

Komplex vizsga főtárgyai

A Vásárhelyi Pál Építőmérnöki és Földtudományi Doktori Iskola PhD-képzésén a negyedik aktív félév végén leteendő komplex vizsga elméleti részében a 2018/19 tanév őszi félévétől kezdve egy főtárgyból és egy melléktárgyból kell vizsgázni.

Komplex vizsga főtárgyai a Szerkezet-építőmérnök programban:

- Sz1. Tartószerkezetek
- Sz2. Dinamika és földrengés
- Sz3. Építőanyagok és épületszerkezetek
- Sz4. Geotechnika és mérnökgeológia

Komplex vizsga főtárgyai az Infrastruktúra-építőmérnök programban:

- I1. Hidrodinamika
- I2. Területi és települési vízgazdálkodás
- I3. Vízhőminőség
- I4. Közúti és vasúti infrastruktúra

Komplex vizsga főtárgyai a Földmérő és Térinformatikai mérnök programban:

- G1. Földtudományi matematika

Az egyes főtárgyakban foglalt témakörök és az ajánlott irodalom Doktori Iskola Tanácsa által elfogadott listája tárgyanként a következő oldalakon lesznek olvashatók.

Komplex vizsga főtárgya a Szerkezet-építőmérnök programban:

Sz1. Tartószerkezetek

Rugalmasságtani alapok. Feszültségek és alakváltozások; anyag-, egyensúlyi- és geometriai egyenletek; folyási- és törési feltételek; síkbeli feszültség- és alakváltozásállapot; Airy-féle feszültségfüggvény, tárcsamegoldások; feszültségkoncentráció.

Energiatételek és munkamódszerek. A virtuális elmozdulások tétele, felcserélhetőségi tételek, Castigliano tételek, potenciális energia stacionaritásának tétele, kiegészítő potenciális energián alapuló tételek; Rayleigh-Ritz-módszer, Galerkin-módszer, végelemek módszere.

Statikailag határozatlan szerkezetek. Erőmódszer, elmozdulásmódszer; statikailag határozatlan rugalmas-képlékeny szerkezetek, a képlékenységtan statikai és kinematikai tétele és alkalmazása, beállítás-vizsgálat, lemezek képlékeny méretezése.

Oszlopok és gerendák. Húzás, hajlítás, nyírás (tömör és vékonyfalú keresztmetszet); csavarás (Saint-Venant- és gátolt öblösödés, tömör és vékonyfalú keresztmetszet); a Saint-Venant-elv; összetett anyagú keresztmetszetek, húzószilárság nélküli anyagú és képlékeny anyagú keresztmetszet, alkalmazás vasbeton és öszvér keresztmetszetekre; hőmérséklet és más kinematikai hatások figyelembevétele (kúszás és zsugorodás); gerendák nyírási deformációja, (Timoshenko-gerenda, "shear lag" hatás, együttdolgozó szélesség).

Lemezek. Vékony lemezek anyag-, geometriai- és egyensúlyi egyenletei, a lemez differenciálegyenlete, lemezek igénybevételei, ortotrop lemezek; lemezek horpadása, vékonyfalú rúd alkotólemezeinek horpadásvizsgálata, lemezek nagy lehajlása; földemek rezgése emberi tevékenység hatására, összegyűlt esővíz okozta instabilitás („ponding”); rugalmasan ágyazott lemezek, lemezek nyírási deformációja.

Stabilitásvesztés, másodrendű vizsgálatok. Nyomott oszlop síkbeli és térbeli kihajlása, alakhiba hatása, nyomás és hajlítás együtt, Ayrton-Perry-összefüggés; tetőpont és elágazás; összegzési tételek; energiamódszerek; gerendák kifordulása; nyírási deformációjú rúd kihajlása, nemrugalmas kihajlás, gerendák nagy lehajlása, posztkritikus viselkedés; diszkrét, sok szabadságfokú rendszer vizsgálata.

Numerikus módszerek. Rayleigh-Ritz-módszer, Galerkin-módszer, végelemek módszere, teherlépcsők módszere (Euler-módszer, Newton-Raphson-iteráció, teherlépcső teherkorrekcióval).

Speciális tartószerkezeti számítások. Merevített csarnokszerkezetek és több szintes épületek, nyírási (merevségi) középpont, merevítőrendszerek kialakítása; rúdszerkezetek (rácsok, keretek) számítása, hatásábrák, térlefedések, héjszerkezetek-, sátrak- és kötélhálók számításának alapjai, szél dinamikus hatása.

Irodalom:

Kaliszky S., Kurutzné Kovács M. és Szilágyi Gy.: *Szilárdságtan*. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 2000.

Gere, J. and Timoshenko, S.P.: *Mechanics of Materials*. Fourth ed. PWS, Boston, 1997.

Kollár L.P.-és Tarján G.: *Tartószerkezetek elmélete és számítása*, BME, Építőmérnöki Kar, Egyetemi jegyzet, Budapest, 2015.

Megson, T.H.G.: *Aircraft structures*. Halsted press, NewYork, 1990.

Bojtár I. és Gáspár Zs.: *Végelemmódszer építőmérnököknek*, Terc Kiadó, Budapest, 2003.

R. D. Cook, D. S. Malkus, M. E. Plesha, R. J. Witt: *Concepts and Applications of Finite Element Analysis*, 4th Edition, 2002, John Wiley and Sons, Inc.

Gáspár Zs.: *Tartók statikája III. Rúdszerkezetek*. Műegyetemi Kiadó, Budapest, 1993.

Kalishky S.: *Képlékenységtan. Elmélet és alkalmazások*. Akadémia Kiadó, Budapest, 1975.
(Plasticity: Theory and engineering applications, Elsevier Science, 1989.)

Smith, A.L., Hicks, S.J., and Devine, P.J. (2009): *Design of Floors for Vibration: A New Approach*.
SCI Publication P354. The Steel Construction Institute, Silwood Park, Ascot.

Timoshenko, S.P. and Woinowsky-Krieger, S.: *Theory of Plates and Shells, 2nd Edition*, McGraw-Hill, 1959.

Kollár L. (szerkesztő): *Mérnöki építmények és szerkezetek tervezése*. Akadémiai Kiadó, Budapest, 2000.

Kollár L. szerkesztő, (editor): *A mérnöki stabilitáselmélet különleges problémái*. Akadémiai Kiadó, Budapest, 2006. (*Structural Stability in Engineering Practice*, E & FN Spon, New York, 1999.)

Komplex vizsga főtárgya a Szerkezet-építőmérnök programban:

Sz2. Dinamika és földrengés

Rezgéstan alapok. Egy- és többszabadságfokú szerkezetek, valamint kontinuumok csillapítatlan és csillapított szabad- és gerjesztett rezgései. Támaszrezgés gerjesztésként való figyelembevétele. Szerkezeten mozgó tömeg általi gerjesztés. Pszeudogyorsulás fogalma. Válaszspektrumok (elmozdulás, gyorsulás, pszeudogyorsulás, tervezési) számítása és használata. Összegzési tételek.

Csillapítás. Csillapító elemek alkalmazási lehetőségei, figyelembevételük a dinamikai számításban. Szóródó csillapítás a talajban.

Szerkezet válaszána számítási módszerei. Helyettesítő statikus erők módszere. Time-history analízis és annak numerikus módszerei. Modálanalízis, modális válaszok összegzése. Eltolás-vizsgálat. Másodrendű hatások figyelembevétele.

Földrengés mechanikai alapjai. Földrengések keletkezése, erőssége, terjedése. A földrengés hatása a szerkezetekre, okozott károk.

Méretezés módszerei. Méretezés szabványok szerinti követelményei. Rugalmas tervezés. Kapacitástervezés. Korlátozott károk követelménye. Szeizmikus szigetelés. Szerkezeti megfontolások: szabályosság, egyenletesség, szimmetria stb.

Széldinamikai vizsgálatok. A szél sebessége, torlónyomása. Zárt és nyitott épületek, építmények szélterhei. Határrétegleválás, örvényleválás. Aeroelasztikus instabilitások: örvénygerjesztés, táncolás, divergencia, belebegés.

Robbanások, ütközések. Robbanás mechanikai hatása. Épületnek ütköző jármű hatása. Egymással ütköző épületek dinamikai számítása.

Irodalom:

Thomson, W.: *Theory of Vibration with Applications*. Taylor & Francis, 1996.

Györgyi J.: *Szerkezetek dinamikája*. Műegyetemi Kiadó, Budapest, 2006.

Chopra, A.K.: *Dynamics of Structures. Theory and Applications to Earthquake Engineering*. Fourth ed. Prentice Hall, Boston, 2012.

Dulácska E., Joó A., Kollár L.: *Tartószerkezetek tervezése földrengési hatásokra*. Akadémiai Kiadó, Budapest, 2008

Michael Schäfer: *Computational Engineering – Introduction to Numerical Methods*. Springer, Berlin, 2006

Charles E. Needham: *Blast Waves*. Springer, New York, 2010

Komplex vizsga főtárgya a Szerkezet-építőmérnök programban:

Sz3. Építőanyagok és épületszerkezetek

Építőanyagok

Anyagtulajdonságok kialakulásának fizikai és kémiai alapjai [1] [4]

Szilárd, folyadék és gáz halmazállapotok. Anyagtani kötés. Van der Waals erők. Atomok szerkezete. Kristályos anyagok formái, Kristályrácsok fajtái. Anyagtulajdonságok és azok értelmezése. Anyagvizsgálati lehetőségek és azok korlátai.

Feszültségek és szilárdság. Alakváltozás és alakváltozó képesség.

Cementek és cement kiegészítő anyagok [5: pp.1-107]

Portlandcement. Kémiai összetétel (C_3S , C_2S , CA_3 , C_4AF), hidratáció, kalcium szilikát hidrát (CSH), őrlési finomság és annak hatása a hidratációra, finomsági modulus növelésének előnyei és hátrányai, hidratációs fok, hidratációs hő, Cement típusok. Cement osztályok. Cement szilárdság. Hidraulikus kiegészítő anyagok. Puzzolánok, kohósalak, pernye, szilikapor. Cementválasztás a gyakorlati alkalmazások függvényében.

Adalékanyagok [5: pp.108-181]

Adalékanyagok osztályozása, Szilárdság, szemeloszlás, maximális szemcseméret, egyéb tulajdonságok. Alkali-karbonat reakció. Könnyű adalékanyagok. Nehéz adalékanyagok.

Betonok tulajdonságait meghatározó tényezők [3] [5: pp. 182-268]

Friss beton. Tulajdonságok, bedolgozhatóság, eltarthatóság, konzisztencia osztályok, szegregáció, kivézés, keverési idő, betonszállítás, beton bedolgozás, vibráció szükségessége.

Adalékszerek. Adalékszerek alkalmazásának céljai. Képlékenyítő szerek, vízigény csökkentő adalékszerek, szilárdulás gyorsítók, szilárdulás lassítók, adalékszerek más tulajdonságok megváltoztatására, adagolás.

Szilárd beton [3] [5: pp. 269-422] [5: pp. 581-648]

Beton szilárdságát befolyásoló tényezők. w/c, porozitás, kor, tapadás a betonalkotók között, utókezelés, érlelés. Szilárdság, nyomószilárdság, húzószilárdság, többtengelyű szilárdság, fáradás, lökészerű teher hatása a szilárdságra. Betonozás meleg, ill. hideg időben. Feszültség-alakváltozás ábrák. Beton nyomó- és húzószilárdsága közötti összefüggés. Beton nyomó- és húzószilárdságának vizsgálata, a szilárdság értelmezése.

Betonok időtől függő tulajdonságainak értelmezése [5: pp. 423-481]

Beton zsugorodásának anyagtani értelmezése. A zsugorodás fogalma és fajtái. kiszáradási zsugorodás, autogén zsugorodás, karbonátosodás okozta zsugorodás. Zsugorodás kompenzáció.

Beton kúszásának anyagtani értelmezése. A kúszás fogalma, befolyásoló tényezői. A kúszás mértéke a beton szilárdság függvényében. Kúszási alakváltozás és a kúszási alakváltozás részbeni visszatérése tehermentesítés után. Kúszás és vele zsugorodás együttes hatása.

Nagy teljesítőképességű beton [5: pp. 674-687]

Definíciók. Osztályozás. nagy teljesítőképességű betonok készítéséhez felhasználható anyagok.. Szilárdság, rugalmassági modulus, alakváltozó képesség, tartósság. Alkalmazási lehetőségek. Nagy teljesítőképességű betonok jövője. Megcélzott tulajdonságra készülő beton. (Tailor made concrete).

Könnyűbeton [5: pp. 688-723]

Definíciók. Osztályozás. Lehetséges adalékanyagok. A könnyű adalékanyagok vízfelvevő képességének hatásai. Szilárdság. testsűrűség, rugalmassági modulus, hőtechnikai tulajdonságok, tartósság. Lehetséges alkalmazások. Könnyűbetonok jövője.

Szálerősítésű betonok [6]

Lehetséges szálak és tulajdonságaik. Lehetséges ágyazó anyagok és tulajdonságaik. Szálak és beton tapadása, lehorgonyzó képesség. Szálak tartóssága. A különböző szálak szerepe a friss és megszilárdult beton tulajdonságok megváltoztatásában.

Acélbetétek, szerkezeti acél [2]

Acél szövetszerkezete. Szilárdsági és alakváltozási jellemzők. Duktilitás. Anyagtulajdonságok módosulása hideg alakítás hatására.

Relaxáció. Hőérlelés hatása a relaxációra. Acélkorrózió. Inhibitorok hatása a korróziós folyamatra.

Nem acél anyagú betétek [7]

Lehetséges szálak és tulajdonságaik. Lehetséges ágyazó anyagok és tulajdonságaik. Felületi tapadás a szálak között valamint a betét és a beton között. A szálerősítésű polimer betét duktilitása. A szerkezeti elem duktilitása szálerősítésű polimer betéttel. Tartósság. Alkalmazási lehetőségek. Lehetséges tönkremeneteli módok.

Beton tartóssága [5: pp. 482-580] [5: pp. 649-673]

Tartósság értelmezése, fontossága. Befolyásoló tényezők, Transzport mechanizmusok a betonban. Áramlás, diffúzió, abszorpció. Lég és folyadék áteresztőképesség a betonban. Karbonátosodás hatása a tartósságra. Savas hatás. Lúgos hatás. Szulfát hatás. Beton kopása. Repedések a tartósság hiányából.

Fagyás-olvadási ciklusok valamint klorid ionok hatása. Fagyhatásból következő leromlási módok. Légbuborékképző szer hatása. Fagyállóság. Jégolvasztó sók hatásai. Klorid korrózió. Kloridionok behatolása. Klorid megkötő képesség. Hidraulikus kiegészítő anyagot tartalmazó cementek hatása.

Betonszerkezetek tartósságra való tervezése [8] [9]

Tartósság és fenntarthatóság összefüggése. A tartósságra való tervezés stratégiái. Teljes élettartamra való gondoskodás. Teljes élettartamra érvényes teljesítőképesség. Használati élettartam. A koncepcionális tervezés hozzájárulása a tartóssághoz. Leromlást, ill. tönkremenetelt eredményező mechanizmusok. Fizikai leromlási folyamatok: repedések megjelenése (képlékeny zsugorodásból, hőmérséklet különbségből, kényszerekből eredően), zsugorodás, kopás, erózió, fagyhatás, sókristályképződés és lehámlás. Kémiai leromlási folyamatok: szulfátduzzadás, másodlagos és késleltetett ettringit képződés, thaumasite képződés. Biológiai leromlási folyamatok. Acélbetétek korróziója: depassziváció, rozsdatermékek, kritikus klorid ion tartalom, feszültség korrózió. Környezeti agresszivitás, környezeti osztályok. Több szintű védelem. Születési bizonylat. Felújítás utáni bizonylat. Acélbetétek korróziójának csökkentését elősegítő intézkedések: pernye, kohósalak, szilikapor, metakaolin, hidraulikus pótlékot tartalmazó cementek. Adalékszerek használata, inhibitorok. A kivitelezés hatása a szerkezet tartósságára.

Használati élettartamra való tervezés [10] [9]

A használati élettartamra való tervezés alapelve. Használati élettartam jelentése. Fennmaradó élettartam jelentése. Teljes valószínűségi módszer. Parciális tényezők módszere. Kielégítő követelmények módszere. A leromlás elkerülésének módszere. A használati élettartamra való tervezés területei: Karbonátosodás okozta korrózió, Fagyás-olvadási korrózió jégmentesítő anyag nélkül, Fagyás-olvadási korrózió jégmentesítő anyaggal. Kivitelezés hatása. A minőségbiztosítás, fenntartás és állapotellenőrzések fontossága.

Tartósság – acél, üveg, polimerek

Acél tartóssága. Leromlási folyamat. Befolyásoló tényezők. Üveg tartóssága. Leromlási folyamat. Befolyásoló tényezők. Polimerek tartóssága. Leromlási folyamat. Befolyásoló tényezők.

Magas hőmérséklet hatása az anyagtulajdonságokra [11] [12] [13]

Tűzállóság fogalma. Tűzkifejlődési folyamatok. Követelmények. Tűzállóság ellenőrzésének lehetőségei. Betontulajdonságok módosulása magas hőmérsékleten. Nyomószilárdság csökkenése. Húzószilárdság csökkenése. Hővezetési tényező változása. Betonkeverék tervezés hatása. Tűz hatása a cementköre, az adalékanyagokra és a tapadásukra. Robbanásszerű leválás. Robbanásszerű leválás jelentése. veszélyének csökkentési lehetőségei. Acéltulajdonságok módosulása magas

hőmérsékleten. Folyási határ csökkenése. Szakadó nyúlás és kontrakció növekedése. Halmozódó hőmérsékleti alakváltozások egy épületen belül.

Épületszerkezetek

Homlokzati rendszerek

Iparosított homlokzati rendszerek alkalmazásának feltételei a megváltozott energetikai követelmények és épületszerkezeti összefüggések tükrében. A magasépítési létesítmények megvalósításában rejlő gazdasági előnyök elemzése.

BIM és információs technológia

Új épülettervezési technológia (BIM) épületszerkezeti vonatkozásai, különös tekintettel a szimulációk lehetséges alkalmazására (pl. tűzvédelem, épületenergetika), és időszerű kérdéseire.

Az információs technológia építés-tervezési, megvalósítási munkák lebonyolításához nyújtott lehetőségeinek elemzése és a létesítmény-megvalósításban közreműködők együttműködésének támogatása a virtuális térben

Fenntartható építés [11]

A környezeti életciklus-elemzés módszerei és építőipari alkalmazása.

Értékelemzés [14]

Az értékelemzés és az ingatlanvagyon értékelés módszerei. Az épületek avulása, az épületek és épületszerkezetek avultságát befolyásoló hibák. Az épületszerkezetek állapotvizsgálata, az értékmegelőzés technológiai.

Épületfizika és épületenergetika [16], [17-24],

Hőtranszport folyamatok. Kapcsolt hő-, levegő- és nedvességtranszport. Épületek energiamérlegének összetevői, a sugárzási nyereség hasznosítása, energiatudatos építészet. Az épületenergetikai modellezés módszere.

Allandósult állapotú és tranzienst hőtranszport folyamatok elemzése, számítási alapelvek bemutatása gyakorlati példákkal. Kapcsolt hő-, levegő- és nedvességtranszport vizsgálatok, számítási elvek és módszerek, alkalmazási példák, számításra alkalmas szoftverek alkalmazási sajátosságainak, lehetőségeinek és korlátainak bemutatása. Helyszíni és laboratóriumi épületfizikai anyag és szerkezetvizsgálatok mobil és telepített eszközeinek, berendezéseinek, szabványos módszereinek, illetve innovatív alkalmazási lehetőségeinek bemutatása. Különböző építőanyagok, építőelemek és épületszerkezetek épületfizikai viselkedésének bemutatása, számítási eljárásaik, lehetőségeik elemzése (pl.: talajjal érintkező szerkezetek, üvegszerkezetek stb.). Teljes épületek dinamikus épületfizikai szimulációja, hőveszteségek és hőnyereségek meghatározása (számítási elvek, eljárások és alkalmazható szoftverek bemutatása, gyakorlati példák elemzése). Épületek körüli áramlások modellezése. Benapozás és sugárzás modellezése, passzív napenergia hasznosítás alapelvei és gyakorlati megvalósításai (napházak, napkémények stb.). Városléptékű épületfizikai folyamatok.

Irodalom:

- [1] Palotás L. „Mérnöki szerkezetek anyagtana 1., Általános anyagismeret”, Akadémiai Kiadó, pp. 1-492
- [2] Palotás L. „Mérnöki szerkezetek anyagtana 2., Fa-kő-fém-kötőanyagok”, Akadémiai Kiadó, pp. 287-428.
- [3] Palotás L. „Mérnöki szerkezetek anyagtana 3., Fa-kő-fém-kötőanyagok”, Akadémiai Kiadó, pp. 19-443.
- [4] Mamlouk, M., Zaniewski, J.: „Materials for Civil and Construction Engineers”, 3rd edition, Pearson, pp. 19-102, ISBN 978-0-13-800956-4

- [5] Neville, A.M. „Properties of Concrete”, 4th Edition, Longman, 1995, ISBN 0-582-23070-5
- [6] Balázs Gy., Balázs L. Gy, „Különleges betonok és betontechnológiák”, 34.1 fejezet „Szálerősítésű beton”, Akadémiai Kiadó 2013, pp. 299-335, 433-443.
- [7] Balázs Gy., Balázs L. Gy, „Különleges betonok és betontechnológiák”, 34.2 fejezet „Nem acél anyagú betétek szerepe a vasbeton szerkezetek korrózió elleni védelmében, pp. 337-443, Akadémiai Kiadó 2013
- [8] Matthwes, S.: „Design of durable concrete structures”, IHS BRE Press, 2013, ISBN 978-1-84806-175-0
- [9] *fib* Bulletin 53: „Structural Concrete – Textbook on behaviour, design and performance, Vol. 3 – Chapter 5 Design of durable concrete structures”, Lausanne, 2009, ISBN 978-2-88394-093-2, ISSN 1562-3610
- [10] *fib* Bulletin 34: „Model Code for Service Life Design”, Lausanne, 2006, ISBN 2-88394-074-6, ISSN 1562-3610
- [11] Balázs L. Gy., Horváth L., Kulcsár B., Lublós É., Maros J., Mészöly T., Sas V., Takács L., Vigh L. G., „Szerkezetek tervezése tűzterherre az MSZ EN szerint (beton, vasbeton, acél, fa)”, *könyv - oktatási segédlet, Magyar Mérnöki Kamara*, 2010 ISBN 978-615-5093-02-9, 174 p.
- [12] *fib* Bulletin 38: „Fire design of concrete structures – materials, structures and modelling”, Lausanne, 2007, ISBN 978-2-88394-078-9, ISSN 1562-3610
- [13] *fib* Bulletin 54: „Structural Concrete – Textbook on behaviour, design and performance, Vol. 4 – Chapter 6 Design of concrete buildings for fire”, Lausanne, 2010, pp. 36 ISBN 978-2-88394-094-9, ISSN 1562-3610
- [14] TEGoVA (The European Group of Valuers' Associations) által kibocsátott EVS 2012 (European Valuation Standards-Európai Értébecslési Szabványok)
- [15] Ertsey A., Medgyasszay P.: „Fenntartható építészet, 2017, TERC Kft, ISBN: 9786155445422
- [16] Zöld A., Szalay Zs., Csoknyai T.: „Energiatudatos építészet 2.0”, Terc Kiadó, 2016.
- [17] Hens, H.: Applied Building Physics: „Boundary Conditions, Building Performance and Material Properties”, 2010, Ernst & Sohn, p. 319
- [18] Hens, H.: „Building Physics: Heat, Air and Moisture, Fundamentals and Engineering Methods with Examples and Exercises”, Ernst & Sohn, 2012, 2nd ed., p. 324
- [19] João M.P.Q. Delgado, Eva Barreira, Nuno M.M. Ramos, Vasco Peixoto de Freitas: „Hygrothermal Numerical Simulation Tools Applied to Building Physics”, 2013, Springer, p. 72
- [20] Künzeli, H.M.: „Hygrothermal Numerical Simulation Tools Applied to Building Physics”, Fraunhofer IRB Verlag, 1995, Stuttgart, p. 65.
- [21] Theodore L. Bergman, Adrienne S. Lavine, Frank P. Incropera, David P. DeWitt: „Fundamentals of Heat and Mass Transfer”, 2011, John Wiley & Sons, 7th ed., p. 1076
- [22] Zöld A. : „Energiatudatos építésze”t, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1999, ISBN 963 16 3019 6
- [23] Clarke, J.A.: „Energy Simulation In Building Design, Butterworth-Heinemann”, Oxford, 2004, ISBN 0 7506 5082 6, p. 362
- [24] Hagentoft, C-E.: Introduction to Building Physics, Studentlitteratur AB (January 1, 2011), ISBN13:978-91440 18966, p. 444

Komplex vizsga főtárgya a Szerkezet-építőmérnök programban:

Sz4. Geotechnika és mérnökgeológia

Telítetlen talajmechanika. Telítetlen talajmechanika alapösszefüggései, feszültségváltozók, víztartási görbe fogalma és meghatározása, kapilláris jelenségek telítetlen talajok áteresztőképessége, nyírószilárdsága, alakváltozási jellemzői, modellezési kérdései. Telítetlen talajmechanika gyakorlati jelentősége.

Talajdinamika. Hullámterjedés talajokban. Talajok jellemzői dinamikus terhelés esetén (szilárdság, alakváltozás, megfolyósodás) és ezek meghatározási lehetőségei (helyszíni, laboratóriumi és geofizikai módszerekkel). Dinamikus viselkedés figyelembe vételét lehetővé tevő fejlett anyagmodellek. Alapköveti földrengésrekordok meghatározási lehetőségei, talajok viselkedése földrengéskor, illetve ezek hatása a terepszinten kialakuló mozgásokra.

Speciális mélyépítési technológiák. Mély munkagödrök (részfalak, cölöpfalak, Jet-panelok, zagyfalak) technológiai, kivitelezési és tervezési kérdései. Talajjavítási és talajerősítési megoldások (rigid inclusion, injektálások, mélykeverés, kötömszök, talajstabilizálási eljárások) technológiai, kivitelezési és tervezési kérdései. Horgonyok, dúcok és megtámasztó rendszerek tervezése és kivitelezése.

Mérnökgeológia modellezés. Kőzet tulajdonságok meghatározása, modellezéshez szükséges paraméterek jellemzői. Geológiai szerkezetek és ábrázolásuk. Deformációs szerkezetek és jellemzésük: litoklázisok, vetők és gyűrődések. Rétegdőlés és deformációs szerkezetek ábrázolása (dőlésrész, sztereografikus projekció) és ezek térképi megjelenítése. Mérnökgeológiai térképek és alkalmazásuk a tervezésben.

Speciális mérnökgeológiai mérések és alkalmazásuk. A kőzettestek helyszíni mechanikai paramétereinek meghatározása. Tagoltságok helyszíni mérése. In situ feszültségek meghatározása és alkalmazhatósága. Kőzetminták triaxiális vizsgálata, a fluidum, a hőmérséklet és nyomás viszonyok szerepe. A tagolófelületek menti nyírásvizsgálat és szerepe a mérnöki tervezésben. Kőzetek minősítése, felhasználhatósága, szabványos mérési módszerek, ISRM és egyéb ajánlások.

Kőzet és szerkezet kölcsönhatása. Töredezettség hatása mélyépítési műtárgyaknál. Optimális kőzetfejtési mód meghatározása. Sziklarézsiük stabilitásának meghatározása, szükséges biztosítási módok kiválasztása. Környezeti hatások szerepe és figyelembe vétele. Tagoltságok állapotának szerepe a kőzettest tönkremeneteli állapotára. Kőzetek besorolása mechanikai viselkedésük alapján. Analitikus és numerikus modellezés lehetőségei sziklarézsiük és felszín alatti kőzetbe kialakított szerkezetek esetén.

Irodalom:

Bell, F.G. *Engineering geology*. Butterworth-Heinemann 2007.

Fredlund, D. G., Rahardjo, H., Fredlund, M.D.: *Unsaturated Soil Mechanics in Engineering Practice*, John Wiley & Sons, Inc., 2012.

Hoek E.; Brown E.T. *Underground excavations in rock*. London, Inst. Min. Metall., 1980.

Kempfert, H.G., Gebreselassie, B. *Excavations and Foundations in Soft Soils*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2006.

Kramer, S.L.: *Geotechnical Earthquake Engineering*. Prentice-Hall Inc., 1996.

MMK FAP útmutató, segédlet: Geotechnikai modellezés a hazai gyakorlatban az EC7 tükrében, 2017

MMK FAP útmutató, segédlet: Korszerű cölöpalapozások tervezése geotechnikai, tartószerkezeti és technológiai szempontok alapján, 2016

MMK FAP útmutató, segédlet: Korszerű támszerkezetek tervezése, 2018

Price, D.G. *Engineering geology: principles and practice*. Springer-Verlag New York, 2009.

Török Á. *Geológia mérnököknek*. Műegyetemi Kiadó, Budapest, 2007.

Vásárhelyi B. *Az alkalmazott kőzetmechanika alapjai*. Hantken Kiadó, Budapest, 2016.

Verruijt, A. *Soil Dynamics*. University textbook TU Delft, 2009.

Wyllie, D.C. *Rock Slope Engineering: Civil Applications*, CRC Press, 2017.

Zhang L. *Engineering properties of rocks*. Elsevier Geo-Engineering Books, 2005.

Komplex vizsga főtárgya az Infrastruktúra-építőmérnök programban:

I1.Hidrodinamika

Folyadékmechanika. Folytonos közeg mozgása. Euler- ill. Lagrange-féle tárgyalásmód. Örvényes ill. örvénymentes mozgások. Potenciális áramlások, sebességpotenciál. Cirkuláció fogalma és kifejezése. A folyadék energiatartalmának értelmezése. Tömeg-, impulzus- és energia-megmaradás egyenletei (Euler-, St Venant-, Navier-Stokes-, Bernoulli-egyenletek). Lamináris és turbulens áramlások. Sebességnyírás, lamináris és turbulens határretegek. Reynolds-féle időátlagolás elve és alkalmazása a Navier-Stokes-egyenletekre.

Hidraulika. Egyenletes és fokozatosan változó nyílt felszínű áramlások. Permanens és nempermanens mozgások. Áramló és rohanó vízmozgás, vízugrás impulzusegyensúlya. Mederellenállás turbulens áramlásban, kapcsolat a középsebességgel. Rövid és hosszú felszíni hullámok. Hullámok diszperziója, elhajlása, diffrakciója és visszaverődése. Haladó és állóhullámok. Folyami hullámjelenségek. Permanens szivárgó mozgások szemcsés talajokban. Darcy-féle sebesség értelmezése.

Transzport. Az elkeveredés áramlástanai értelmezése, advektív transzport, turbulens diffúzió, Fick-féle törvények, turbulens diszperzió. Mélység- és hosszirányú diszperzió folyókban. Elkeveredési folyamatok mérése, diszperziós együtthatók becslése. Hordalékmozgás, morfológiai sajátosságok.

Modellezés. Áramlási folyamatok leírása vízfolyásokban és felszínalatti víztartókban. Modellek kalibrálása, igazolása, paraméter-érzékenység és bizonytalanság vizsgálata. Rácshálón alapuló numerikus közelítések alapelvei. Véges differencia módszer. Fizikai hasonlóság és modellezés. Uralkodó erők, klasszikus modelltörvények. Hasonlósági kritériumok és invariánsok. Hidraulikai modellek, méretarányhatás, modelltorzulás.

Irodalom:

Chanson, H. (2004). *Environmental hydraulics for open channel flows*. Elsevier.

Ferziger, J. H., & Peric, M. (2012). *Computational methods for fluid dynamics*. Springer.

Fischer, H. B., List, J. E., Koh, C. R., Imberger, J., Brooks, N. H. (2013). *Mixing in inland and coastal waters*. Elsevier.

Lajos Tamás (1999): *Az áramlástan alapjai*. Műegyetemi Kiadó, Budapest.

Németh E. (1963): *Hidromechanika*, Tankönyvkiadó, Budapest.

Komplex vizsga főtárgya az Infrastruktúra-építőmérnök programban:

I2. Területi és települési vízgazdálkodás

Vízkeszlet-gazdálkodás. A fenntartható vízkeszlet-gazdálkodás alapelvei. A vízkeszletek és igények feltárásának, mennyiségi és minőségi értékelésének módszerei. Áttérés a vízigények kielégítéséről a vízigények szabályozására. Gazdasági elemzések módszerei, a költségvisszatérülés elvének alkalmazása.

Vízgyűjtő-gazdálkodás. A vízgyűjtőre épülő vízgazdálkodás lényege és alapelvei. Vízgyűjtő-feltárás, a környezeti célok és a célok eléréséhez megvalósítandó tevékenységi programok meghatározása. A vízgyűjtő-gazdálkodás informatikai, térinformatikai és matematikai modellezési igényei.

Mezőgazdasági vízgazdálkodás. A mezőgazdaság és a mezőgazdasági vízgazdálkodás változásai és stratégiái. A mezőgazdaság mennyiségi és minőségi vízigényei. A mezőgazdaság hatásai a vízkeszletek mennyiségére és minőségére. Víztakarékos és környezetharmonikus öntözési módszerek. Döntéstámogató rendszerek a mezőgazdasági vízgazdálkodás problémáinak megoldásához.

Árvízi kockázatkezelés. Árvízi biztonság és kockázat. Árvízi kockázatkezelés szerkezeti és nem szerkezeti módszerei. Műszaki, társadalmi és ökológiai vonatkozások. Árvízi kockázatkezelés és a területfejlesztés. Az árvizek gazdasági hatásai, a fejlesztések közzgazdasági megalapozása. Ártéri öblözetek kockázati térképezése. Az árvízvédelem és a nyilvánosság, a társadalom árvíz-tudatának fejlesztése.

Települési csapadékvíz gazdálkodás: A település és környezetének kölcsönhatásai, klímaváltozás következményei. Városi vízgyűjtők vízmérlege és a befolyásoló tényezői, a klímaváltozás hatása. Városi csapadékvíz gazdálkodás és alrendszerei. Mértékadó csapadék fogalma. Decentralizált csapadékvíz kezelés megoldásai.

Ivóvízellátó rendszerek. Elosztó hálózat tervezése: topológiai, fizikai, fogyasztási modellek vízigény-előrejelzés metodikája, stacioner ill. kvázi-stacioner vizsgálatok, nyomáslengés. Vízbeszerzési lehetőségek. Ivóvíz tisztítás alaptechnológiai (vas- és mangántalanítás, arzénmentesítés, ammónium eltávolítás) és technológiai sorai mélységi vizek és felszíni vizek esetében. Hálózati vízminőség biztosítása. Korrózió a vízelosztó hálózatokban. Ivóvíz-biztonsági tervek.

Víziközmű rekonstrukció. Állapotértékelés statisztikai és fizikai módszerei. Meghibásodás-előrejelzési modellek, döntéstámogatási módszerek, statikai méretezés. Hálózattisztítás.

Szennyvízelvezetés és tisztítás. Csatornahálózat, szennyvíztisztító és befogadó kapcsolata. Mechanikai szennyvíztisztítás műtárgyai. Eleveniszapos medencék felépítése és funkciója. Reaktorkapcsolási alapsémák nitrogéneltávolítás szempontjából. Biológiai és vegyszeres foszforeltávolítás. Eleveniszapos rendszerek méretezése. Utóülepítők tervezése. MBR, SBR, biofilmes és granulált iszapos módszerek. Üzemeltetési problémák és kezelésük (úszóiszap, lebegőiszap). Iszapkezelés, hasznosítás, elhelyezés.

Irodalom:

Bentley HAMMER V8i Edition User's Guide

Buzás Kálmán, Budai Péter, Clement Adrienne, Horváth Adrienn: *Települési csapadékvíz-gazdálkodás* Budapest: TERC Kereskedelmi és Szolgáltató Kft., 2012. 148 p. (ISBN:978-963-9968-36-3)

- DWA A-131 (2016): *Bemessung von einstufigen Belebungsanlagen* (ISBN: 978-3-88721-331-2 (Print))
- Ijjas I. (2002): *Mezőgazdasági vízgazdálkodás az Európai Unióban*. Egyetemi jegyzet. Szerk: Szlávik L., Szent István Egyetem, Gödöllő.
- Lajos Tamás (1999): *Az áramlástan alapjai*. Műegyetemi Kiadó, Budapest.
- Laky, D. Licskó, I. *Vízisztítás*. BME Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszék, 2007.
- Loucks, D. P., van Beek, E. (2017). *Water resource systems planning and management: An introduction to methods, models, and applications*. Springer.
- Metcalf, & Eddy. (2014). *Wastewater Engineering Treatment and Reuse*. New York: McGraw-Hill.
- Pattantyús Á. Géza: *Gyakorlati áramlástan* (Műegyetemi Tankönyv)
- Patziger Miklós (2018): *Közepes és kis szennyvíztisztító telepek hatékony üzemeltetése: technológiai ismeretek* Budapest: Magyar Víziközmű Szövetség (MaVíz), 130 p. (ISBN:978-963-87507-9-2)
- Somlyódy, L. (2011). *Magyarország vízgazdálkodása: helyzetkép és stratégiai feladatok*. Magyar Tudományos Akadémia, Budapest.
- Somlyódy, L. szerk. (2002). *A hazai vízgazdálkodás stratégiai kérdései* (Vol. 8). Magyar Tudományos Akadémia, Budapest.
- SWMM Applications Manual, Reference Manual Volume I—Hydrology, Volume II—Hydraulics
- CARE-S Reports <https://www.sintef.no/projectweb/care-s/reports/>
- CARE-W Reports <https://www.sintef.no/projectweb/care-w/reports/>

Komplex vizsga főtárgya az Infrastruktúra-építőmérnök programban:

I3. Vízhőminőség

Vízkémia. Savak, bázisok, sók. Megfordítható kémiai folyamatok és a tömeghatás törvénye. A víz disszociációja és a pH fogalmának bevezetése. A hidrogén-híd kötés hatása a víz fizikai tulajdonságaira. Karbonát ionok megjelenési formái a pH függvényében. Egykomponensű pufferrendszer. Szervetlen nitrogénvegyületek (összetett ionok), előfordulásuk eltérő redox viszonyoknál, oxidációs szám. Ásványi savak, sűrűség, értékűség. A szerves anyagok lebomlásának végtermékei oxidatív és redukzív körülmények között.

Vízhőminőség, vízminősítés. Természetes vizek minősége. Ökológiai és kémiai állapotjellemzők. Típus-specifikus referencia viszonyok. Vízszennyezés és terhelhetőség. Elsőbbségi veszélyes anyagok, előfordulásuk a vízi környezetben. Ökológiai és humán toxikológiai hatások. Toxicitás mérése. Bioindikáció és bioakkumuláció. Patogén szennyezők, mikrobiológiai vízminősítés. Ivóvíz minőség. Nyers és tisztított szennyvizek mennyiségi és minőségi jellemzői.

Vízhőminőségi modellezés. Terhelés – hatás kapcsolatrendszer: a befogadó válaszfüggvény típusai. A vízminőség változás leíró egyenletei. Kölcsönhatások, reakció kinetikai modellek. Modellek idő- és térléptéke. Aggregált paraméterek, kalibráció és validáció, bizonytalanságok kezelés a modellezésben. Alkalmazás folyóvízi és tavi rendszerekben. Oxigénháztartás, tápanyaganyag-forgalom és eutrofizáció, hőtranszport, toxikus anyagok és patogén szennyezettség modellezése.

Alkalmazott ökológia. Főbb elemek és alapfolyamatok az ökoszisztémában. Vízi ökoszisztémák típusai és jellemzésük. Ökológiai szempontok a vízgazdálkodásban. A természeti táj és a víz viszonya. Vizes élőhelyek és jellegzetességeik. Mérnöki beavatkozások a vizes élőhelyekbe (célok, típusok, következmények). Vízépítési létesítmények ökológiai hatása és a mérséklésére meglévő technikai megoldások. Természetes szennyvíztisztító rendszerek folyamatai és működési jellemzők. Vízfolyások ökológiai mederrendezése.

Víz- és szennyvíztisztítás technológiák. Gáz-folyadék és szilárd-folyadék fázisátviteli eljárások és alkalmazhatóságuk az ivóvíz- és szennyvíztisztításban. Ülepítés, szűrés, nem ülepedőképes anyagok leválasztása, koaguláció, flokkuláció. Adszorpció. Kémiai kicsapás. Biológiai oxidáció, nitrifikáció, denitrifikáció, biológiai és vegyszeres foszforeltávolítás. A fertőtlenítés kémiája.

Irodalom:

Binnie, C., Kimber, M., Smethurst, G. *Basic Water Treatment*. Thomas Telford Ltd. 2002 (reprint).

Chapman, D. *Water Quality Assessments - A Guide to Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring* – 2nd Edition, 1996 UNESCO/WHO/UNEP

Chapra, Steven C. *Water Quality Modelling*, Waveland Press, 2008.

Heinrich, D. és, Herrgt, M. (1995): *Ökológia*. SH atlasz, Springer Verlag Budapest, Berlin, Heidelberg, New York, London, Paris, Tokyo, Hong Kong, Barcelona, 1994.

Licskó, I., Laky, D. *Vízkémia*. BME Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszék, 2003.

Mayer J. *Az ökológia alapjai*. Szaktudás Kiadó, Budapest, Kísérleti tankönyv, 1994. ISBN 963 356 032 2.

Öllös Géza (2008): *Vízhőminőség változás a vízelosztó rendszerben* (ISBN 978-963-552-412-9)

Somlyódy, L. *Felszíni vizek minősége. Modellezés és szabályozás*. Typotex, Budapest, 2018.

Stumm, W., & Morgan, J. J. (2012). *Aquatic chemistry: chemical equilibria and rates in natural waters* (Vol. 126). John Wiley & Sons.

Szilágyi F., Orbán V. *Alkalmazott hidrobiológia*. MAVÍZ, Budapest, 2007.

Weiner, E. R. *Applications of Environmental Aquatic Chemistry*. CRC Press, 2007.

Komplex vizsga főtárgya az Infrastruktúra-építőmérnök programban:

I4. Közúti és vasúti infrastruktúra

Útpályaszerkezetek felépítése és anyagtana. Az útpályaszerkezetekkel szemben támasztott követelmények. Anyagmodellek, rugalmasságtani alapok ismertetése. Klimatikus hatások.

Forgalmi terhelés. A tervezési forgalom meghatározás alternatív lehetőségei. Különleges járművek rongáló hatása.

Méretezés-elmélet általános alapjai. Az útpályaszerkezetek hazai méretezési eljárásainak kidolgozása, azok elméleti háttere. Az analitikus méretezés alapjai. Feszültségek és alakváltozások. Aszfaltanyagok anyagjellemzői és vizsgálatai. Típusvizsgálatok, alapanyagokra, aszfaltkeverékre, beépített aszfaltrétegek minőségére vonatkozó előírások. Nemzetközi méretezési módszerek ismertetése (német, francia, angolszász gyakorlat). Kő, betonkő burkolatú pályaszerkezetek tervezése. Számítógépes méretezés, FEM és DEM módszerek bemutatása

Betonburkolatok méretezése. Feszültségek és lehajlások. Alapanyagok, pályabetonnal szemben támasztott követelmények, betonok vizsgálatai, hézagolás. Speciális technológiák (white-topping, kompozit szerkezet), repülőtéri burkolatok

Meglévő pályaszerkezetek megerősítésének méretezése. Útpályaszerkezet-diagnosztika. Szerkezeti illetve technológiai hibák és okaik. A megerősítés méretezésének analitikus elvei. Anyagtulajdonságok, pályaszerkezeti rétegek felvétele, határigénybevételek és teherisméltési szám meghatározása, analitikus számítási módszer ismertetése

Innovatív útpályaszerkezetek. Másodnyersanyagok, bontott építési anyagok felhasználhatósága, zajcsökkentő aszfaltok, vízáteresztő burkolatok, „Perpetual Pavement”

Forgalomtechnika. A forgalomlebonylódás optimalizálása – vonali és hálózati forgalomszabályozó stratégiák. A forgalomszabályozás eszközei. A meglévő forgalmi rend kiértékelése, forgalomlebonylódási és közlekedésbiztonsági kockázatok azonosítása és elemzése. Az úthasználói viselkedés elemzése, az elvárt magatartás kialakításának módszerei.

A hézag nélküli vágányok stabilitása. A hézag nélküli vágányok létesítésének feltételei, műszaki megoldásai. A hézag nélküli vágányok kivetődés elleni stabilitásának számítási módszerei, a stabilitást befolyásoló tényezők. A vágány helyettesítő inercianyomatékának meghatározási módszerei. Az ágyazati oldallellenállás meghatározása laboratóriumi és helyszíni mérésekkel.

A hézag nélküli vágányok dilatációja. A hézag nélküli sínszál sínvégmozgása. Sínvégmozgás hőingadozások esetén. A gátolt dilatáció erő- és hézagdiagramja. A hézag nélküli felépítmény sínvégmozgási ciklusdiagramja, fagyás nélkül, illetve összefagyás-felolvadás esetén. Indítás és fékezés hatása a sínben ébredő normálerőkre koncentrált, illetve megoszló vonatteher esetén. Dilatáló híd mozgásának hatása a felette megszakítás nélkül átvezetett hézag nélküli sínszál erőjátékára.

A vasúti vágány teherbírása. A Zimmermann-Eisenmann féle felépítmény méretezési eljárás és elvi alapjai. A helyettesítő hosszaljas módszer elmélete, a Zimmermann féle módszer hatásábrái. Az Eisenmann-féle dinamikus tényező meghatározásának módja, értékét befolyásoló tényezők. Rugalmas átmeneti szakaszok építésének szükségessége, kialakításának főbb szempontjai és ezek modellezése.

A vasúti pálya vonalvezetése. Mozgásjellemező mennyiségek és meghatározásuk. Az átmenetiív általános geometriája. Átmenetiív-geometriák egyenes és körív között, kosárivek, valamint ellenkező görbületű ívek között. Túlemelés, túlemelés-átmeneti geometriák.

Irodalom:

- Dr. Fi István - Dr. Bocz Péter - Dr. Pethő László - Dr. Tóth Csaba: *Útburkolatok méretezése*. 2012. Kiadó: TERC Kft. ISBN: 978 963 9968 34 9
- Dr. Gáspár László – Dr. Keleti Imre (Szerk.): *Betonburkolatok*. 2012. Kiadó: Magyar Betonburkolat Egyesület. ISBN: 9789630845854
- Yang H. Huang: *Pavement Analysis and Design*. Kiadó: Pearson; 2 edition (2003). ISBN-10: 0131424734
- Per Ullidtz: *Modelling Flexible Pavement Response and Performance*. Kiadó: Tech Univ. of Denmark Polytekn. 1998. ISBN-10: 8750208055
- Chowdhury, M.A, Sadek, A.: *Fundamentals of Intelligent Transportation Systems Planning*. Artec House, London, 2003
- Shinar, D.: *Traffic Safety and Human Behavior*: Second Edition. Emerald Publishing, Bingley UK, 2017
- Vásárhelyi Boldizsár: *Vasúti felépítmény*, Közlekedési Kiadó, Budapest, 1953.
- Dr. Nemesdy Ervin: *Vasúti felépítmény, Vasútépítéstan II. kötet*, Tankönyvkiadó, Budapest, 1966.
- Dr. Megyeri Jenő: *Vasúti mozgásgeometria*: Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1986. ISBN: 963 10 5978 2
- Dr. Megyeri Jenő: *Vasútépítéstan*, KÖZDOK, Budapest, 1991.
- Dr. Nemesdy Ervin: A hézag nélküli vasúti pályák gátolt dilatációjának pontos és közelítő számítása, valamint a sínvégek illesztéseinek kialakítása, *Építőipari és Közlekedési Műszaki Egyetem Tudományos Közleményei*, V. kötet, 2-5 szám, különnyomat, Budapest, 1960.
- Coenrad Esveld: *Modern Railway Track*, Digital Edition 2014, version 3.1 ISBN: 978-1-326-05172-3
- Dr. Kormos Gyula: Belső súrlódással rendelkező dilatációs készülékek beépítési és fenntartási kérdései különös tekintettel a nyitási táblázatokra, *Nemzetközi Építéstudományi Konferencia*, ÉPKO 2002.
- Dr. Kormos Gyula: Síndilatációs szerkezetek titkai, *Nemzetközi Építéstudományi Konferencia*, ÉPKO 2011.
- Szabó József: *Az ágyazatragasztási technológiával stabilizált zúzottkőágyazatú vasúti felépítmény statikus és dinamikus terhekre történő viselkedésének vizsgálata és elemzése*, PhD értekezés, BME Út és Vasútépítési Tanszék, Budapest, 2011.
- Liegner Nándor: *Y-acélaljakkal épített zúzottkőágyazatú folyóvágányok elméleti és üzemi vizsgálata*, PhD értekezés, BME Út és Vasútépítési Tanszék, Budapest, 2005.

Komplex vizsga főtárgya a Földmérő és Térinformatikai mérnök programban:

G1. Földtudományi matematika

Lineáris algebrai módszerek. Vektor és mátrix normák; kondíciós szám, rosszul kondicionált egyenletek; polinomillesztési feladat kondicionáltsága; szinguláris érték felbontás (SVD) főbb tulajdonságai és földtudományi alkalmazásai; a főkomponens-analízis (PCA) és kapcsolata az SVD-vel.

Statisztikai módszerek és becslések. Statisztikai hipotézisvizsgálat, statisztikai próbák; intervallumbecslés, megbízhatósági (konfidencia) intervallumok; a Kálmán-szűrés elve, algoritmusai; a Kálmán-szűrés és a csoportokban történő kiegyenlítés kapcsolata; a kibővített Kálmán-szűrés (EKF) lényege, alapösszefüggései és problémái; a problémák kezelése a szagtalan Kálmán-szűrő (UKF) segítségével; a szagtalan transzformáció lényege, a krigelés alapfogalmai, a variogram fogalma; fontosabb variogram modellek; az egyszerű krigelés (SK) és a közönséges krigelés (OK) lényege; a krigelés alkalmazása szórt pontok alapján történő interpolációra; a RANSAC iterációs paraméterbecslési eljárás elve, főbb lépései; a RANSAC változatai; a hagyományos, illetve a Bayes-féle statisztikai megközelítés közötti különbség; a Bayes-tétel, a likelihood függvény, a prior és a poszterior; statisztikai becslés robusztussága és rezisztenciája; paraméterbecslés maximum likelihood (MLE) módszerrel és Bayes-féle becsléssel; a bayesi statisztika nehézségei.

Wavelet transzformáció és alkalmazásai. A folytonos wavelet transzformáció (CWT); a wavelet spektrum normalizációja, szignifikancia vizsgálata és a hatáskúp fogalma; szűrés folytonos wavelet transzformációval; a diszkrét (ortogonális) wavelet transzformáció (DWT) és kapcsolata a kettős tükörszűrőkkel; a diszkrét Haar wavelet transzformáció; a sokskalás felbontás (MRA) lényege; a DWT alkalmazása adattömörítésre, illetve nagy méretű lineáris egyenletrendszer megoldására; a wavelet transzformáció alkalmazása idősorok elemzésére.

Sztochasztikus folyamatok. A sztochasztikus folyamatokkal kapcsolatos alapfogalmak; A digitális szűrők jellegzetességei, a véges impulzusválaszú (FIR) illetve a rekurzív (IIR) szűrők; a digitális szűrők jellemzése a z-transzformáció segítségével; a teljesítménysűrűség spektrum (PSD) fogalma, főbb jellegzetességei folytonos változójú sztochasztikus folyamat esetében; a lineáris szűrőn átvitt jel PSD-je; a diszkrét idősorok spektrumbecslésének alapjai, a periodogram becslés és kritikája; a PSD becslés paraméteres és nemparaméteres eljárásai.

Irodalom:

Awange, J.L., Paláncz, B., Lewis, R.H., Völgyesi, L.: *Mathematical Geosciences. Hybrid Symbolic-Numeric Methods.* Springer, 2018.

Detrekői Ákos: *Kiegyenlítő számítások.* Tankönyvkiadó, Budapest, 1991.

Hunyadi László: Bayesi gondolkodás a statisztikában. *Statisztikai Szemle*, 89(10-11), 1150-1171, 2011.

Koch, K.R.: *Introduction to Bayesian Statistics.* 2nd Ed. Springer, 2007.

Najim, M.: *Modeling, Estimation and Optimal Filtration in Signal Processing.* Wiley & Sons, 2008.

Olea, R.A.: *Geostatistics for Engineers and Scientists.* Kluwer Academic Publishers, 1999.

Steiner Ferenc: *A geostatisztika alapjai.* Tankönyvkiadó, Budapest, 1990.

Strang, G., Borre, K.: *Linear Algebra, Geodesy, and GPS.* Wellesley Press, Cambridge, 1997.

Sundararajan, D.: Discrete Wavelet Transform: A Signal Processing Approach. Wiley & Sons, 2015.

Szabó Norbert Péter: *Bevezetés a geostatisztikába*. Elektronikus jegyzet. Miskolci Egyetem, 2012

Torrence, C., Compo, G.: A Practical Guide to Wavelet Analysis. Bulletin of the American Meteorological Society, Vol. 79, No. 1, pp. 61–78.

Tóth Gyula: *Korszerű matematikai módszerek a geodéziában*. Elektronikus jegyzet. BME, 2012.
URL: <http://www.agt.bme.hu/tantargyak/korszmat/KorszeruMatematikaJegyzet.pdf>