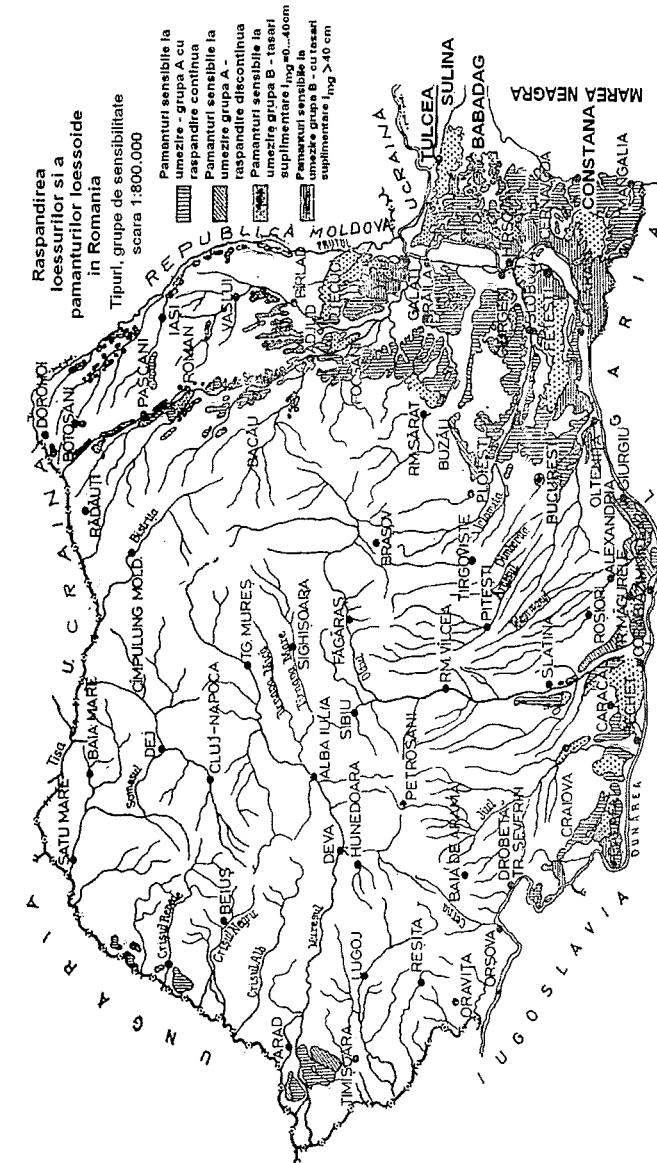


Fig.A2.1. Răspândirea loessurilor și pământurilor loessoide în România

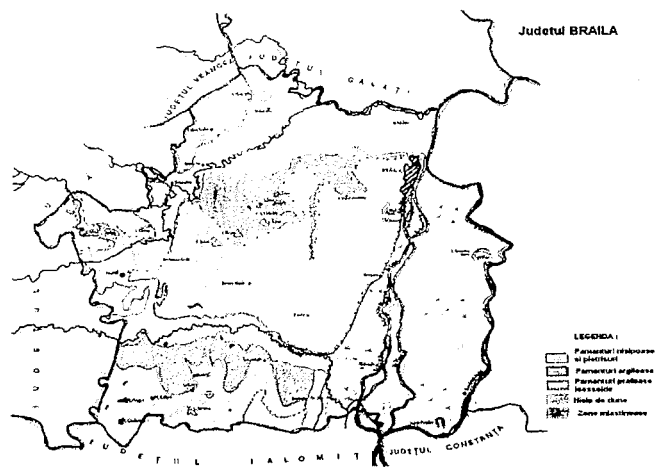


Fig. A2.2. Răspândirea loessurilor și pământurilor loessoide în județul Brăila

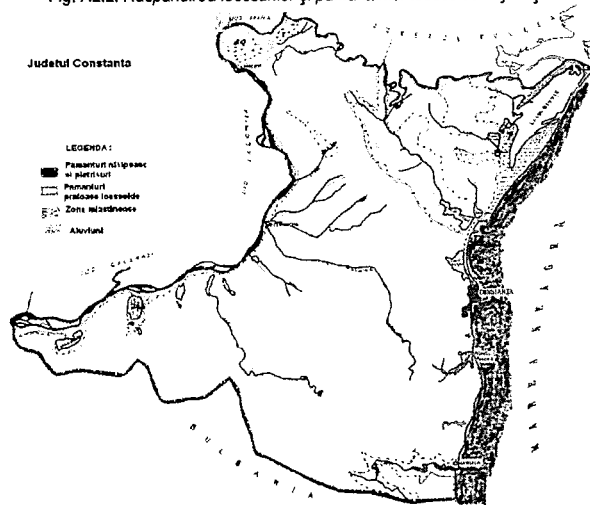


Fig. A2.3. Răspândirea loessurilor și pământurilor loessoide în județul Constanța

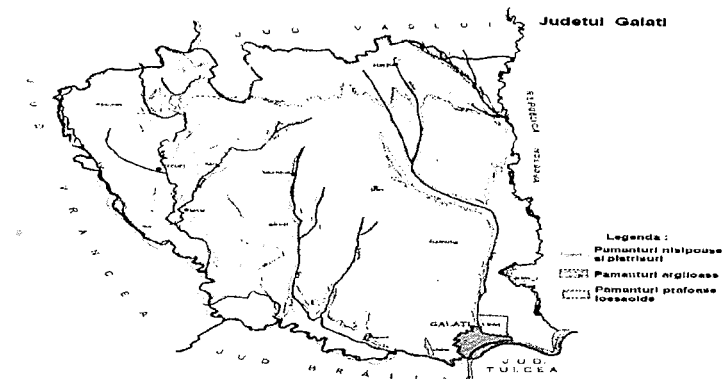


Fig.A2.4. Răspândirea loessurilor și pământurilor loessoide în județul Galați

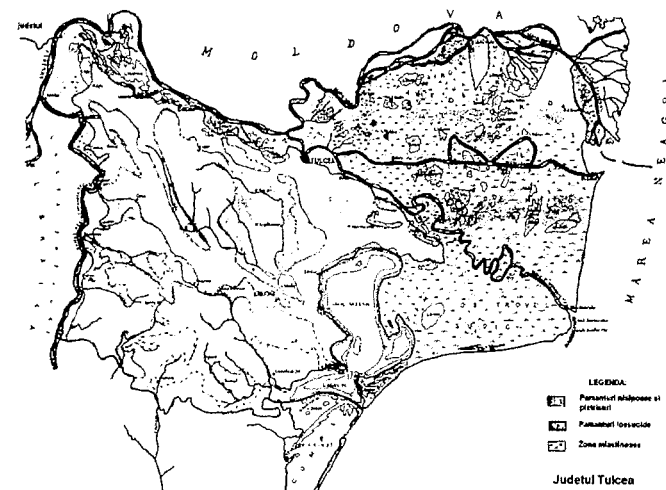


Fig. A2.5. Răspândirea loessurilor și pământurilor loessoide în județul Tulcea



Fig. A2.6. Răspândirea loessurilor și pământurilor loessoide în județul Călărași

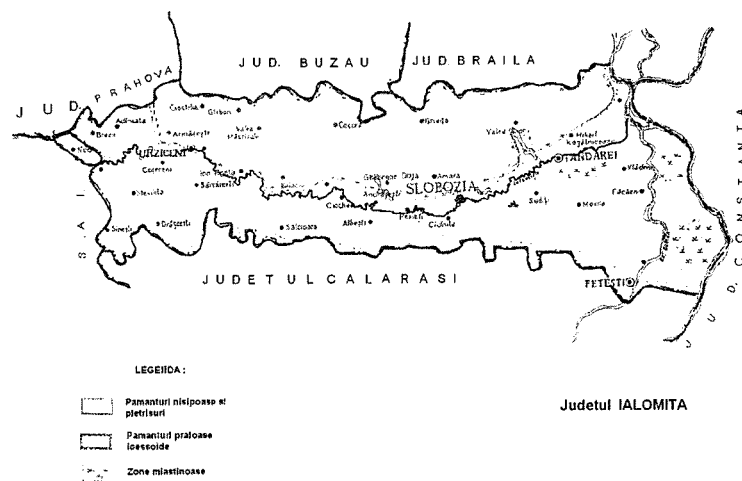


Fig. A2.7. Răspândirea loessurilor și pământurilor loessoide în județul Ialomița

## ELEMENTE PENTRU IDENTIFICAREA ȘI CARACTERIZAREA PSU

### A3.1. CERINȚE SPECIFICE LA INVESTIGAȚII GEOTEHNICE PE TEREN

Pentru identificarea și caracterizarea PSU investigarea terenului de fundare se va efectua în conformitate cu prescripțiile tehnice în vigoare, ținând seama de următoarele recomandări:

- a) Lucrări de prospectare și prelevare de probe:
- forajele geotehnice se vor executa numai în uscat;
  - probele de pământ se vor recolta cel puțin din metru în metru;
  - este indicat ca probele care vor servi încercărilor în edometru să fie recoltate de preferință sub formă de monoliți, din săpături deschise, puțuri sau foraje cu diametrul de peste un metru (prin decupare din strat);
  - în cazul probelor recoltate în ștuțuri se vor folosi dispozitive care să asigure prelevarea netulburată a probelor; se vor prefera ștuțuri cu pereți subțiri;
  - se vor stabili în mod obligatoriu natura și caracteristicile formațiunii la baza depozitului sensibil la umezire, precum și natura, extinderea și caracteristicile eventualelor intercalații din cuprinsul acestui depozit.
- b) Încercări pe teren:
- Încercările de probă pe plăci (STAS 8942/3-90) se vor efectua atât în condiții de umiditate naturală, cât și ori de câte ori este posibil în condiții de inundare. Încărcarea se va face până la o presiune de cel puțin 300 kPa, în trepte de 25 ... 50 kPa, suprafața minimă de încărcare fiind de 1,00 m<sup>2</sup>. La inundarea terenului de sub placă se va asigura menținerea constantă a unei adâncimi a apei de 10 ... 15 cm în groapa de încercare; pe fundul acesteia se va așterne un strat de pietriș mărgăritar de 3...5 cm grosime. Inundarea va începe cu cel puțin 15 zile înaintea încărcării și se va menține pe toată durata acesteia.

- Incinta experimentală de inundare pentru determinarea tasării efective  $I_{mg}^{ef}$  sub greutatea proprie a terenului va avea dimensiunile în plan cel puțin egale cu grosimea depozitului de loess sensibil la umezire, dar nu mai mici decât 20,00x20,00 m. Inundarea sub un strat de apă de 0,3 ... 0,5 m grosime va fi menținută neîntrerupt până la amortizarea tasărilor. Se vor urmări tasările de suprafață, în interiorul și exteriorul incintei inundate (prin reperi - borne topometrice), tasările diverselor orizonturi din adâncime (cu ajutorul reperilor mecanici, electroinductivi, radioactivi etc.) precum și avansarea umezirii în adâncime (prin doze de umiditate, radiometrie etc.). Amortizarea tasărilor se consideră atinsă atunci când ritmul tasărilor de suprafață pentru reperi din incintă nu depășește 1 cm/săptămână, timp de cel puțin două săptămâni. Încercarea poate fi considerată terminată dacă timp de o lună nu se înregistrează nici o tasare.
- Alte încercări speciale: încercări pe fundații la scară redusă și încercări cu lada pe suprafețe de 10 x 10 m<sup>2</sup>.

Parametrii geotehnici specifici PSU care se pot obține prin încercări pe teren sunt:

- rezistența structurală ( $\sigma_0$ ) care corespunde:
  - presiunii  $p_l$  la limita de proporționalitate pe graficul presiune - tasare ( $\frac{p}{s_f} = \text{constant}$ ), în cazul încărcărilor de probă cu placa efectuate în condiții de inundare;
  - presiunii din greutatea proprie a PSU (sarcina geologică) la adâncimea de la care începe să se producă tasarea sub greutatea proprie la inundarea de la suprafață în incinte experimentale.
- tasarea terenului natural  $s_n$  din încercarea cu placa;
- tasarea terenului inundat  $s_i$  din încercarea cu placa;
- modulul de deformație lineară  $E$  din încercarea cu placa.
- tasarea efectivă  $I_{mg}^{ef}$  sub greutate proprie la inundare în incinta experimentală;

## A3.2. CERINȚE SPECIFICE LA ÎNCERCĂRI ÎN LABORATOR

### A3.2.1. Compoziția și proprietăți fizice

La determinarea compoziției granulometrice a PSU se vor respecta prevederile STAS 1913/5-1985).

Pentru obținerea indicilor ce reflectă proprietățile fizice se vor respecta prevederile SR EN 1997-2:2007, și după caz, cu eratele, amendamentele și anexele naționale asociate și standardele în vigoare: STAS 1913/1-82 pentru determinarea umidității, STAS 1913/4-86 pentru determinarea limitelor de plasticitate, STAS 1913/2-76 pentru determinarea densității scheletului, STAS 1913/5-85 pentru determinarea granulozității, STAS 1913/6-76 pentru determinarea permeabilității.

### A3.2.2. Proprietăți mecanice

Parametrii specifici necesari a fi determinați în laborator sunt:

- valoarea indicelui tasării specifice la umezire,  $i_{m\sigma}$  (în cm/m sau %);
- rezistența structurală,  $\sigma_0$  (în kPa) - vezi figura A3.1;
- indicele tasării specifice la umezire pentru treapta de 300 kPa ( $i_{m300}$ ) (încercarea simplă) – vezi figura A3.2;
- modulul de deformație edometrică,  $E_{oed}$ .

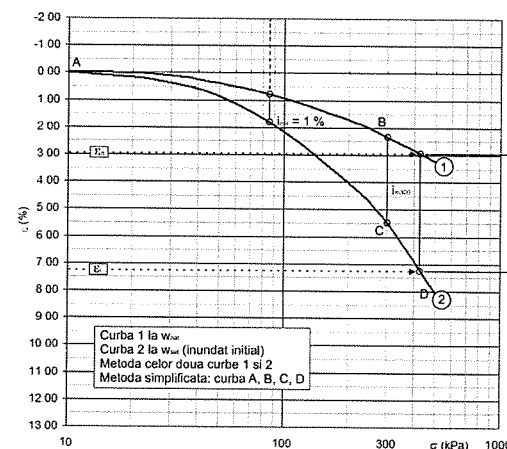


Fig. A3.1.

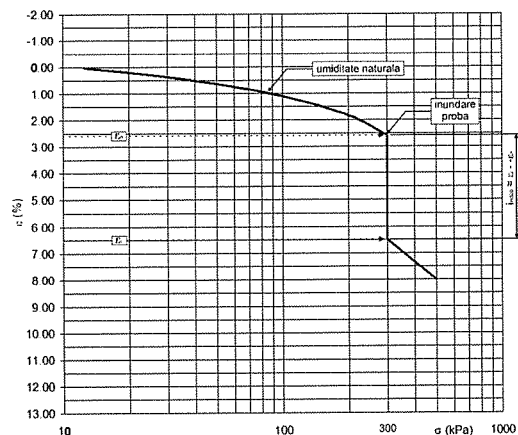


Figura A3.2.

Indicele tasării specifice la umezire ( $i_{m\sigma}$ ) este diferența de tasare specifică, la o presiune  $\sigma$  pe curba presiune - tasare, obținută pentru proba cu umiditate naturală ( $\epsilon_n$ ) și respectiv inundată inițial ( $\epsilon_i$ ), în cadrul unor încercări duble în edometru (STAS 8942/1-1989 și SR EN 1997-2:2007 și după caz, cu eratele, amendamentele și anexele naționale asociate.);  $i_{m\sigma} = \epsilon_i - \epsilon_n$  [%].

Rezistența structurală  $\sigma_0$  a PSU reprezintă presiunea minimă pentru care se produce fenomenul de tasare suplimentară prin umezire (până la saturare). Ea corespunde:

- presiunii corespunzătoare unui indice al tasării specifice  $i_{m\sigma} = \epsilon_i - \epsilon_n = 0,01 = 1\%$  în încercările edometrice.

Selectarea valorilor lui  $\sigma$  se va face în funcție de tipul fundației astfel:

- pentru fundații izolate și continui  $\sigma_0$  se va stabili prin încercări edometrice și/sau încercări de probă cu placa;
- pentru radiere generale  $\sigma_0$  se va stabili prin încercări edometrice și/sau prin inundări în incinte experimentale.

Rezistența structurală este variabilă cu adâncimea terenului sensibil la umezire și această variație se va stabili prin încercări edometrice în corelație cu determinările pe teren (atunci când acestea există).

Indicele tasării specifice la umezire ( $i_{m300}$ ) este diferența de tasare specifică, la presiunea de 300 kPa pe curba presiune - tasare, obținută pentru proba cu umiditate naturală ( $\epsilon_n$ ) și respectiv inundată inițial ( $\epsilon_i$ ), în cadrul unor încercări duble în edometru (STAS 8942/1-1989 și SR EN 1997-2:2007 și după caz, cu eratele, amendamentele și anexele naționale asociate);  $i_{m\sigma}$  [%].

Modulul de deformație edometrică ( $E_{oed\ i-j}$ ) se determină între două trepte de presiune ( $\sigma_i$  și  $\sigma_j$ ) și se calculează cu relația:

$$E_{oed\ i-j} = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\epsilon} = \frac{\sigma_j - \sigma_i}{\epsilon_j - \epsilon_i}$$

Uzual se determină  $E_{oed\ 200-300}$  între treptele de 200 și 300 kPa.

În tabelul A3.1. se prezintă orientativ valori ale parametrilor geotehnici pentru PSU din România, iar în tabelul A3.2. se prezintă pentru pământuri loessoide din România valori ale rezistențelor structurale.

Tabelul A3.1. Limitele de variație ale caracteristicilor fizice și mecanice pentru PSU în stare naturală (România)

Denumire caracteristică	Simbol	U.M.	Valoarea caracteristicii
Densitatea scheletului	$\rho_s$	g/cm <sup>3</sup>	2,52 - 2,67
Greutatea volumică în stare naturală	$\gamma$	kN/m <sup>3</sup>	12,0 - 18,0
Greutatea volumică în stare uscată	$\gamma_d$	kN/m <sup>3</sup>	11,0 - 16,0
Umiditatea naturală	$w$	%	6 - 15
Porozitatea	$n$	%	40 - 55
Limita de curgere	$w_L$	%	12 - 30
Limita de frământare	$w_P$	%	9 - 18
Indicele de plasticitate	$I_P$	%	5 - 22
Presiunea de umflare	$p_u$	kPa	0 - 10
Coefficientul de permeabilitate	$k$	m/sec.	10 <sup>-4</sup> - 10 <sup>-6</sup>
Tasarea suplimentară la $\sigma = 100$ kPa	$i_{m100}$	%	0 - 0,6
Tasarea suplimentară la $\sigma = 200$ kPa	$i_{m200}$	%	1 - 4
Indice tasare specifică suplimentară la $\sigma = 300$ kPa	$i_{m300}$	%	2 - 14
Modulul de deformație edometrică	$E_{oed\ 200-300}$	kPa	5000 - 15000

Unghiul de frecare internă	$\varphi$	grade	5 – 25
Coeziunea	$c$	kPa	10 - 30

Tabelul A3.2. Valorile rezistențelor structurale pentru pământuri loessoide din România

Localitatea	Procentaj de argilă	Rezistența structurală $\sigma_0$
București	35 %	150 kPa
Iași, Constanța	25 %	80 - 100 kPa
Medgidia, Cernavodă	20 %	60 kPa
Fetești	10 - 12 %	25 kPa
Tulcea, Galați, Brăila	15 %	30 kPa
Turmu Măgurele, Zimnicea	20 %	50 – 80 kPa

Caracterizarea pământurilor sensibile la umezire poate fi reprezentată prin amprente, iar comportarea lor în funcție de umiditate și îndesare prin diagrama de stare, care prevede reprezentarea în abscisă a umidității  $\omega$  în procente, iar în ordonată a volumului specifice  $V$  în  $\text{cm}^3$  (volumul corespunzător la 100 grame de material uscat).

Aceste reprezentări sunt descrise detaliat în *Normativ pentru proiectarea și executarea construcțiilor fundate pe pământuri cu umflări și contracții mari (PUCM)*, indicativ NP 126/2010.

**PRESIUNI CONVENȚIONALE DE CALCUL ( $p_{conv}$ ) PENTRU TERENURILE DE FUNDARE CONSTITUITE DIN PSU AVÂND  $S_r \leq 0,8$**

Tabel A4.1. PSU în stare naturală

Denumirea pământului		$p_{conv}$ (kPa)			
		Stare de saturație $S_r$			
		$S_r = 0,4$		$S_r = 0,8$	
		$e = 0,65$	$e \geq 1$	$e = 0,65$	$e \geq 1$
Loess	Nisipos	130	110	120	100
	Prăfos	140	120	130	110
	Argilos	150	130	140	120
Pământuri loessoide	Nisipuri argiloase	150	130	140	120
	Prafuri nisipoase	160	140	150	130
	Prafuri argiloase	170	150	160	140
	Argile prăfoase	180	160	170	150

Observații:

1. Presiunile  $p_{conv}$  date în tabelul A4.1 corespund suprafeței terenului natural constituit din PSU și sunt valabile pentru orice lățime a fundației B.
2. Valorile presiunilor convenționale corespunzătoare unei situații de proiectare se determină utilizând valorile de bază din tabelul A4.1 corectate în funcție numai de adâncimea de fundare cu valoarea  $D_f$ , care se adaugă la valoarea din tabel.
3. Pentru PSU cu grade de saturație intermediare, valorile  $p_{conv}$  se determină prin interpolare.
4. În situația unui pământ inundat ( $S_r > 0,8$  se va avea în vedere rezistența structurală  $\sigma_0$ ).
5. Pentru construcții fundate pe teren natural PSU, fără măsuri de îmbunătățire, se vor avea în vedere următoarele:
  - dimensiunea minimă a fundației să nu fie mai mică de 0,6 m;
  - pentru fundațiile exterioare, adâncimea de fundare va fi de minimum 1,5 m;
  - pentru fundațiile interioare adâncimile minime de fundare vor fi de 1,0 m;
  - tălpile fundațiilor vor fi coborâte sub pardoseala subsolului cu minimum 0,80 m;
  - fundarea trebuie să se facă în mod obligatoriu sub zona cu frecvente găuri de rozătoare și trebuie să depășească stratul vegetal, cu luarea în considerare a adâncimii de îngheț.
6. Prin compactare la un grad de compactare Proctor D = 95% presiunile convenționale ale PSU cresc cu cca. 15 + 20 %.

**EVALUAREA TASĂRILOR SUPLIMENTARE PROBABILE PRIN UMEZIRE A PSU**

**A5.1.** Prezenta anexă cuprinde modul de calcul pentru stabilirea următoarelor elemente:

- $l_{mg}$  - tasarea suplimentară prin umezire sub greutate proprie (sarcină geologică);
- $l_{mp}$  - tasarea suplimentară prin umezire, sub acțiunea încărcărilor transmise de fundații, pentru grupările de încărcări de compresiune;
- $s$  - tasarea totală suplimentară prin umezire ( $s = l_{mg} + l_{mp}$ );
- $\Delta s$  - diferența maximă de tasare suplimentară prin umezire.

Valorile obținute prin calcul utilizează rezultatele încercărilor de compresibilitate în laborator și pe teren (dacă este posibil) – fig. A5.1.

Metoda de calcul este cea a însumării tasărilor stratelor elementare (NP 112/2004).

**A5.2.** Tasarea suplimentară prin umezire, sub sarcină geologică ( $l_{mg}$ ) se calculează pe toată grosimea stratului sensibil la umezire ( $i_{m3} \geq 2\%$ ) cu relația:

$$I_{mg} = \sum_1^N i_{mg} \cdot h_i \quad (m)$$

în care:

- $N$  - numărul strater elementare de calcul;
- $h_i$  - grosimea strater elementare;
- $i_{mg}$  - indicele tasării specifice suplimentare prin umezire a stratului elementar  $i$  sub greutate proprie și se obține pe baza rezultatelor încercărilor edometrice duble cu relația:

$$i_{mg} = \varepsilon_{gi} - \varepsilon_{gn}$$

unde:

- $\varepsilon_{gi}$  - deformația specifică a pământului inundat pentru  $\sigma_{gi}$  (sarcina calculată cu greutatea volumică a pământului saturat  $\gamma_{sat}$ );
- $\varepsilon_{gn}$  - deformația specifică a pământului natural pentru  $\sigma_{gn}$  (sarcina geologică corespunzătoare mijlocului stratului elementar calculată cu greutatea volumică în stare naturală  $\sigma$ );

**Observații:**

1. Tasarea suplimentară prin umezire sub sarcină geologică  $l_{mg}$  constituie criteriu de încadrare în grupa A ( $l_{mg} < 5$  cm) sau B ( $l_{mg} \geq 5$  cm) și se va calcula într-o primă etapă, indiferent de situațiile de proiectare ce pot apare ulterior.
2. Dacă pe adâncime sunt zone în care rezistența structurală  $\sigma_0 \geq \sigma_{gi}$ , se va ține seama în calculul  $l_{mg}$  astfel

$$i_{mg} = \varepsilon_{gi} - \varepsilon_{gn} + 0,01$$

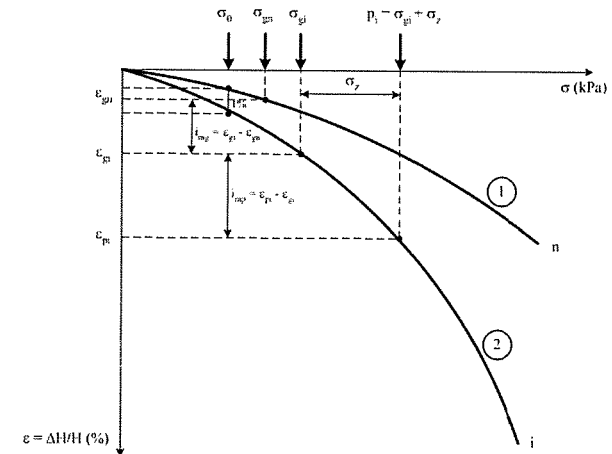


Fig. A5.1. Curbe de compresiune medii pentru probe netulburate, cu umiditatea naturală (curba 1) și inundate inițial (curba 2)

**A5.3.** Tasarea suplimentară prin umezire sub încărcarea transmisă de fundație ( $l_{mp}$ ) se calculează de la cota de fundare  $D_f$  pentru toate zonele deformabile din teren (conform pct. 6.6.1.2.1)cu relația:



$$I_{mp} = \sum_{i(D_f)}^{N'} i_{mp} \cdot h_i \quad (m)$$

în care:

- $N'$  - numărul straturilor elementare de calcul în zonele deformabile din teren;
- $h_i$  - grosimea stratului de pământ de ordinul  $i$  (în m), se stabilește ca la pct. 1;
- $D_f$  - adâncimea de fundare.
- $i_{mp}$  - indicele tasării specifice suplimentare prin umezire a stratului elementar sub sarcină de la fundație și se obține pe baza rezultatelor încercărilor edometrice duble cu relația:

$$i_{mp} = \varepsilon_{pi} - \varepsilon_{gi}$$

unde:

- $\varepsilon_{pi}$  - deformația specifică a pământului inundat, pentru  $p_i = \sigma_{gi} + \sigma_z$
- $\varepsilon_{gi}$  - deformația specifică a pământului inundat, pentru  $\sigma_{gi}$ .
- $\sigma_{gi}$  - conform pct. A5.2
- $\sigma_z$  - efortul unitar vertical din încărcarea adusă de fundație ( $p_{net}$ ) la mijlocul stratului elementar de calcul - conform NP 112/2004.

**A5.4.** Estimarea tasărilor totale suplimentare probabile prin umezire  $s = I_{mg} + I_{mp}$  se realizează pentru zonele deformabile din teren - conform situațiilor din Capitolul 6 (6.6.1.2.1 - figura 2).

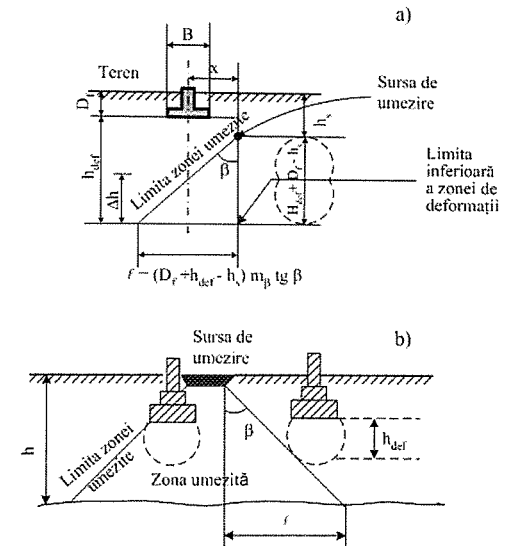


Fig. A5.2. Scheme pentru calculul tasărilor și diferențelor de tasare la umezirea PSU: a) Schema pentru stabilirea zonei inferioare de tasare suplimentară  $\Delta h$ , sub axa verticală a unei fundații situată lateral față de sursa de umezire; b) Schema pentru calculul diferenței de tasare la umezire a fundațiilor, pe terenuri din grupa A

**A5.5.** Tasările suplimentare, diferențele de tasare suplimentară și înclinările fundațiilor izolate din zona de infiltrare a apei, lateral față de sursa de umezire (Fig. A5.2) se determină ținând seama de limita  $\Delta h$  a zonei de umezire a straturilor inferioare, care poate fi stabilită cu relația:

$$\Delta h = D_f + h_{def} - h_s - \frac{x}{\text{tg}\beta'}$$

unde:

- $D_f$  - adâncimea de fundare față de cota terenului;
- $h_{def}$  - adâncimea zonei de deformație sub talpa fundației;
- $x$  - distanța de la limita sursei de umezire până la axa fundației analizate;
- $\text{tg}\beta' = m_\beta \cdot \text{tg}\beta$
- $m_\beta$  - coeficient care ia în considerare variația posibilă a unghiului de infiltrare laterală

a apei în raport cu sursa de umezire, datorită stratificației terenului,  
care se va lua:

- pentru terenuri omogene  $m_{\beta} = 1$ ;
- dacă stratul din bază este mai puțin permeabil decât cel superior  $m_{\beta} = 1.5$ ;
- dacă stratul din bază este mai permeabil decât cel superior  $m_{\beta} = 0,7$ ;

$h_s$  - adâncimea la care se află sursa de umezire față de cota terenului;

$\beta$  - unghiul de infiltrație a apei în teren, care se ia în funcție de permeabilitatea stratului:

- pentru loessuri și pământuri loessoide argiloase  $\beta = 35^\circ$ ;
- pentru loessuri și pământurilor loessoide nisipoase  $\beta = 50^\circ$ ;

Distanța/de la sursa de umezire, pe care se manifestă neuniformitatea tasărilor suplimentare se determină cu relația:

$$l = (D_f + h_{inj} - h_s) g \beta'$$

unde notațiile sunt aceleași ca mai sus.

**A5.6.** În cazul umezirii intense a terenului pe suprafețe cu lățimea  $B$  mai mare decât grosimea pachetului PSU ( $h$ ) sau a ridicării nivelului apei subterane se calculează (conform pct. A5.2) o valoare a tasării maxime la umezire ( $I_{mg}^M$ ) din greutatea proprie a pământului (Fig.A5.3a).

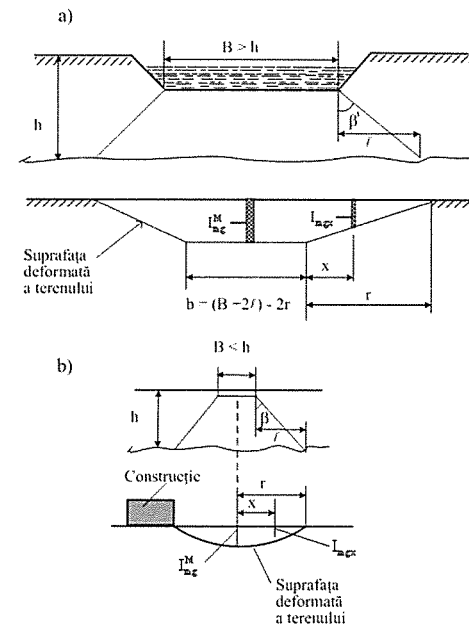


Fig. A5.3. Deformația sub greutate proprie a PSU la umezire:  
a) Cazul umezirii pe suprafețe mari. b) Cazul umezirii locale, pe suprafețe de dimensiuni reduse

**A5.7.** În cazul PSU grupa B, la umezirea locală sau de scurtă durată, tasarea suplimentară la umezire din greutate proprie ( $I_{mg}$ ) se determină cu relația:

$$I_{mg} = I_{mg}^M \sqrt{\frac{B}{h} \left( 2 - \frac{B}{h} \right)}$$

**A5.8.** Tasarea la umezire sub greutatea proprie a pământului, în diferite puncte ale suprafeței de inundare și în afara ei se determină cu formula:

$$I_{mgx} = 0.5 I_{mg}^M \sqrt{\frac{B}{h} \left( 1 + \cos \frac{\pi \cdot x}{r} \right)}$$

unde:

- $I_{mg}^M$  - tasarea maximă la umezire sau tasarea probabilă la umezire, sub greutate proprie, în centrul suprafeței de umezire (inundare);
- $x$  - distanța din centrul suprafeței inundate sau de la limita părții orizontale

a suprafeței deformate a terenului, până la punctul în care se determină mărimea tasării (în limitele  $0 < x < r$ );

$r$  - lungimea de calcul a porțiunii curbilinie a suprafeței deformate a terenului, ce se determină cu formula:

$$r = h(0.5 + tg\beta')$$

în care notațiile sunt.

$b$  - lungimea sectorului orizontal pe care tasarea este maximă

$$b = B + 2h - 2r$$

**A5.9.** Înclinările sau rotirile secțiunilor verticale ( $tg \theta$ ) după consumarea tasărilor suplimentare se obțin cu relația:

$$tg \theta = -0,5 \frac{I^M}{\pi} \cdot r \cdot \sin \frac{\pi x}{r}$$

## ELEMENTE REFERITOARE LA STRUCTURA DE REZISTENȚĂ A CLĂDIRILOR FUNDATE PE PSU

În scopul asigurării unei bune comportări a construcțiilor fondate pe PSU, pe lângă măsurile de eliminare a sensibilității la umezire a terenului se pot adopta măsuri care conduc la micșorarea influenței deformațiilor neuniforme ale terenului asupra construcțiilor. Acestea constau din:

a. Forma în plan a construcțiilor va fi cât mai simplă, fără intrânduri și ieșinduri, ramificații etc. În cazul unor construcții cu suprafețe mari sau cu o formă în plan mai complicată construcția va fi împărțită în tronsoane de formă simplă, prin rosturi.

Se va evita amplasarea alăturată a unor tronsoane de înălțime sau încărcări mult diferite.

b. Separarea construcțiilor în tronsoane delimitate prin rosturi de tasare; rapoartele dintre dimensiunile generale ale tronsonului se recomandă a se situa între următoarele limite, dacă prin calcule și prevederea unor măsuri constructive specifice nu rezultă alte valori

$$\frac{b}{l} \leq \frac{1}{2}; \quad \frac{h_t}{l} \geq \frac{1}{2}$$

în care:

$b, l$  – lățimea și lungimea tronsonului,

$h_t$  – înălțimea totală de la nivelul de fundare până la ultimul planșeu acoperiș

c. Rosturile de dilatare-tasare dintre tronsoane vor avea deschideri corespunzătoare, pentru a permite rotirea independentă a tronsoanelor, ca urmare a tasării inegale.

Lățimea minimă a rosturilor se determină cu relația:

$$b_{\text{rost}} = 2h_t \cdot tg \theta + 0,05 \quad [m]$$

în care:

$\operatorname{tg} \theta = \frac{\Delta B - \Delta A}{l}$  - este rotirea posibilă a tronsonului în cazul umezirii la unul din capete;

$l$  - lungimea totală a tronsonului;

$\Delta B - \Delta A$  - diferența de tasare între capetele  $A$  și  $B$  ale tronsonului, ținând seama de caracteristicile terenului natural și de soluția de fundare.

Se va analiza la rost soluția unor fundații comune sau independente.

Se recomandă ca tronsoanele alăturate să fie fundate în general la același nivel.

d. Aplicarea unor măsuri pentru asigurarea conlucrării elementelor structurii:

Se vor prefera structurile cu rigiditate de ansamblu mare ca de exemplu structură cu diafragme din beton armat; diafragme continue, fără decalări în plan, pe toată lungimea tronsonului.

Se va prevedea o infrastructură rigidă, cu pereți din beton armat continui pe cele două direcții principale, formând împreună cu tălpile de fundație și cu planșeul peste subsol o structură casetată.

## MĂSURI SPECIALE REFERITOARE LA LUCRĂRILE EDILITARE ȘI DE INSTALAȚII ÎN CAZUL PSU

Soluțiile pentru lucrările edilitare și de instalații, care se vor adopta vor fi corelate și analizate împreună cu soluțiile de fundare a construcțiilor.

**A7.1.** Rețelele de apă și canalizare se pot amplasa direct în teren fără canale de protecție, indiferent de grupa terenului de fundare, în cazul în care în eventualitatea unor pierderi de apă, nu se estimează deformații sau deplasări ale construcțiilor mai mari decât cele admisibile.

Distanța minimă de amplasare a rețelelor hidroedilitare față de fundațiile clădirilor este de 3 m.

În cazul în care amplasarea în teren a rețelelor nu este posibilă sau economică, se va adopta soluția de amplasare a rețelelor în sisteme de protecție controlabile.

Aceste sisteme pot fi realizate sub forma de canale (Fig. A8.1), tubulaturi, etc.

Se recomandă ca toate rețelele de conducte purtătoare de apă să fie grupate în același canal de protecție controlabil, cu respectarea normelor tehnice specifice (Fig. A8.2).

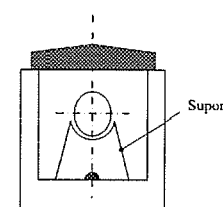


Fig. A8.1. Exemplu de montare a rețelelor purtătoare de apă în canale de protecție controlabile (canivouri)

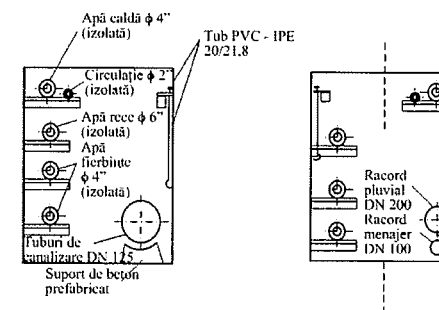


Fig. A8.2. Exemple de montare a rețelelor în canale de protecție controlabile

Conductele din canalele de protecție se vor poziționa astfel încât să nu fie împiedicată scurgerea apei de pe radierul canalului, fiind prevăzute măsuri de evacuare controlată a acesteia.

Canalele pot fi acoperite cu capace demontabile.

Canalele vor fi prevăzute cu cămine de control și de acces.

Traseele rețelelor exterioare hidroedilitare și gruparea lor se vor alege astfel încât să se reducă la minimum numărul intrărilor și ieșirilor prin fundațiile sau subsolul clădirilor, grupându-se la un loc rețelele purtătoare de apă.

Traseele vor urmări utilizarea spațiilor verzi, a spațiului de sub trotuare și numai când nu sunt posibile alte soluții, ținând seama și de necesitatea pozării și a altor rețele subterane, se va adopta soluția de amplasare în zona carosabilă.

În zonele industriale se va urmări, pe cât posibil, amplasarea supraterană a conductelor folosind elemente de construcții și numai în cazurile în care aceasta nu este posibilă se vor monta în canale de protecție.

Pentru construcțiile edilitare și alte construcții purtătoare de apă (rezervoare, bazine etc.), se vor prevedea măsuri care să permită atât protecția construcțiilor învecinate, cât și protecția proprie.

Se recomandă ca rețelele edilitare și instalațiile să fie prevăzute din materiale rezistente la coroziune, cu un număr minim de îmbinări și să fie adaptabile la eventuale tasări fără degradări.

Sistemul de colectare și evacuare a apei din pierderi sau accidente și sistemul de control al pierderilor se vor stabili pentru fiecare caz în parte.

**A7.2.** În clădirile fără subsol este interzisă montarea conductelor în canale necontrolabile.

Se admite trecerea prin subsolul clădirilor a conductelor care asigură legătura dintre stațiile de hidrofor, punctele termice sau centralele termice ale ansamblurilor de clădiri și instalațiile din interiorul clădirilor.

Conductele care trec prin deschiderile prevăzute în soclurile sau fundațiile clădirilor se vor realiza astfel încât să preia tasarea diferențială a clădirii față de canalele exterioare de

legătură. În figura A8.3 se prezintă un exemplu de realizare a unor astfel de traversări.

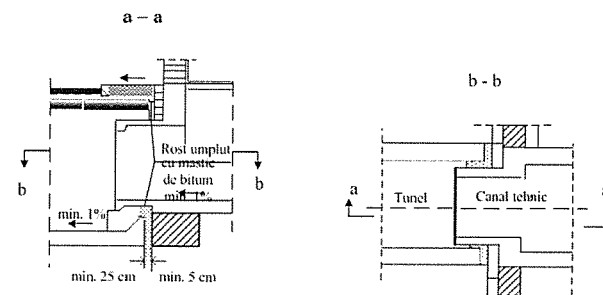


Fig. A8.3. Asigurarea continuității protecțiilor din clădire la exterior (exemple)  
În subsol, obligatoriu conductele se vor monta aparent.

Pentru controlul permanent al subsolurilor și canalelor se va asigura accesul personalului de exploatare și întreținere.

Subsolurile și canalele circulabile vor fi ventilate natural.

**A7.3.** Toate amenajările (canale de protecție, cămine etc.) care fac parte din sistemul de colectare, evacuare a apei și de dirijare a acesteia către emisari, trebuie dimensionate și etanșate corespunzător scopului și menținute permanent în stare de funcționare.

Golirea instalațiilor interioare de încălzire se va face prin intermediul unor pâlnii de colectare amplasate de preferat în subsol deasupra nivelului maxim de refulare al rețelei de canalizare la care se racordează, sau în cazul în care înălțimea subsolului nu permite această amplasare, colectorul va avea pe racord o cana de închidere.

Apele provenite accidental din exfiltrații sau avarii se vor evacua controlat astfel încât să se evite pericolul de refulare.

ANEXA 8

REFERINȚE

1. Lista standardelor

Nr. Crt.	standarde	Denumire
1.	SR EN 1997-1:2004	Eurocod 7: Proiectarea geotehnică. Partea 1: Reguli generale.
2.	SR EN 1997-1:2004/NB:2007	Eurocod 7: Proiectarea geotehnică. Partea 1: Reguli generale. Anexă națională.
3.	SR EN 1997-1:2004/AC:2009	Eurocod 7: Proiectarea geotehnică. Partea 1: Reguli generale.
4.	SR EN 1997-2:2007	Eurocod 7: Proiectarea geotehnică. Partea 2: Investigarea și încercarea terenului.
5.	SR EN 1997-2:2007/NB:2009	Eurocod 7: Proiectarea geotehnică. Partea 2: Investigarea și încercarea terenului. Anexă națională.
6.	SR EN 1998-1:2004	Eurocod 8: Proiectarea structurilor pentru rezistența la cutremur. Partea 1: Reguli generale, acțiuni seismice și reguli pentru clădiri.
7.	SR EN 1998-1:2004/NA:2008	Eurocod 8: Proiectarea structurilor pentru rezistența la cutremur. Partea 1: Reguli generale, acțiuni seismice și reguli pentru clădiri. Anexă națională
8.	SR EN 1998-5:2004	Eurocod 8: Proiectarea structurilor pentru rezistența la cutremur. Partea 5: Fundații, structuri de susținere și aspecte geotehnice.
9.	SR EN 1998-5:2004/NA:2007	Eurocod 8: Proiectarea structurilor pentru rezistența la cutremur. Partea 5: Fundații, structuri de susținere și aspecte geotehnice. Anexa națională.
10.	SR EN ISO 14688-1:2004	Cercetări și încercări geotehnice. Identificarea și clasificarea pământurilor. Partea 1: Identificare și descriere.
11.	SR EN ISO 14688-1:2004/AC:2006	Cercetări și încercări geotehnice. Identificarea și clasificarea pământurilor. Partea 1: Identificare și descriere
12.	SR EN ISO 14688-2:2005	Cercetări și încercări geotehnice. Identificarea și clasificarea pământurilor. Partea 2: Principii pentru o clasificare.

Nr. Crt.	standarde	Denumire
13.	SR EN ISO 14688-2:2005/C91:2007	Cercetări și încercări geotehnice. Identificarea și clasificarea pământurilor. Partea 2: Principii pentru o clasificare.
14.	STAS 1913/1-82	Teren de fundare. Determinarea umidității.
15.	STAS 1913/2-76	Teren de fundare. Determinarea densității scheletului pământului.
16.	STAS 1913/4-86	Teren de fundare. Determinarea limitelor de plasticitate.
17.	STAS 1913/5-85	Teren de fundare. Determinarea granulozității.
18.	STAS 1913/6-76	Teren de fundare. Determinarea permeabilității în laborator.
19.	STAS 1913/12-88	Teren de fundare. Determinarea caracteristicilor fizice și mecanice ale pământurilor cu umflări și contracții mari.
20.	STAS 1913/13-83	Teren de fundare. Determinarea caracteristicilor de compactare. Încercarea Proctor.
21.	STAS 1913/15-75	Teren de fundare. Determinarea greutatei volumice pe teren.
22.	STAS 1242/3-87	Teren de fundare. Cercetări prin sondaje deschise.
23.	STAS 2745-90	Teren de fundare. Urmărirea tasării construcțiilor prin metode topografice.
24.	STAS 3950-81	Geotehnică. Terminologie. Simboluri și unități de măsură.
25.	STAS 6054-77	Teren de fundare. Adâncimi maxime de îngheț. Zona teritoriului Republicii Socialiste România.
26.	STAS 8942/2-82	Teren de fundare. Determinarea rezistenței pământurilor la forfecare, prin încercarea de forfecare directă.
27.	STAS 8942/3-90	Teren de fundare. Determinarea modului de deformație liniară prin încercări pe teren cu placa.
28.	STAS 8942/1-89	Teren de fundare. Determinarea compresibilității pământurilor prin încercarea în edometru.

## 2. Legislație

Nr. Crt	Acte legislative	Publicația
1.	<b>Legea nr. 10/1995</b> Legea privind calitatea în construcții, cu modificările ulterioare	Publicat în Monitorul Oficial, Partea I numărul 12 din 24 ianuarie 1995
2.	<b>Legea nr. 50/1991</b> Legea privind autorizarea executării lucrărilor de construcții, republicată în baza Legii nr. 199/2004, cu modificările și completările ulterioare	Publicat în Monitorul Oficial, Partea I , numărul 933 din 13 octombrie 2004
3.	<b>NP 074/2007</b> Normativ privind întocmirea și verificarea documentațiilor geotehnice pentru construcții	Ordinul ministrului dezvoltării lucrărilor publice și locuinței, nr.128 din 08 mai 2007, Publicat în Monitorul Oficial, Partea I, numărul. 381 din 06 iunie 2007
4.	<b>NP 112/2004</b> Normativ privind proiectarea structurilor de fundare directă	Ordinul ministrului transporturilor, construcțiilor și turismului nr.275 din 23 februarie 2005, Publicat în Monitorul Oficial, Partea I, numărul 451 bis din 27 mai 2005
5.	<b>NP 122/2010</b> Normativ privind determinarea valorilor caracteristice și de calcul ale parametrilor geotehnici	În curs de publicare
6.	<b>NP 123/2010</b> Normativ privind proiectarea geotehnică a fundațiilor pe piloți.	În curs de publicare
7.	<b>NP 124/2010</b> Normativ privind proiectarea geotehnică a lucrărilor de susținere	În curs de publicare
8.	<b>NP 126/2010</b> Normativ privind fundarea construcțiilor pe pământuri cu umflări și contracții mari - PUCM	În curs de publicare
9.	<b>P 100/2006</b> Cod de proiectare seismică. Partea 1. Prevederi de proiectare pentru clădiri.	Ordinul ministrului transporturilor, construcțiilor și turismului nr.1711 din 19 septembrie 2006 Publicat în Monitorul Oficial, Partea I, numărul 803 bis din 25 septembrie 2006