



## FISA DISCIPLINEI

### 1. Date despre program

|     |                                   |                                       |
|-----|-----------------------------------|---------------------------------------|
| 1.1 | Institutia de invatamint superior | Universitatea Tehnica din Cluj-Napoca |
| 1.2 | Facultatea                        | Constructii                           |
| 1.3 | Departamentul                     | Mecanica Constructiilor               |
| 1.4 | Domeniul de studii                | Inginerie civila                      |
| 1.5 | Ciclul de studii                  | Master                                |
| 1.6 | Programul de studii/Calificarea   | Inginerie Geotehnica                  |
| 1.7 | Forma de invatamint               | IF-invatamint cu frecventa            |
| 1.8 | Codul disciplinei                 | 4                                     |

### 2. Date despre disciplina

|     |                              |  |     |           |   |     |           |        |     |                     |                   |
|-----|------------------------------|--|-----|-----------|---|-----|-----------|--------|-----|---------------------|-------------------|
| 2.1 | Denumirea disciplinei        | <b>METODE NUMERICE IN INGINERIA GEOTEHNICA</b><br>( <a href="http://www.cosminchiorean.com">www.cosminchiorean.com</a> ) |     |           |   |     |           |        |     |                     |                   |
| 2.2 | Aria tematica (subject area) | Inginerie civila   |     |           |   |     |           |        |     |                     |                   |
| 2.3 | Responsabili de curs         | Prof dr ing Cosmin Chiorean ( <a href="http://www.cosminchiorean.com">www.cosminchiorean.com</a> )                       |     |           |   |     |           |        |     |                     |                   |
| 2.4 | Titularul disciplinei        | Prof dr ing Cosmin Chiorean  |     |           |   |     |           |        |     |                     |                   |
| 2.5 | Anul de studii               | I  | 2.6 | Semestrul | 1 | 2.7 | Evaluarea | Examen | 2.8 | Regimul disciplinei | <b>DA<br/>DOB</b> |

### 3. Timpul total estimat

| An/<br>Sem | Denumirea disciplinei                          | Nr.<br>sapt. | Curs        |   |   | Aplicații  |    |   | Stud.<br>Ind. | TOTAL | Credit |     |          |
|------------|--|--------------|-------------|---|---|------------|----|---|---------------|-------|--------|-----|----------|
|            |  |              | [ore/săpt.] |   |   | [ore/sem.] |    |   |               |       |        |     |          |
|            |  |              | S           | L | P | S          | L  | P |               |       |        |     |          |
| II         | <b>METODE NUMERICE IN INGINERIA GEOTEHNICA</b> | 14           | 2           |   | 2 |            | 28 |   | 28            |       | 48     | 104 | <b>4</b> |

|  |                              |          |     |               |    |     |           |     |
|--|------------------------------|----------|-----|---------------|----|-----|-----------|-----|
| 3.1  | Numar de ore pe saptamina    | 2        | 3.2 | din care curs | 2  | 3.3 | aplicatii | 2   |
| 3.4  | Total ore din planul de inv. | 56       | 3.5 | din care curs | 28 | 3.6 | aplicatii | 28  |
| Studiul individual   |                              |          |     |               |    |     |           | Ore |
| Studiul dupa manual, suport de curs, bibliografie si notite                        |                              |          |     |               |    |     |           | 20  |
| Documentarea suplimentara in biblioteca, pe platformele electronice si laboratoare |                              |          |     |               |    |     |           | 18  |
| Pregatire seminarii/laboratoare, teme, referate.                                   |                              |          |     |               |    |     |           | 5   |
| Tutoriat   |                              |          |     |               |    |     |           | 2   |
| Examinari  |                              |          |     |               |    |     |           | 3   |
| Alte activitati  |                              |          |     |               |    |     |           | -   |
| 3.7  | Total ore studiul individual | 48       |     |               |    |     |           |     |
| 3.8  | Total ore pe semestru        | 104      |     |               |    |     |           |     |
| 3.9  | Numar de credite             | <b>4</b> |     |               |    |     |           |     |

### 4. Preconditii (acolo unde este cazul)

|     |               |   |
|-----|---------------|---|
| 4.1 | De curriculum | Promovarea disciplinelor „Analiza Numerica” si „Teoria Elasticitatii” |
| 4.2 | De competente | Nu este cazul   |

### 5. Conditii (acolo unde este cazul)

|     |                               |               |
|-----|-------------------------------|---------------|
| 5.1 | De desfasurare a cursului     | Nu este cazul |
| 5.2 | De desfasurare a aplicatiilor | Nu este cazul |

## 6 Competente specifice acumulate

|                         |  |   |
|-------------------------|--|---|
| Competente profesionale | Cunoștințe teoretice,<br>(Ce trebuie să cunoască)                | Cunostinte legate de tehnici de implementare numerica a programelor de analiza a structurilor geotehnice. Cunosintite teoretice privind formularile matematice ale metodei elementelor finite. Prelucrarea si interpretarea rezultatelor furnizate de aplicatiile software. Utilizarea unor aplicatii software specializate in ingineria geotehnica.  |
|                         | Deprinderi dobândite:<br>(Ce știe să facă)                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sa modeleze corect o structura in vederea utilizarii unei metode aproximative de calcul neliniar;</li> <li>• Sa inteleaga termenii folositi in majoritatea programelor de calcul;</li> <li>• Sa interpreteze corect rezultatele in contextul modelului ales.</li> </ul>  |
|                         | Abilități dobândite:<br>(Ce instrumente știe să mănuiască)       | Abilitatea de a crea modele numerice utilizind tehnica elementului finit pentru analiza statica si dinamica a masivelor de pamint. Abilitatea de a interpreta rezultatele obtinute cu ajutorul programelor de calcul in problemele de stabilitate a taluzurilor si masivelor de pamint, interactiunea sol structura. Cunosintite legate de tehnici de implementare numerica a metodei elementului finit. Cunosintite teoretice privind formularile matematice ale MEF. Prelucrarea si interpretarea rezultatelor furnizate de aplicatiile software. Utilizarea unor aplicatii software specializate in inginerie geotehnica [11]. |
| Competențe transversale | Coceperea, dezvoltarea unui model de calcul structural neliniar. |   |

## 7 Obiectivele disciplinei (reiesind din grila competentelor specific acumulate)

|     |                                   |   |
|-----|-----------------------------------|---|
| 7.1 | Obiectivul general al disciplinei | Dezvoltarea de competente privind crearea si dezvoltarea unor modele de calcul bazate pe MEF pentru determinarea starii de tensiuni a masivelor de pamint. Dezvoltarea unor modele de analiza a stabilitatii masivelor de pamint. |
| 7.2 | Obiectivele specifice             | Asimilarea cunosintintelor teoretice si practice privind determinarea raspunsului static si dinamic neliniar al masivelor de pamint (2D si 3D).   |

## 8. Continuturi

| 8.1. Curs (programa analitica) |  | Metode de predare  | Observatii |
|--------------------------------|--|--------------------|------------|
| 1                              | <b>Curs 1 - Metode de calcul numeric.</b> Solutie analitica; Model analitic aproximativ (ipoteze simplificatoare);<br>Model virtual; Metode de analiza: Metoda diferentelor finite (MDF); Metoda elementelor finite (MEF);<br>Metoda elementelor de frontiera (BEM). | Expunere teoretica | -          |

|   |  |  |  |
|---|--|--|--|
|   | <p><b>Modelul matematic in mecanica paminturilor.</b><br/>Starea de tensiune.Tensorul tensiune; Starea de Deformatie.Tensorul deformatie specifica; Ecuatiile fundamentale ale mecanicii structurilor elastice izotrope si anizotrope.</p>   |  |  |
| 2 | <p><b>Curs 2 - Ecuatiile matematice ale metodei elementelor finite.</b> Formularea variationala. Metoda reziduurilor</p> <p><b>3 Ponderate</b> (Formularea directa; Formularea intermediara; Formularea inversa). <b>Aproximarea cu elemente finite.</b> Definirea geometriei elementelor finite; Functii de interpolare; Conditii de admisibilitate ale functiilor de interpolare (conditia de compatibilitate; conditia de completitudine); Constructia functiilor de interpolare; Tipuri de elemente finite(izoparametrice, supraparametrice, subparametrice).</p> <p><b>Discretizarea, generarea elementelor finite, conditii pe frontiera.</b> Generarea automata a retelei de discretizare (Tehnica maparii; Procedeul Delaunay); Introducerea conditiilor de rezemare; Alegerea tipurilor de elemente finite; Variante optime de discretizare; Estimatori de eroare</p> |  |  |
| 3 | <p><b>Curs 4 - Elemente finite unidimensionale.</b>Coordonate naturale; coordonate globale; Puncte de integrare Gauss; Transformari de coordonate; Functii de interpolare;</p> <p>Vectori si matrice elementare. Matricea de rigiditate; Vectorul fortelor nodale;</p>   |  |  |
| 4 | <p><b>Curs 5- Elemente finite bidimensionale pentru probleme de stare plana de tensiuni si deformatii specifice.</b> Vectori si matrice elementare. Elemente finite simple si de ordin superior; Elemente triunghiulare si patrulatere in stare plana de tensiune sau deformatie; Coordonate naturale; Coordonate globale; Puncte de integrare numerica Gauss;Transformari de coordonate; Integrarea numerica a elementelor matricei de rigiditate si a vectorului fortelor nodale; Calculul deformatiilor si al tensiunilor in punctele de integrare numerica; Evaluarea tensiunilor si deformatiilor in nodurile elementelor finite.</p>   |  |  |
| 5 | <p>Curs 6 <b>-Proceduri numerice in metoda elementelor finite.</b> Proceduri de asamblare (asamblarea matricei de rigiditate si a vectorului fortelor nodale). Stocarea in memorie a matricei de rigiditate (matrice banda, profilul matricei, condensare); Proceduri de numerotare optima a nodurilor (Cuthill-McKee); Proceduri numerice de rezolvare a sistemelor de ecuatii liniare; Aspecte ale modelarii cu implicatii in conditionarea numerica a sistemului de</p>   |  |  |

|   |   |  |  |
|---|---|--|--|
|   | <p>ecuatii in metoda elementelor finite. <b><u>Prelucrarea rezultatelor</u></b><br/> <b><u>furnizate de calculator.</u></b> Izostatice; Izocline; Conturul tensiunilor si al deformatiilor. Trasarea curbelor de nivel.</p>   |  |  |
| 6 | <p><b><u>Curs 7 – Modelarea matematica a comportarii elasto-plastice a pamintului. Analiza stabilitatii taluzurilor</u></b><br/> <b><u>8 si versantilor.</u></b> Ecuatiile fundamentale ale mecanicii paminturilor cu comportare neliniara. Metode de calcul neliniar. procedee incremental-iterative; procedee iterative. Matrice de rigiditate tangenta; Matrice de rigiditate secanta. Forte reziduale; Neliniaritate fizica, zone plastice. Modele tipice de exprimare matematica a comportarii neliniare a pamintului: comportare elasto-plastica; comportare visco-plastica; Modele neliniare: Mohr-Coulomb, Drucker-Prager; Cam-Caly; Hoek-Brown. Determinarea capacitatii portante a terenului (bearing capacity analysis). Analiza stabilitatii taluzurilor si versantilor (Slope stability analysis). Determinarea coeficientului de siguranta pe baza analizei MEF</p> |  |  |
| 7 | <p><b><u>Curs 9. Elemente de hidraulica subterana.</u></b> Determinarea spectrului hidrodinamic; determinarea gradientilor hidraulici critici; Legea Darcy; Integrarea ecuatiei lui Laplace; Efectul actiunii apei de infiltratie. Modelul in element finit pentru determinarea spectrului hidrodinamic in cazul paminturilor anizotrope.</p>   |  |  |
| 8 | <p><b><u>Curs 10. Particularitati privind analiza stabilitatii taluzurilor si versantilor supuse actiunii apei de infiltratie si actiunii seismice.</u></b> Calculul presiunii apei din pori. Analiza taluzurilor submersate. Analiza taluzurilor in ipoteza Coborarii rapide a apei. Efectul actiunii seismice asupra stabilitatii taluzurilor. Evaluarea fortelor seismice; Estimarea coeficientului de siguranta in conditii de sollicitare seismica.</p>  |  |  |
| 9 | <p><b><u>Curs 11 – Interactiunea sol-structura.</u></b> Cuplarea elementelor finite unidimensionale –bare- cu elemente finite bidimensionale aflate in stare plana de deformatie sau tensiune. Maparea elementului finit liniar (element de bara dublu articulata) in elementul finit in stare plana de deformatie. Matricea de rigiditate a elementului compozit. Integrarea elementelor finite de tip „beam-column” in retea de elemente finite in stare plana de deformatie. Asamblarea</p>  |  |  |

|  |   |                          |   |
|--|---|--------------------------|---|
|  | matricei de rigiditate globale a structurii. . Modelarea ancorajelor; Modelarea geogrilelor (geosinteticelor); Modelarea pilotilor.   |                          |   |
| 10   | <p><b>Curs 12 - <u>Aplicatii ale metodei elementelor finite la analiza starii de tensiune si deformatie in masive ca</u></b></p> <p><b>13 <u>urmare a lucrarilor de interventie pentru combaterea si stabilizarea alunecarilor de teren.</u></b></p> <p>Monitorizarea starii de tensiune si deformatie in cazul <i>lucrarilor etapizate</i> si a <i>excavatiilor</i>.</p> <p>Determinarea coeficientului de siguranta in cazul interventiilor mecanice de stabilizare: <i>Ziduri de sprijin; Sisteme si retele de piloti; Ancoraje; Teserea pamintului (soil nailing)</i>. Determinarea eforturilor si monitorizarea cedarilor (plastificarilor) elementelor uniaxiale (beam-column).</p> |                          |   |
| 11   | <b>Curs 14 - <u>Aplicatii software comerciale.</u></b> Facilitati generale; Pre-proceasrea datelor; Post-procesare.   |                          |   |
| <b>8.2. Aplicatii (lucrari)</b>  |   | <b>Metode de predare</b> | <b>Observatii</b>   |
| 1  | Lucrarea 1-2 – <u>Analiza stabilitatii taluzurilor si versantilor</u> . Crearea modelului numeric pentru determinarea coeficientului de siguranta a taluzurilor tinind cont de efectul apei de infiltratie si a seismului.  | Expunere, aplicatii      | Lucrarile vor consta in crearea si rularea unor modele numerice asociate problemelor specifice intilnite in practica curenta de proiectare. Vor fi utilizate aplicatiile software comerciale: 1. GFAS (www.geostru.com)-licentiat laboratorul de geotehnica si fundatii, Facultatea de constructii. 2. ABAQUS/NONLI NEAR-licentiat. |
| 2  | Lucrarea 3-4 – <u>Analiza capacitatii portante a terenului de fundare</u> . Crearea modelului numeric pentru determinarea incarcarii limita.  |                          |   |
| 3  | Lucrarea 5-6 - <u>Determinarea spectrului hidrodinamic in cazul unui masiv 2D</u> . Crearea modelului numeric pentru evaluarea presiunii apei din pori. Analiza taluzurilor submersate. Analiza taluzurilor in ipoteza coborarii rapide a apei.   |                          |   |
| 4  | Lucrarea 7-8. – <u>Interactiunea sol structura</u> . Monitorizarea starii de tensiune si deformatie in cazul <i>lucrarilor etapizate</i> si a <i>excavatiilor</i> .   |                          |   |
| 5  | Lucrarea 9-14. <u>Lucrari de interventie</u> . Model numeric pentru analiza starii de tensiune si deformatie in masive ca urmare a lucrarilor de interventie pentru combaterea si stabilizarea alunecarilor de teren: <i>ziduri de sprijin, Sisteme si retele de piloti, Ancoraje, Teserea pamintului</i> .   |                          |   |
| <p><b>Bibliografie</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Popa A, Farcas, V., <i>Geotehnica</i>, Ed. UT Pres, Cluj-Napoca, 2004.</li> <li>2. Stanciu, A., Lungu I., <i>Fundatii</i>, Ed. Tehnica, 2006</li> <li>3. BIA Cornel, ILLE Vasile, SOARE Mircea – <i>Rezistenta materialelor si Teoria elasticitatii</i>, E.D.P., 1983.</li> <li>4. PACOSTE, C., STOIAN, V., DUBINA, D., <i>Metode moderne in mecanica structurilor</i>, Ed. Stiintifica si Enciclopedica, Bucuresti, 1988.</li> <li>5. ZIENKIEWICZ, O.C., <i>The finite element method</i>, Mc-Graw Hill, 2004.</li> <li>6. FAGAN, M.J., <i>Finite element analysis. Theory and practice.</i>, John Wiley&amp;Sons, 1992.</li> <li>7. COOK, R.D., MALKUS, D.S., PLESHA, M.E., <i>Concepts and applications of finite element analysis</i>,</li> </ol> |   |                          |   |

John Wiley&Sons, 1996.

8. SMITH, I.M., GRIFFITHS, D.V., *Programming the finite element method*, John Wiley&Sons , Wiley, 2004.
9. CHIOREAN, C.G., *Aplicatii software pentru analiza neliniara a structurilor in cadre*, Ed. UTPRES, 2006.
10. CHIOREAN, C.G., <http://bavaria.utcluj.ro/~ccosmin>: *Metoda elementului finit. Note de curs online*.
11. CHIOREAN, C.G., <http://bavaria.utcluj.ro/~ccosmin> *GFAS- Manuale de utilizare*, 2009. [www.geostru.com](http://www.geostru.com)

9. Coroborarea continuturilor disciplinei cu asteptarile reprezentantilor comunitatii epistemice, asociatiilor, profesionale si angajatori din domeniul aferent programului

Competentele achizitionate vor fi necesare absolventilor care-si vor desfasoara activitatea in cadrul firmelor de proiectare, in ciclurile de studiu superioare (masterat ani superiori si doctorat)

#### 10. Evaluare

| Tip activitate | 10.1 | Criterii de evaluare   | 10.2 | Metode de evaluare                 | 10.3 | Ponderea din nota finala |
|----------------|------|--|------|------------------------------------|------|--------------------------|
| Curs           |      | Prezentarea teoretica a doua probleme (subiecte) din lista de subiecte discutate pe durata cursului. |      | Proba orala–durata evaluarii 5 ore |      | 70%                      |
| Aplicatii      |      | Rezolvarea problemelor primite cadrul orelor de laborator  |      | Proba orala durata 1 ora           |      | 30%                      |

10.4 Standard minim de performanta

Obtinerea notei 5 pentru fiecare subiect (teorie si aplicatii)

Data completarii  
aprilie 2015

Titularul de Disciplina  
prof dr ing Cosmin G Chiorean

Responsabil de curs  
prof dr ing Cosmin G Chiorean

Data avizarii in departament

.....

Director departament

.....