



M Ű E G Y E T E M 1 7 8 2

**Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem**  
**Gépészmérnöki Kar**

## **KÉPZÉSI TÁJÉKOZTATÓ**

az energetikai mérnöki mesterszak (MSc)

2013/2014. tanév 1. félévében beiratkozott hallgatói részére

Összeállította:

*Dr. Bihari Péter*

egyetemi docens, szakfelelős

Budapest, 2013. szeptember

Az aktuális tájékoztató letölthető:

<http://www.gpk.bme.hu/MSc/>

# TARTALOMJEGYZÉK

1. Előszó .....	3
2. Az energetikai mérnöki pályáról és A képzésről .....	4
3. Követelmények, szabályozások .....	6
4. Az oktatási tevékenységben részt vevő karok és szervezeti egységek .....	7
5. Az energetikai mérnök mesterszak tanterve .....	9
5.1. A szak általános tanterve .....	9
5.2. Atomenergetika szakirány .....	10
5.2.1. Az atomenergetika szakirány kötelezően választható tárgyai .....	10
5.2.2. Az atomenergetika szakirány záróvizsga tárgyai .....	11
5.3. Hő- és villamosenergia-termelés szakirány .....	12
5.3.1. A hő- és villamosenergia-termelés szakirány kötelezően választható tárgyai .....	12
5.3.2. A hő- és villamosenergia-termelés szakirány záróvizsga tárgyai .....	12
5.4. Megújuló energiaforrások szakirány .....	13
5.4.1. A megújuló energiaforrások szakirány kötelezően választható tárgyai .....	13
5.4.2. A megújuló energiaforrások szakirány záróvizsga tárgyai .....	13
6. Az energetikai mérnök mesterszak tantárgyainak ismertetése.....	14
6.1. A törzsanyag tantárgyai .....	14
6.1.1. Természettudományos alapismeretek .....	14
6.1.2. Szakmai törzsanyag .....	16
6.1.3. Gazdasági és humán ismeretek .....	19
6.2. Az atomenergetika szakirány tantárgyai .....	21
6.2.1. Kötelező tárgyak .....	21
6.2.2. Kötelezően választható tárgyak .....	23
6.3. A hő- és villamosenergia-termelés szakirány tantárgyai .....	25
6.3.1. Kötelező tárgyak .....	25
6.3.2. Kötelezően választható tárgyak .....	27
6.3.3. szabadon választható tárgyak .....	28

# 1. ELŐSZÓ

A Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Gépészmérnöki Karán 1871 óta folyik mérnökképzés. A Kar első alkalommal 2005-ben indította el négy szakon az Európai Felsőoktatási Térségben egységesített BSc (Bachelor of Science) alapképzésű képzést. E négy szak: a gépészmérnöki szak, az energetikai mérnöki szak, a mechatronikai mérnöki szak és az ipari termék- és formatervező mérnöki szak. A képzés valamennyi szakon hétszemeszteres. Az energetikai mérnöki szak alapképzésében törekedtünk arra, hogy megőrizzük eddigi oktatásunk értékeit és igyekeztünk olyan szakirány választékot biztosítani, amihez egyrészt a személyi és infrastrukturális feltételek magas szinten rendelkezésre állnak, másrészt, ami a munkaerőpiaci elhelyezkedésre jó esélyt teremt.

Az önálló energetika szak 1987-ben jelent meg a BME és a Paksi Atomerőmű Vállalat kezdeményezésére. Az akkor elindított főiskolai szintű energetikai mérnök képzés a BME keretei között 2003-ig kettős helyszínen, Budapesten és Pakson, majd csak Budapesten folyt. Az egyetemi szintű energetika szak akkreditációja után 2000-ben indult el a BME Gépészmérnöki Kar irányításával és a Villamosmérnöki és Informatikai Kar közreműködésével az okleveles energetikai mérnökök képzése. A sikeres akkreditáció után 2005-ben, az országban elsőként indítottuk el az energetikai mérnök alapszakot és erre alapoztuk 2009-ben – szintén az országban elsőként – az energetikai mérnök mesterszakunk elindításának.

Az egyes tudományterületekhez tartozó laboratóriumok folyamatos fejlesztésével az elméleti képzés mellett a gyakorlatorientált képzés feltételeit teremtettük meg, segítve ezzel a hallgatók mérnöki készségeinek biztos alapokra helyezését. Az energetikai mesterszakon nemcsak a BME-n végzett alapképzésű (BSc) mérnökök tanulhatnak, hanem az ország bármely felsőoktatási intézményében végzett mechatronikai mérnöki, gépészmérnöki, villamosmérnöki, energetikai mérnöki BSc diplomával rendelkezők is.

Remélem és hiszem, hogy a képzés során olyan energetikai mérnökké válnak, akik mindenben eleget tesznek Pattantyús Ábrahám Géza néhai műegyetemi professzor által megfogalmazott elvárásoknak:

*„A mérnöki hivatás felelősségteljes gyakorlásához az alapos szaktudáson felül széles látókörre, erkölcsi értékkel párosult jellemerőre és felelősségtudatra van szükség.”*

Mindnyájuknak jó egészséget, elegendő akaraterőt és tanulmányi sikereket kíván:

Dr. Czigány Tibor  
dékán

## 2. AZ ENERGETIKAI MÉRNÖKI PÁLYÁRÓL ÉS A KÉPZÉSRŐL

Az emberiség nagy kihívása a XXI. században a fenntartható fejlődés megvalósítása, és ennek egyik kiemelkedő fontosságú kulcskérdése az energiaellátás megoldása.

Jelenlegi fejlett világunk modern és komfortos berendezkedését az teszi lehetővé, hogy – a régmúlt időktől eltérően – az emberi és állati izomerő helyett a lényegesen nagyobb teljesítmények, munkavégzés elérését lehetővé tevő energiaforrásokra támaszkodunk. Az energetikai szakterülete ezen (nukleáris, fosszilis és megújuló) energiaforrások felhasználásától, az energiaátalakítási lépcsőkön keresztül a végső felhasználásig tart.

A technikai-műszaki fejlődés, az egyre nagyobb volumenű termelés egyre növekvő mennyiségű energiát igényelt. Ez vezetett oda, hogy már a XX. század második felében, az intenzív fejlesztések időszakában megjelentek a növekvő energiaigények és a fejlődés hosszútávú fenntarthatóságának ellentmondásai. A XXI. század energetikájának nagy kihívása az, hogy az energiafelhasználás növekedése ne vezessen fenntarthatatlan növekedési pályákhoz, és eközben az energiafelhasználás korlátozása ne váljék a további fejlődés akadályává.

A szakterület eredményes műveléséhez széles látókörű, az energiaellátás különböző részterületein otthonosan mozgó, az energetika gazdasági és környezeti hatásait teljes kiterjedésében értékelni tudó mérnökökre lesz szükség. Ma már nem engedhető meg, hogy az energetika számára a gépészmérnök, a villamosmérnök, a környezetmérnök és más rokonterületi mérnökképzés keretében a szakterület egy-egy részét áttekinteni képes szakembereket képezzünk, hanem egységes energetikai – gazdasági – környezeti szemlélettel felvértezett mérnökök kezébe kell adni e kulcsfontosságú terület művelését. Az is fontos, hogy az energetikai mérnökök a teljes energiatermelő, energiaszállító, energia elosztó és energia felhasználó rendszer ismeretében legyenek képesek az energetikai hatékonyság javítására.

Az energetikai mérnöki pálya nem csak egyszerűen életpálya, hanem hivatás is. Ez azt jelenti, hogy az energetikában dolgozó mérnökök nem csak pénzkereső foglalkozásnak tartják munkájukat, hanem elhivatottságot éreznek az energiaellátás és felhasználás minél tökéletesebb, minél gazdaságosabb és a környezetet minél kevésbé terhelő megoldására. Belső késztetést éreznek a szakterület legújabb eredményeinek megismerésére és alkalmazására, a folyamatos továbbképzésre. Reményeink szerint ez a jövőben is így lesz és ez döntően a képzésbe most belépő generáción múlik.

Az energiaellátással is foglalkozó mérnökök képzése már több mint 100 éves múltra tekint vissza, elsősorban a gépészmérnök képzés keretei között (gondoljunk csak a gőzgépre). A XX. század az energetikában igen gyors fejlődést hozott, az évi alapenergia-felhasználás a század folyamán 16-szorosára nőtt. Ez teremtette meg az igényt arra, hogy kifejezetten erre a szakterületre specializált mérnököket képezzenek. Ennek egyik következménye volt, hogy a villamosenergiával – a leguniverzálisabban használható energia fajtával – foglalkozó villamosmérnökök képzése a XX. század közepe táján különvált a gépészmérnökképzéstől.

E szükséges és előnyös változás azonban bizonyos hátrányokkal is járt. Ezek közül az egyik, hogy az energetika egyes részterületein (pl. hőenergetikában, villamos energetikában) működők képzése eltávolodott egymástól. Nem sokkal ezt követően jelent meg egy új, immár a fizikához még szorosabban kapcsolódó terület: az atomenergetika, amely újabb képzési igényt jelentett. Az atomenergetikai mérnökök képzése kezdetben szakmérnök képzés formájában, ugyancsak a gépészmérnökképzéshez kapcsolódott, később önálló diszciplínaként jelent meg.

A XX. század fejlődése rámutatott arra, hogy az energetikának új utakat kell keresnie a további fejlődési igények kielégítéséhez. Alapvető követelménnyé vált a környezet védelme, a fejlődés hosszútávú fenntarthatóságának igénye. Ennek lényeges eleme a megújuló energiaforrások használatának terjedése, fokozódó térnyerése. A felsorolt energetikai területek szoros kapcsolódása teremtette meg az igényt e nagy területeket egységes képpé összerendező energetikai mérnökképzés iránt. Ez az 1987 óta tartó folyamat a közelmúltban jutott el arra a szintre, hogy az energetikai mérnök MSc képzés beindításával kiteljesedjék e területen is a kétszintű mérnökképzés.

Fontos jellemzője az energetikának, hogy jelentős részben nemzetközi keretek között valósul meg. A világ nemzetközi kereskedelmének középpontjában állnak az energiahordozók (szén, kőolaj, földgáz), emellett a termékek is a nemzetközi piacon forognak, aminek szép példája az európai országok többségét átfogó egységes villamosenergia-rendszer. Ennek megfelelően az energetikai mérnök életpályája nem korlátozódik egy országra, sokkal inkább jellemző a nemzetközi együttműködésekben való részvétel, a több országra kiterjedő életpálya.

Az elmondott gondolatok jegyében a BME Gépészmérnöki Kara – a képzésben résztvevő társkarok közreműködésével – olyan képzésben részesíti hallgatóit, hogy a felsorolt területek bármelyikén – a kellő gyakorlat megszerzése után – eredményesen tudjanak tevékenykedni, a széles alapozás birtokában képesek legyenek elsajátítani és alkalmazni az új eredményeket, tudjanak alkalmazkodni a gyorsan változó körülményekhez és kialakuljon bennük a folyamatos továbbtanulás, továbbképzés igénye is.

### 3. KÖVETELMÉNYEK, SZABÁLYOZÁSOK

**A mesterképzés keretében a tantervben előírt és mesterszinten elismert tantárgyakból 120 kreditpontot kell teljesíteni.** A kreditrendszer keretében lehetőség van arra, hogy minden hallgató a neki megfelelő ütemben és különböző tanulmányi úton jusson el a mesterdiploma megszerzéséhez.

A kreditrendszer a tantárgyak felvételében bizonyos rugalmasságot biztosít, azonban az ismeretanyag megértésének és elsajátításának folyamatában elengedhetetlen a tárgyak egymásra épülését megadó előtanulmányi rend. A mesterképzés keretében többnyire javasolt előtanulmányt írunk elő, melyet a tárgy könnyebb teljesítése érdekében javasolunk betartani.

A mesterképzés tantervének szerkezete olyan, hogy a képzést az őszi és a tavaszi félévben is megkezdhetik a hallgatók. A képzés első féléve egységes, a 2. félévtől kezdődő szakirányú tárgyak adnak módot a specializálódásra. A most induló évfolyamon – tekintettel a várható alacsony létszámra – csak két szakirány indítását tervezzük: atomenergetika valamint a hő- és villamosenergia-termelés szakirányokét. Lehetőség nyílik azonban arra, hogy a szabadon választható tantárgyak keretében a hallgató – az érdeklődési körének megfelelő – más szakiránynál meghirdetett tárgyat vegyen fel. Szabadon választható tárgyként bármely mesterképzés szinten meghirdetett tárgy felvehető.

A mesterképzés tantervében 30 kreditpont értékű diplomatervezés szerepel, melyet két félévre megosztva lehet elkészíteni. A Diplomatervezés 1. tantárgyak akkor vehetik fel a hallgatók, ha a mintatanterv szerinti tantárgyakból legalább 54 kredit értékűt teljesítettek, valamint az energetikától különböző BSc szakról érkezett hallgatók részére előírt „felvezető/különbözeti” tantárgyakat maradéktalanul teljesítették. Diplomatervezés 2. tantárgy felvételének feltétele, hogy a hallgató az adott mesterszak mintatanterv tárgyaiból – a szabadon választható tárgyak nélkül – legalább 79 kreditponttal rendelkezzen. Diplomatervezés 1. és 2. tantárgy – a tanterv szerinti összes tárgy teljesítése után - a tanulmányok utolsó félévében – kérelem alapján - együtt is felvehető.

Mesterképzés keretében összefüggő 4 hetes szakmai gyakorlatot kell teljesíteni.

A Szakmai gyakorlat kritérium tárgyat, a képzés során fel kell venni. A BSc. képzés keretében teljesített szakmai gyakorlat elfogadásáról a szakirányt gazdó tanszék dönt.

A mesterképzésben résztvevő hallgató a tanterv tantárgyainak, valamint kritérium tárgyainak teljesítése után, az abszolutórium (végbizonyítvány) birtokában tehet záróvizsgát. Abszolutóriumot legkésőbb képzési idő kétszeresének leteltéig lehet megszerezni. Ebbe az aktív, passzív és akkreditált idő is beleszámít.

Záróvizsgára az abszolutórium megszerzése után közvetlenül, vagy későbbi záróvizsga időszakban – a szakirányt gazdó tanszéken és a NEPTUN-rendszerben – kell jelentkezni. A záróvizsga időpontját, a szakirányt gazdó tanszék tűzi ki. Záróvizsga a végbizonyítvány megszerzését követő két éven belül tehető.

Oklevél kiállítására a sikeres záróvizsga és a nyelvvizsga követelmények igazolása után kerül sor.

A mesterfokozat megszerzéséhez államilag elismert, legalább B2 (korábban középfokú C) típusú nyelvvizsga letétele, vagy azzal egyenértékű bizonyítvány, illetve oklevél szükséges bármely olyan élő idegen nyelvből, amelyen az adott szakmának tudományos szakirodalma van.

Megszűnik a hallgatói jogviszony, ha azonos tantárgyból, 2012. szeptember 1. után tett sikertelen vizsgák összegzett száma eléri a hatot.

A mindenkor hatályos jogszabályok szerint a hallgató térítésmentesen az összes előírt kredit meghatározott részét felveheti. Az ezen felül felvett kreditekért a jogszabály térítési díjat írhat elő.

A tanulmányokkal kapcsolatos részletes szabályozást a Tanulmányi és Vizsgaszabályzat (BME TVSZ) tartalmazza. A hallgatókra vonatkozó fizetési kötelezettségeket és juttatásokat a Térítési és Juttatási Szabályzat (BME TJSZ) rögzíti.

#### **4. AZ OKTATÁSI TEVÉKENYSÉGBEN RÉSZT VEVŐ KAROK ÉS SZERVEZETI EGYSÉGEK**

Az oktatási egység valamely tudományterület művelésére és oktatására létrejött szakmai szervezet, amely általában tanszék, ritkábban intézet. A képzésben az alábbi oktatási egységek működnek közre:

Kar	kód	Tanszék	cím
GE		Gépészmérnöki Kar	
GE	ÁT	Áramlástan Tanszék	AE ép. I. em.
GE	EN	Energetikai Gépek és Rendszerek Tanszék	D. ép. II. em.
GE	VÉ	Épületgépészeti és Gépészeti Eljárástechnika Tanszék	D. ép. I. em.
GE	MM	Műszaki Mechanika Tanszék	MM ép. I. em.
GE	VG	Hidrodinamikai Rendszerek Tanszék	D ép. III. em.
GT		Gazdaság- és Társadalomtudományi Kar	
GT		Alkalmazott Pedagógia és Pszichológia Intézet	
GT	20	Menedzsment és Vállalatgazdaságtan Tanszék	Q ép. A sz. III. em.
GT	55	Üzleti Jog Tanszék	Q ép. A sz. II. em.
GT		<i>Közgazdaságtudományok Intézet:</i>	
GT	30	Közgazdaságtan Tanszék	Q ép. A sz. II. em.

GT	42	Környezetgazdaságtan Tanszék	
GT		<i>Üzleti Tudományok Intézet</i>	
GT	35	Pénzügyek Tanszék	R ép. II. em.
TE		Természettudományi Kar	
TE		<i>Matematika Intézet:</i>	J ép. V. em
TE	90	Differenciálegyenletek Tanszék	H. ép. IV. em.
TE		Fizikai Intézet:	
TE	13	Elméleti Fizika Tanszék	F ép. III. lh. mfsz.
TE		Nukleáris Technikai Intézet:	
TE	80	Nukleáris Technika Tanszék	R ép. III. em.



## 5. AZ ENERGETIKAI MÉRNÖK MESTERSZAK TANTERVE

### 5.1. A szak általános tanterve

TAVASZI KEZDÉS				Tárgyak	ŐSZI KEZDÉS			
tavaszi	ősz	tavaszi	ősz		ősz	tavaszi	ősz	tavaszi
0	1	2	3		1	2	3	4
				Természettudományos alapismeretek (23 kp)				
2/2/0/f/4				Matematika M1 gépészmérnököknek		2/2/0/f/4		
	2/2/0/f/4			Matematika M2 gépészmérnököknek	2/2/0/f/4			
	2/0/0/f/2			Fizika M1	2/0/0/f/2			
2/1/0/f/4				Termodinamika és hőátvitel		2/1/0/f/4		
	1/1/0/f/3			Az áramlástan válogatott fejezetei	1/1/0/f/3			
1/1/0/v/3				Reaktorteknika alapjai		1/1/0/v/3		
1/1/0/f/3				Energetikai ber. szilárdságtana		1/1/0/f/3		
				Szakmai törzsanyag (21 kp)				
	2/0/0/v/3			Energiapolitika	2/0/0/v/3			
	2/1/1/f/5			Hőerőművi berendezések	2/1/1/f/5			
2/1/0/v/4				Erőművi technológia		2/1/0/v/4		
	1/1/0/v/3			Korszerű nukleáris energiatermelés	1/1/0/v/3			
	2/1/0/v/4			Távhőrendszerek	2/1/0/v/4			
2/0/0/f/2				Energiagazdálkodás		2/0/0/f/2		
				Diplomatervezés (30 kp)				
		0/8/0/f/10		Diplomatervezés 1.			0/8/0/f/10	
			0/16/0/a/20	Diplomatervezés 2.				0/16/0/a/20
				Gazdasági és humán ism. (10 kp)				
	2/0/0/v/2			Energiapiacok			2/0/0/v/2	
			1/1/0/f/2	Energetikai projektmenedzsment			1/1/0/f/2	
2/0/0/f/2				Gazdasági/humán tárgy	2/0/0/f/2			
2/0/0/f/2				Gazdasági/humán tárgy	2/0/0/f/2			
2/0/0/f/2				Gazdasági/humán tárgy			2/0/0/f/2	
				Szabadon választható t. (6 kp)				
2/0/0/f/3		2/0/0/f/3		Szabadon választható.	2/0/0/f/2		3/0/0/f/4	
2/8	4/4	0/2	0/1	Törzsanyag vizsga/félévközi jegy	3/7	2/4	1/4	0/0
29	26	13	22	Törzsanyag kreditpont szakirányok nélkül	30	20	20	20

Kritérium követelmény: 4 hetes szakmai gyakorlat (Tájékoztató 6. oldal)

## 5.2. Atomenergetika szakirány

TAVASZI KEZDÉS				TÁRGYAK	ŐSZI KEZDÉS			
tavaszi	ősz	tavaszi	ősz		ősz	tavaszi	ősz	tavaszi
0	1	2	3		1	2	3	4
2/8	4/4	0/2	0/1	Törzsanyag vizsga/félévközi jegy	3/7	2/4	1/4	0/0
29	26	13	22	Törzsanyag kreditpont	30	20	20	20
				Differenciált szakmai ismeret				
		3/2/0/v/6		Atomeróművi üzemzavar-elemzések		3/2/0/v/6		
			1/0/1/f/2	Radioaktív hulladékok biztonsága			1/0/1/f/2	
			2/1/0/v/3	Reaktorszabályozás és műszerezés			2/1/0/v/3	
			2/1/0/v/3	Reaktortechnika			2/1/0/v/3	
		0/0/2/f/3		Nukleáris mérések				0/0/2/f/3
	0/4/0/f/6			Tervezési feladat		0/0/4/f/6		
				Kötelezően választható tárgy				
		3/0/0/f/4		Választható 1.tárgy				3/0/0/f/4
		2/0/0/f/3		Választható 2. tárgy				2/0/0/f/3
0/0	0/1	1/3	2/1	Szakirány vizsga/félévközi jegy	0/0	1/1	2/1	0/3
0	6	16	8	Szakirány kreditpont	0	12	8	10
2/8	4/5	1/5	2/2	Összes vizsga/félévközi jegy	3/7	3/5	3/5	0/3
29	32	29	30	Összes kreditpont	30	32	28	30

### 5.2.1. AZ ATOMENERGETIKA SZAKIRÁNY KÖTELEZŐEN VÁLASZTHATÓ TÁRGYAI

Radioaktív anyagok terjedése	2/1/0/f/3
Környezeti sugárvédelem	2/0/1/f/3
Atomeróművi kémia	2/0/0/v/2
CFD módszerek és alkalmazások	2/1/0/f/3
Bevezetés a fúziós plazmafizikába	2/0/0/f/2
Röntgen és gamma spektrometria	2/0/0/v/2
Minimum 7 kreditpontnyit kell választani	

## 5.2.2. AZ ATOMENERGETIKA SZAKIRÁNY ZÁRÓVIZSGA TÁRGYAI

### **Kötelező záróvizsga tárgy:**

Záróvizsga tárgycsoport	Tantárgyak	
Energetika	Energiapolitika	3 kp.
	Energiapiacok	3 kp.

### **További két tárgycsoport az alábbiakból:**

Záróvizsga tárgycsoport	Tantárgyak	
Termohidraulika	Atomerőművi üzemzavar-elemzések	6 kp.
	CFD módszerek és alkalmazások	3 kp.
Nukleáris mérés technika	Reaktorszabályozás és műszerezés	3 kp.
	Nukleáris mérések	3 kp.
Sugárvédelem	Radioaktív hulladékok biztonsága	2 kp.
	Radioaktív anyagok terjedése	3 kp.
	Atomerőművi kémia	3 kp.
Reaktortechnika	Reaktortechnika	3 kp.

### 5.3. Hő- és villamosenergia-termelés szakirány

TAVASZI KEZDÉS				TÁRGYAK	ŐSZI KEZDÉS			
tavaszi	ősz	tavaszi	ősz		ősz	tavaszi	ősz	tavaszi
0	1	2	3		1	2	3	4
2/8	4/4	0/2	0/1	Törzsanyag vizsga/félévközi jegy	3/7	2/4	1/4	0/0
29	26	13	22	Törzsanyag kreditpont	30	20	20	20
				Differenciált szakmai ismeret				
		2/2/0/v/5		Villamosenergia-rendszerek tervezése		2/2/0/v/5		
			2/0/2/v/5	Erőművek üzemvitele			2/0/2/v/5	
			2/1/0/v/4	Energetikai folyamatszabályozás			2/1/0/v/4	
		0/0/2/f/3		Energetikai mérések				0/0/2/f/3
	0/4/0/f/6			Tervezési feladat		0/4/0/f/6		
				Kötelezően választható tárgy				
		3/0/0/f/4		Választható 1.tárgy				3/0/0/f/4
		2/0/0/f/3		Választható 2. tárgy				2/0/0/f/3
0/0	0/1	1/3	2/1	Szakirány vizsga/félévközi jegy	0/0	1/1	2/1	0/3
0	6	16	8	Szakirány kreditpont	0	12	8	10
2/8	4/5	1/5	2/2	Összes vizsga/félévközi jegy	3/7	3/5	3/5	0/3
29	32	29	30	Összes kreditpont	30	32	28	30

#### 5.3.1. A HŐ- ÉS VILLAMOSENERGIA-TERMELÉS SZAKIRÁNY KÖTELEZŐEN VÁLASZTHATÓ TÁRGYAI

Energia-veszteségfeltárás	1/2/0/f/4
Hőerőgépek modellezése	1/0/2/f/3
Szennyezőanyagok légköri terjedése	2/0/0/v/2
Hűtő- és hőszivattyú berendezések	2/0/1/v/4
Energetikai rendszerek szimulációja	2/1/1/v/5

Minimum 7 kreditpontnyit kell választani

#### 5.3.2. A HŐ- ÉS VILLAMOSENERGIA-TERMELÉS SZAKIRÁNY ZÁRÓVIZSGA TÁRGYAI

##### Kötelező záróvizsga tárgy:

Záróvizsga tárgycsoport	Tantárgyak	
Energetika	Energiapolitika	3 kp.
	Energiapiacok	3 kp.

##### További két tárgycsoport az alábbiakból:

Záróvizsga tárgycsoport	Tantárgyak	
Villamosenergia-rendszerek tervezése	Villamosenergia-rendszerek tervezése	5 kp.
Erőművek üzemvitele	Erőművek üzemvitele	5 kp.
Energiafelhasználás	Távhőrendszerek	4 kp.
	Energiagazdálkodás	2 kp.
Energetikai folyamatszabályozás	Energetikai folyamatszabályozás	4 kp.

## 5.4. Megújuló energiaforrások szakirány

TAVASZI KEZDÉS				TÁRGYAK	ŐSZI KEZDÉS			
tavaszi	ősz	tavaszi	ősz		ősz	tavaszi	ősz	tavaszi
0	1	2	3		1	2	3	4
2/8	4/4	0/2	0/1	Törzsanyag vizsga/félévközi jegy	3/7	2/4	1/4	0/0
29	26	13	22	Törzsanyag kreditpont	30	20	20	20
				Differenciált szakmai ismeret				
		2/1/0/v/4		Biomassza hasznosítás		2/1/0/v/4		
		2/1/0/v/4		Vízérőművek		2/1/0/v/4		
			2/1/0/f/3	Napenergia és földhő hasznosítás			2/1/0/f/3	
			2/0/0/f/3	Szélérőművek			2/0/0/f/3	
		0/0/2/f/3		Energetikai mérések				0/0/2/f/3
	0/4/0/f/6			Tervezési feladat		0/4/0/f/6		
				Kötelezően választható tárgy				
		3/0/0/f/4		Választható 1. tárgy				3/0/0/f/4
		2/0/0/f/3		Választható 2. tárgy				2/0/0/f/3
0/0	0/1	2/3	0/2	Szakirány vizsga/félévközi jegy	0/0	2/1	0/1	0/3
0	6	18	6	Szakirány kreditpont	0	14	6	10
2/8	4/5	2/5	0/3	Összes vizsga/félévközi jegy	3/7	3/5	1/5	0/3
29	32	31	28	Összes kreditpont	30	34	26	30

### 5.4.1. A MEGÚJULÓ ENERGIAFORRÁSOK SZAKIRÁNY KÖTELEZŐEN VÁLASZTHATÓ TÁRGYAI

Energia-veszteségfeltárás	1/2/0/f/4
Hőerőgépek modellezése	1/0/2/f/3
Szennyezőanyagok légköri terjedése	2/0/0/v/2
Hűtő- és hőszivattyú berendezések	2/0/1/v/4
Energetikai rendszerek szimulációja	2/1/1/v/5

Minimum 7 kreditpontnyit kell választani

### 5.4.2. A MEGÚJULÓ ENERGIAFORRÁSOK SZAKIRÁNY ZÁRÓVIZSGA TÁRGYAI

#### Kötelező záróvizsga tárgy:

Záróvizsga tárgycsoport	Tantárgyak	
Energetika	Energiapolitika	3 kp.
	Energiapiacok	3 kp.

#### További két tárgycsoport az alábbiakból:

Záróvizsga tárgycsoport	Tantárgyak	
Megújuló hőenergiaforrások	Napenergia és földhő hasznosítás	3 kp
	Biomassza hasznosítás	4 kp
Szél- és vízérőművek	Szélérőművek	3 kp
	Vízérőművek	4 kp

## 6. AZ ENERGETIKAI MÉRNÖK MESTERSZAK TANTÁRGYAINAK ISMERTETÉSE

### 6.1. A törzsanyag tantárgyai

#### 6.1.1. TERMÉSZETTUDOMÁNYOS ALAPISMERETEK

##### MATEMATIKA M1 GÉPÉSZMÉRNÖKÖKNEK – BMETE90MX35

Tárgyfelelős: Dr. Garay Barnabás

Félévközi jegy, 4 kp, 2 ea + 2 gy + 0 lab

Valószínűségszámítás: A valószínűség fogalma, feltételes valószínűség, függetlenség. Valószínűségi változó, eloszlások, eloszlásfüggvény, sűrűségfüggvény, várható érték, szórás, magasabb momentumok, speciális eloszlások: binomiális eloszlás, Poisson eloszlás, egyenletes eloszlás, gamma, béta, exponenciális és Weibull eloszlások. Normális eloszlás, centrális határeloszlás tétel, nagy számok törvénye.

Komplex függvénytan: Elemi függvények, határérték és folytonosság. Komplex függvények differenciálása: Cauchy - Riemann egyenletek, harmonikus függvények, analitikus függvények, Taylor sor. Komplex vonalmenti integrálok: vonalintegrál függetlensége az úttól, Cauchy formulái, Liouville tétele. Szingularitások osztályozása, meromorf függvények Laurent sora. Reziduum, reziduum tétel, példa nevezetes integrálok kiszámítására. Konformis leképezések. Közönséges differenciálegyenletek: Lineáris egyenletek: a vonatkozó BSc tananyag ismétlése. Laplace transzformáció, és alkalmazásai lineáris egyenletekre, konvolúciós integrál. Peremértékfeladatok másodrendű lineáris egyenletekre, Sturm - Liouville problémák, Bessel egyenlet, Bessel függvények, Legendre egyenlet, Legendre polinomok. Általánosított Fourier sor, ortogonalitási tulajdonságok, Parseval tétele.

##### MATEMATIKA M2 GÉPÉSZMÉRNÖKÖKNEK – BMETE90MX36

Tárgyfelelős: Dr. Garay Barnabás

Félévközi jegy, 4 kp, 2 ea + 2 gy + 0 lab

Közönséges differenciálegyenletek: Nemlineáris differenciálegyenletek: fázisportré, egyensúlyi helyzetek osztályozása, stabilitás, aszimptotikus stabilitás, Ljapunov direkt módszere, attraktorok, káosz és különös attraktor. Közönséges differenciálegyenletek numerikus megoldásai: explicit és implicit Euler módszer, Runge - Kutta módszerek, sorfejtéses módszerek, szukcesszív approximáció, többlépéses módszerek.

Parciális differenciálegyenletek: Elsőrendű egyenletek: kezdeti és peremfeltételek, egzisztencia és unicitás, karakterisztikák módszere, példa lökeshullámokra. Másodrendű lineáris egyenletek, osztályozásuk, kanonikus alakok, a változók szétválasztása módszer, sajátfüggvények szerinti sorfejtés. Hővezetési egyenlet: stacionárius megoldás, homogén, inhomogén valamint periodikus peremfeltételek. Fourier transzformáció és alkalmazása a PDE - k megoldásában, a hővezetési egyenlet példáján. Rezgő húr egyenlete: d'Alembert megoldás, véges hosszúságú húr, Fourier soros megoldás, pengetett és ütött húr, akusztikai interpretáció, gerjesztett mozgás, Green függvény, az inhomogenitások hatása. További fontos egyenletek: telegrafégyenlet, hővezetési egyenlet a végtelen és a véges hengeren, Laplace egyenlet gömbi koordinátákban, köralakú membrán kis transzverzális rezgései, Schrödinger egyenlet a hidrogénatomra. Dirichlet elv a Laplace egyenletre a variációs elv szemléltetéseként. Parciális differenciálegyenletek numerikus megoldásai: véges differenciák módszere, a numerikus stabilitás feltétele a hővezetési és a hulláme egyenletben, nagyméretű lineáris algebrai egyenletrendszerek iteratív megoldási módszerei.

## FIZIKA M1 – BMETE15MX27

Tárgyfelelős: Dr. Szunyogh László

Félévközi jegy, 2 kp, 2 ea + 0 gy + 0 lab

Cél a műszaki szakemberek számára közvetíteni a fizikus gondolkodást és látásmódot, elsősorban a műszaki alkalmazásokban használt tipikus anyagcsaládok fizikai és kémiai tulajdonságainak, valamint a vizsgálati módszerek háttérében rejlő fizikai jelenségek értelmezésén keresztül. A tárgy a szemlélet formálásán túl segíti a mesterképzésben résztvevő hallgatókat, hogy mélyebb tudományos ismeretek alapján végezhesék a szakmai munkájukhoz szükséges anyagok kiválasztását, előállítását és analizését. Tematika:

1. A modern fizika világgépe, hosszúság- és időskálák. A kvantumfizika szerepe, a makroszkopikus tulajdonságok eredete. 2. Kristályszerkezetek. Felületek és határfelületek. Komplex struktúrák: ötvözetek, üvegek, folyadékkristályok, polimerek, amorf anyagok. 3. A szilárdtestfizikai elektronszerkezet számítás alapjai. Sűrűségfüggvény módszer. Fémek, félvezetők, szigetelők. 4. Mechanikai tulajdonságok: szilárdtestek kohéziója. Ionos kristályok. Fémek kohéziós energiája. Szilárdtestek rugalmas tulajdonságai. 5. Rácsrezgések, fononok: klasszikus elmélet, akusztikus és optikai fononágak. Fononok kvantumelméletének alapjai, Einstein és Debye model. 6. Elektronok vezetési tulajdonságai: Drude model, Boltzmann egyenlet, relaxációs idő közelítés. Termoelektromos jelenségek. 7. Elektronika. Fémek határfelületek. Félvezetők típusai, diódák és tranzisztorok. Heterostruktúrák, kvantum pontkontaktus. 8. Optikai tulajdonságok. Dielektromos függvény, oszcillátormodel. Kramers-Kronig összefüggések és kauzalitás. Lineáris válaszelmélet. 9. Félvezetők optikai tulajdonságai. Ciklotron rezonancia. Direkt és indirekt tiltott sáv átmenetek. Optoelektronika: napcellák és lézerek. 10. Fémek optikai tulajdonságai. Plazmafrequencia, anomális Skin-hatás, plazmonok. Brillouin és Raman szórás. Fotoemisszió. 11. Atomi mágnesség, Hund szabályok. Szilárdtestek mágnessége, mágneses rendeződések. Domének, hiszterézis. 12. A ferromágnesség mikroszkópikus elmélete. Heisenberg model, átlagtér közelítés. Fémek mágnesség, Stoner model. 13. A szupravezetés alapjai, fenomenológikus leírás, első- és másodfajú szupravezetők. Josephson effektus. SQUID.

## TERMODINAMIKA ÉS HŐÁTVITEL – BMEGEENMETH

Tárgyfelelős: Dr. Gróf Gyula

Félévközi jegy, 4 kp, 2 ea + 1 gy + 0 lab

A termodinamika főtételeinek áttekintése (egyensúly, energiamegmaradás, entrópia, skálatörvények). Általános termodinamikai összefüggések és szélsőérték tételek. Termodinamikai potenciálok, Maxwell egyenletek. Állapotegyenletek. Többkomponensű rendszerek. Nem szokványos körfolyamatok (MHD, tüzelőanyag cellák stb.). Irreverzibilis termodinamika alapjai. Nagysebességű folyamatok. Numerikus termodinamika. Hőtranszport leírás alapelveinek áttekintése (hősugárzás, hővezetés, hőátadás). A hőtranszport hatékonyságát növelő eljárások. Hővezetési modellek. Hősugárzás a teret kitöltő közeg részvétele esetén (gázok). Hőtranszport szilárd és gáz fázisú rendszerekben (porózus közegek, töltetek, fluidizált rendszerek). Hőcsövek. Nem newtoni közegek hőátadása. Numerikus módszerek alkalmazása.

## **AZ ÁRAMLÁSTAN VÁLOGATOTT FEJEZETEI – BMEGEÁTME01**

Tárgyfelelős: Dr. Vad János

Vizsga, 3 kp, 1 ea + 1 gy + 0 lab

Speciális áramlás-modellezési és mérési módszerek, eljárások áttekintése, energetikai ipari problémamegoldáshoz és kutatás-fejlesztési feladatokhoz kötődően. Az áramlás-leírási módszerek áttekintése. Transzportegyenletek. A turbulenciamodellezés és a nagy örvény szimuláció alapjai. Korszerű áramlásmérési módszerek. A gázdinamika energetikai vonatkozásai. Energetikai ipari mérési, diagnosztikai esettanulmányok.

## **REAKTORTECHNIKA ALAPJAI – BMETE80ME08**

Tárgyfelelős: Dr. Aszódi Attila

Vizsga, 3 kp, 1 ea + 1 gy + 0 lab

Az atomreaktor reaktorfizikai, hőtechnikai és anyagtechnológiai jellemzői és azok összevont elemzése. A reaktorfizikai és hőtechnikai folyamatok kapcsolata. Az atomreaktor mint sugár- és energiaforrás. Az atomreaktor szabályozásának és műszerezésének sajátosságai. A nukleáris biztonság feltételei. A különböző atomreaktor-típusok és azok elemzése az előző jellemzők szempontjából. Atomerőmű-generációk. A kereskedelmi forgalomban lévő 3. generációs atomerőművek felépítése és legfontosabb jellegzetességeik. A 4. generációs atomerőművek.

## **ENERGETIKAI BERENDEZÉSEK SZILÁRDSÁGTANA – BMEGEMMME01**

Tárgyfelelős: Dr. Kovács Ádám

Félévközi jegy, 3 kp, 1 ea + 1 gy + 0 lab

Külső és belső nyomással terhelt vastagfalú cső. Gyorsan forgó tárcsa. Feszültség számítás rugalmas-képlékeny alakváltozás esetén. Hajlító feszültségek meghatározása vékonyfalú tartályokban. Hőfeszültségek számítása. Nem körkeresztmetszetű vékonyfalú csövek igénybevételei. Csőrengések szilárdsági vizsgálata.

### **6.1.2. SZAKMAI TÖRZSANYAG**

## **ENERGIAPOLITIKA – BMEGEENMEEP**

Tárgyfelelős: Dr. Ósz János

Vizsga, 3 kp, 2 ea + 0 gy + 0 lab

Az energiapolitika fogalma, fő területei, célkitűzései, eszközrendszere, kialakításának folyamata, alapvető mutatók. Jogi szabályozórendszer az energiapolitikai célkitűzések megvalósítására. Jogszabályalkotás az energetika területén. Az ár és adószabályozás alapelvei az energetika területén. Támogatások lehetséges formái, támogatási rendszerek. CO<sub>2</sub>-kvótakereskedelem. Zöld bizonyítvány rendszer. A legfontosabb együttműködési megállapodások az energetika területén. A társadalmi elfogadtatás kérdésköre. Az Európai Unió legfontosabb energiapolitikai célkitűzései. A hazai energiapolitika legfőbb célkitűzései. A fenntartható fejlődés (népesség- és energiaigény-növekedés, fosszilis tüzelőanyagok végeessége, globális



felmelegedés), CO<sub>2</sub>-mentes technológiák, köztük az atomenergia és a megújuló energiaforrások hasznosításának és a kapcsolt hő- és villamosenergia-termelés szükségessége. A primer- és szekunder energiahordozók árának alakulása a jövőben. Az atomenergetika, a megújuló energiaforrások hasznosítása és a kapcsolt hő- és villamosenergia-termelés versenyképessége, állami támogatási formák (kötelező átvétel, támogatott ár, adókedvezmény, beruházási hozzájárulás) jelenleg és a jövőben, a világon, EU-27 és hazánkban. Az energiahatékonyság javítása: energiaigény-csökkentés (üzemanyag, hő és villamos energia) műszaki és gazdasági megoldásai, fogyasztói szokások megváltoztatása, új szemlélet kialakítása.

### **HŐERŐMŰVI BERENDEZÉSEK – BMEGEENMEHB**

Tárgyfelelős: Dr. Lezsovits Ferenc

Félévközi jegy, 5 kp, 2 ea + 1 gy + 1 lab

A kazánok alkalmazástechnikai követelményei a kielégítendő igény függvényében és a fő berendezés elemek konstrukciós jellemzői: Kis-, közepes- és nagy egységteljesítmények mellett a munkaközeg paramétereinek hatása a kazánok termikus, áramlási és mechanikai sajátosságaira. Tüzelőanyagok előkészítési technológiái és azok illeszkedése a kazánokhoz. A tüzelőberendezések és a tüztér kapcsolata. Károsanyag emissziót csökkentő tüzeléstechnikai megoldások. A füstcsöves és vízcsöves kazánok hőtechnikai, áramlási folyamatai és azok számítása-modellezése: Konstrukciós és ellenőrző számítások. Kazánok üzemellenőrzési (mérési) és szabályozási eljárásai. Korszerű kazántípusok és azok gyártása, telepítése, üzembe helyezése valamint üzemeltetése. Kondenzációs kazán alkalmazástechnikai vizsgálata laboratóriumi körülmények között. Megújuló tüzelőanyagok alkalmazhatósága gázturbinákban. A turbina előtti füstgáz hőmérsékletének növelése a szerkezeti anyagok függvényében. Mikro-gázturbinák felépítése működése, alkalmazása a kapcsolt energiatermelésben. Gózturbinák fejlesztési irányai.

### **ERŐMŰVI TECHNOLÓGIA – BMEGEENMEET**

Tárgyfelelős: Dr. Bihari Péter

Vizsga, 4 kp, 2 ea + 1 gy + 0 lab

Erőművi körfolyamatok fejlesztési irányzatai. Gőzkörfolyamat paramétereinek növekedése, szuperkritikus és ultra-szuperkritikus blokkok kapcsolásai, jellemzői. Gázturbina fejlesztések, több égőteres gázturbinák, lapáthűtés. Szénfelhasználási technológiák fejlesztése. Külső tüzelésű gázturbinák, kombinált ciklusú erőművek integrált szénégázosítással, széntüzelés széndioxid leválasztással, a széndioxid elhelyezése. Az erőmű megbízhatósága: megbízhatósági analízis, rendelkezésre-állás tervezése. Decentralizált energiatermelés technológiai berendezései, gazdasági, környezeti, ellátásbiztonsági aspektusai. Fejlesztések anyagtechnológiai feltételei, korszerű erőművi anyagok. Magas gőzhőmérséklethez kifejlesztett anyagok, gázturbina lapátanyagok, nukleáris technika speciális anyagai.

### **KORSZERŰ NUKLEÁRIS ENERGIATERMELÉS – BMETE80ME09**

Tárgyfelelős: Dr. Aszódi Attila

Vizsga, 3 kp, 1 ea + 1 gy + 0 lab

A 21. század elején működő közel 440 atomerőművi blokk zöme a II. generációhoz tartozik, a most épülő új blokkok ugyanakkor a III. generációs technológiából kerülnek ki. Jelenleg folyik a hidrogéntermelésre, tengervíz-sótalanításra, transzmutációra, a nukleáris üzemanyagciklus zárására is alkalmas ún. IV. generációs reaktorok fejlesztése. A tárgy ezeket az új nukleáris energiatermelési technológiákat mutatja be. Foglalkozik a III. és a IV. generációs reaktorok fő jellemzőivel, technológiai megoldásaival. A tárgy

áttekintést ad a fúziós energiatermelés lehetőségeiről is, ezen belül az épülő ITER kísérleti fúziós reaktorról, és a tervezett DEMO demonstrációs fúziós energiatermelő berendezésről.

## **TÁVHŐRENDSZEREK – BMEGEENMEHE**

Tárgyfelelős: Dr. Ósz János

Vizsga, 4 kp, 2 ea + 1 gy + 0 lab

A távfűtést/hűtést motiváló elemek, a szolgáltatás fejlődése. A távfűtés és -hűtés közötti azonosságok és különbségek. A fogyasztói fűtési és hűtési igény változása, kielégítésének lehetséges módjai, tartamdiagramok. Távfűtő/hűtő (továbbiakban távhő) rendszerek felépítése, hőtermelő, hűtő, szállító és felhasználó alrendszerek, az alrendszerek egymásra hatása. A távhőrendszerek elemei (berendezései). Hőforrások, hűtési energiatermelők típusai, hulladékhő hasznosítók, kapcsolt hő- és villamosenergia-termelő berendezések, közvetlen hőtermelők, megújuló energiaforrások felhasználása, a hőforrások kooperációja. A hőtermelés költsége. Távolsági hőellátás és kisebb távhőrendszerek (falufűtés). Az elosztóhálózat rendszerei, hurkolt és sugaras hálózatok, több betáplálással üzemelő rendszerek. Forróvizes, gőzös, egyéb hőhordozóval üzemelő rendszerek. A hőszállítás költségei, hálózati hőveszteség, szivattyúzási költség. A nyomástartás feladata, kialakítása, hatása a távhőrendszerek egyéb elemeire. A nyomástartás és pótvízellátás kapcsolata, a távhőrendszerek nyomásviszonyai. A hőtermelés gazdaságos terheléelosztása, hőtárolás a távhőrendszerben. Fogyasztói hőközpontok forróvizes és gőzös rendszerekben. Közvetlen és közvetett, soros, párhuzamos, osztott-soros és vegyes kapcsolású fogyasztói hőközpontok, és összehasonlítása energetikai és gazdasági szempontból. Szekunder rendszerek kialakítása, a kialakítás módjának hatása a primer rendszerre, a hőellátás költségére.

## **ENERGIAGAZDÁLKODÁS- BMEGEENMEEG**

Tárgyfelelős: Dr. Lezsovits Ferenc

Félévközi jegy, 2 kp, 2 ea + 0 gy + 0 lab

A tárgy keretében a hallgatók megismerkednek az energiagazdálkodás alapvető célkitűzésével és feladatával, egy gazdálkodó egység (vállalat) anyag- energia- és pénzgazdálkodási mérlegének összefüggéseivel, a komplex rendszerek energetikai jellegű modellezésének lehetőségeivel és korlátaival. Megtanulják az anyag- és energiamérlegek elkészítésének technikáját, a jellegzetes energiaveszteségek csökkentésének műszaki és gazdasági feltételeit, a veszteségek hasznosítási lehetőségeinek feltárási módszereit és néhány gazdasági optimalizálási módszer alkalmazását. Külön témakör foglalkozik a vezetékes energiahordozók gazdálkodási kérdéseivel (teljesítménygazdálkodás), és energiahordozónként (villamosenergia, tüzelőanyag, hő, megújuló energiák) is vizsgáljuk a energiaköltségek csökkentésének lehetőségeit. Külön fejezet foglalkozik a villamos hajtásokkal, a hajtásrendszerek elemeinek (villamosenergia ellátó rendszer, szabályozókészülék, villamosmotor, hajtómű, szivattyú, csővezeték) és jellemzőinek ismertetésével valamint feladatainak elemzésével, valamint a világítással szemben támasztott követelmények ismertetésével, a világítástechnikai eszközök és jellemzőik bemutatásával. Ismeretes, hogy egy-egy technológiai módosítás több energiahordozó költségét is érintheti. Ezért részletesen foglalkozunk a költségek rendszeren belüli terjedésének kérdéskörével is.

## **DIPLOMATERVEZÉS 1.**

## **DIPLOMATERVEZÉS 2.**

A tantárgyakat a diplomaterv feladatot kiíró tanszék kódjával kell felvenni.

### 6.1.3. GAZDASÁGI ÉS HUMÁN ISMERETEK

#### **ENERGIAPIACOK - BMEGEENMEE2**

Tárgyfelelős: Dr. Ósz János

Vizsga, 2 kp, 2 ea + 0 gy + 0 lab

Energia, termék, közjó, áru. Szolgáltatások liberalizációja, villamosenergia-piacnyitás, gáz energia piacnyitás. Energiarendszerek működése, a források és kínálat egyensúlyának biztosítása, együttműködő rendszerek, megfelelőség, ellátásbiztonság. A villamos energia- illetve gázrendszerek tervezésére, ellátásbiztonság garantálására vonatkozó előírások, tartalékok, operatív rendszerszabályozás. Átviteli hálózatok, határkeresztező összeköttetések. A piacok működésére vonatkozó szabályozás, értékláncok, piaci szereplők. Energiahordozó piacok, nagykereskedelmi, viszonteladói piacok. Közgazdasági alapok: költségszerkezet, határköltségek, természetes monopóliumok, dömpingár, költség optimumok, befagyott költségek. Kereskedelem: termékek, áruk, származékos ügyletek, piac típusok, piaci rendszerek, kereskedelmi megállapodások, versenytorzítás, kockázatok, kockázatkezelés. Mérlegkör, menetrendadás, nominálás, mérés, elszámolás. Rendszerfejlesztés, erőművek létesítése, hálózatok bővítése. Megújuló és kapcsolt villamosenergia-termelés piacra jutásának elősegítése. Árképzés. Piacnyitás hatása a társasági szerkezetre. Kitekintés a jövőbe.

#### **ENERGETIKAI PROJEKTMENEDZSMENT - BMEGEENMEE3**

Tárgyfelelős: Dr. Lezsovits Ferenc

Félévközi jegy, 2 kp, 1 ea + 1 gy + 0 lab

Az energetika beruházások (erőművek, energiaszolgáltató rendszerek) tervezése, megvalósítása egyre bonyolultabb és költségigényesebb tevékenység. A beruházások határidőre, megfelelő műszaki tartalommal bíró és költségkereten belüli megvalósítása számos műszaki, szervezési és közgazdasági ismeret együttes alkalmazását teszi szükségessé. Az energetika projektmenedzsment tantárgy keretében ismertetésre kerül: a projektmenedzsment ismeretek alapjai, energetikai beruházások fejlesztésének fázisai (előkészítés, projektfejlesztés, megvalósítás) kitérve a megvalósíthatósági tanulmányok, környezeti hatástanulmányok kérdéskörére is. Ezen túlmenően ismertetésre kerül a beruházások gazdasági értékelésének módszerei, a beruházások finanszírozásának módszerei (vállalati finanszírozás, projektfinanszírozás), valamint a különböző tenderezési technikák is. A tárgy keretében a hallgatók az ismeretek megszerzésével párhuzamosan kiscsoportban egy előre kiválasztott feladat kidolgozása keretében gyakorlati ismereteket is megszerzik, hasznosítják.

#### **ALKALMAZOTT VEZETÉSPSZICHOLOGIA - BMEGT52MS01**

Tárgyfelelős: Dr. Juhász Márta

Félévközi jegy, 2 kp, 2 ea + 0 gy + 0 lab

A kurzus célja, hogy alapvető pszichológiai ismeretekre építve megismertesse a mérnökhallgatókkal a vezetés és a vezetői munka mögött meghúzódó pszichológiai jelenségeket és az, hogy ezeket a jelenségeket felismerjék a hétköznapi vezetői munkában. A kurzus a vezetéssel kapcsolatos különböző elméleti megközelítésekkel kezdődik, amely megalapozza a későbbi ismereteket. A bevezetésben néhány – a téma szempontjából releváns – pszichológiai kérdések is ismertetésre kerülnek (motivációelmélet, szociálpszichológiai ismeretek, személyiségpszichológia). Erre alapozva szó lesz a vezetői kompetenciákról, azok fejlesztési lehetőségeiről, a különböző vezetői készségfejlesztési technikákról. Mindez a szervezeti kultúra szerves részeként kerül bemutatásra.

## **KÖRNYEZET- ÉS ERŐFORRÁSGAZDASÁGTAN - BMEGT42M003**

Tárgyfelelős: Dr. Valkó László

Félévközi jegy, 2 kp, 2 ea + 0 gy + 0 lab

A fenntarthatóság, mint a bioszféra-társadalom-gazdaság viszonya. A fenntartható fejlődés és a gazdasági növekedés típusú stratégiák összehasonlítása (cél-eszköz-módszer). Környezeti, jóléti, fenntarthatósági indikátorok. Új típusú makromutatók (NEW, ISEW, GPI, ökológiai lábnyom, HDI). A PSR és a DPSIR modell értelmezése és alkalmazhatósága. A környezetgazdaságtan, mint a fenntarthatóság irányába mutató megoldáskeresés. A környezetgazdálkodás típusai, módszerei, eszközei és helye a fenntarthatóság stratégiájában. A fenntarthatóság helyi, kisregionális szintje. Az erőforrások szerepe a közgazdaságtan „érték” fogalmaiban. Az erőforrások rendszere (megújuló, részben megújuló, nem megújuló) Az externáliák (külső hatások) fogalma és internalizálásának módjai. A környezetterhelés, mint sajátos externália. A természeti tőke teljes gazdasági értékének számbavételi módszerei. Költség-haszon, költség-hatékonyság elemzése, stratégiai környezeti vizsgálati módszerek. A környezetszabályozás elméleti alapjai és gyakorlata az Európai Unióban és hazánkban.

## **A FENNTARTHATÓ FEJLŐDÉS GAZDASÁGTANA - BMEGT42M004**

Tárgyfelelős: Dr. Valkó László

Félévközi jegy, 2 kp, 2 ea + 0 gy + 0 lab

A tantárgy célkitűzése megtanítani a fenntartható fejlődés komplex fogalmát, azon belül kiemelten a közgazdaságtani elméleti összefüggéseket és megvalósítási módokat a gazdaságban. A tantárgy tematikája: a fenntartható fejlődés fogalma. A gyenge, az erős és a környezeti fenntarthatóság lényege és viszonya a gazdasági növekedéshez. A természet zárt és a gazdaság nyitott láncainak lehetséges harmonizálása. Az entrópia - törvény érvényesülésének követése az ökológiai lábnyom mutató számításával. A fenntarthatóság szintjei. A globális és a regionális/lokális szint szerepe a fenntartható fejlődési stratégiák megvalósításában. Az EU fenntartható fejlődési stratégiája, magyarországi feladatok a stratégiaalkotásban.

## **MŰSZAKI FOLYAMATOK KÖZGAZDASÁGTANI ELEMZÉSE - BMEGT30MS07**

Tárgyfelelős: Dr. Meyer Dietmar

Vizsga, 2 kp, 2 ea + 0 gy + 0 lab

A tantárgy célkitűzése: A mindennapi gyakorlatban sajnálatos módon valamely probléma műszaki és közgazdasági megoldását elkülönülten keresik, szélsőséges esetben a mérnököt nem érdekli javaslatának költségvonzata, s a közgazdász számára minden értékesítendő termék ugyanolyan, nem ismeri a jellegzetes vonásait. A tárgya keretében arra teszünk kísérletet, hogy e két ismeretkört összehozzuk. Ennek során több műszaki folyamatot közgazdasági szempontból értelmezzük, megmutatjuk a releváns közgazdasági aspektusokat. Külön kitérünk a műszaki haladás kérdéskörre, annak mikro - és makrovonatkozásaira.

Célunk, hogy a leendő mérnökök felismerik tevékenységük gazdaságtani elemeit, amelyek figyelembevétele termékeik elfogadtatását minden bizonnyal meg fogja könnyíteni. A tantárgy rövid tematikája: Gazdálkodás főbb alapelvei, piacok működése. A termelés gazdaságtana: technológia és költségek. Költségek elemzése. Térséggazdálkodás: közlekedés, szállítás, fuvarozás költségelemzése. Az energiahasznosítás gazdaságtana. Készletek és raktározási döntések statikában és dinamikában. Környezetvédelmi intézkedések értékelése. Termékek értékesítése. A piaci struktúrák hatása a termelési folyamatokra. Industrial Economics – alapvető modellek. Műszaki haladás közgazdaságtani szempontból. A humán erőforrások értékelése. Információgazdaságtan.

## **VEZETŐI SZÁMVITEL - BMEGT35M005**

Tárgyfelelős: Dr. Laáb Ágnes

Félévközi jegy, 2 kp, 2 ea + 0 gy + 0 lab

A tantárgy célkitűzése, hogy ismeretanyaga keretében a hallgatók megismerjék a közgazdasági kutatások homlokterében álló legkorszerűbb elméleti és módszertani megfontolásokat, amelyekkel az információs társadalom új kihívásai miatt szükséges hatékony, a cégstratégia szolgálatába állított vezetői számvitel kiépítését célozzák. A tantárgy tematikája vezetői információk a tervezéstől a megvalósítás kontrollálásáig.

Gazdasági elemző módszerek. Költséginformációk az értékteremtő folyamatban. Felelősségelvű vezetői számvitel. Költség - haszon optimalizálás régi - új módszerei. Korlátozottan mérhető stratégiai módszerek kezelhetősége a vezetői számvitelben. Értékorientált teljesítménymérés.

Az információ, mint erőforrás kezelése a vezetői számvitelben. Kísérletek és kutatási irányok a humán tényező számbavételére. A környezeti számvitel növekvő szerepe a vezetői számvitelben.

## **KERESKEDELMI SZERZŐDÉSEK JOGA - BMEGT55M003**

Tárgyfelelős: Dr. Jójárt Eszter

Félévközi jegy, 2 kp, 2 ea + 0 gy + 0 lab

A tantárgy a kereskedelmi szerződésekkel kapcsolatos alapvető szabályozási és gyakorlati összefüggéseit tantárgyalja. A kereskedelmi szerződés fogalma, a szerződések tipizálása kereskedelmi ügylet és polgári jogi szerződés viszonya. A szerződésekre vonatkozó általános civiljogi szabályok rendszere, a szerződéskötés elméleti és gyakorlati összefüggései. A szerződés érvénytelensége, szerződésmódosítás, a szerződés teljesítése és a szerződési biztosítékok rendszere. Iparjogvédelem körébe tartozó szerződések speciális szabályai. A kereskedelmi jogviták rendezése. Egyeztetés, választott bírászkodás Magyarországon és külföldön.

## **6.2. Az atomenergetika szakirány tantárgyai**

### **6.2.1. KÖTELEZŐ TÁRGYAK**

## **ATOMERŐMŰVI ÜZEMZAVAR-ELEMZÉSEK – BMETE80ME06**

Tárgyfelelős: Dr. Aszódi Attila

Vizsga, 6 kp, 3 ea + 2 gy + 0 lab

Az atomerőművek biztonságos üzemeltetése alapvető fontosságú mind az üzemeltető, mind pedig a társadalom szempontjából. A törvényekben szabályozott biztonsági előírásokat a hatósági ellenőrzések és az engedélyezés rendszere hivatott biztosítani, míg a berendezés műszaki biztonságát megfelelő tervezési, építési, üzemeltetési és karbantartási gyakorlat vitelével lehet biztosítani. A nukleáris biztonsági előírások értelmében egy atomerőmű tervezési alapját úgy kell megalkotni, hogy a létesítmény teljes élettartama alatt a várható üzemi eseményeket és feltételezett üzemzavarokat ellenőrzött módon le lehessen kezelni, és a létesítmény területére valamint a környezetre vonatkozó sugárvédelmi követelményeket teljesíteni lehessen. A tárgy keretében a hallgatók megismerkednek a legfontosabb üzemi tranziensek és üzemzavari folyamatok modellezésére alkalmazott modellezési módszerekkel, néhány jellemző reaktorkinetikai és termohidraulikai programmal. Elsajátítják a méretezési alap szempontjából meghatározó főbb méretezési üzemzavarok fizikai folyamatait, valamint – a gyakorlatok keretében – megfelelő programok és szimulációs eredmények felhasználásával betekintést nyernek az atomerőművek üzemzavar-elemzési módszereibe.

## **RADIOAKTÍV HULLADÉKOK BIZTONSÁGA – BMETE80ME00**

Tárgyfelelős: Dr. Zagyvai Péter

Félévközi jegy, 2 kp, 1 ea + 0 gy + 1 lab

A radioaktív hulladékokra vonatkozó nemzetközi és magyarországi szabályzás elvei és gyakorlata, a radioaktív hulladékok összetett kategorizálásának alapjai, kapcsolata a sugárvédelem más területeivel. Kategorizálás a hulladékok aktivitás-koncentrációja, felezési ideje, halmazállapota és a hulladékcsomagok egyéb sajátosságai alapján. A radioaktív hulladék keletkezésével járó tevékenységek bemutatása, az egyes alkalmazásokhoz kapcsolható hulladékok fizikai, kémiai és sugárvédelmi sajátosságai. Üzemeltetési és leszerelési radioaktív hulladékok. A radioaktív hulladékok feldolgozásának, immobilizálásának és biztonságos elhelyezésének részletes bemutatása, a nukleáris és sugár-egészségügyi biztonság szempontjainak kiemelésével. Egyes hulladékfajták újrahasznosítása. A radioaktív hulladékok biztonságos elhelyezésének minősítésére szolgáló analitikai és anyagvizsgálati eljárások

## **REAKTORSZABÁLYOZÁS ÉS MŰSZEREZÉS - BMETE80ME12**

Tárgyfelelős: Dr. Pór Gábor

Vizsga, 3 kp, 2 ea + 1 gy + 0 lab

Elsősorban atomerőművi műszerezettséget ismertetjük, a hőmérséklet, nyomás, rezgés és nukleáris érzékelőktől a mérőláncokon keresztül a teljes mérés megvalósításig, majd a jelek feldolgozását, a biztonsági filozófiákat, a szabályozás alapelemeit beleértve a kettő a háromból elvet, valamint a függetlenség elvét, majd a nemzetközileg elfogadott osztályozásokat és a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség ajánlásait, a hatósági előírásokat, az ember gép kapcsolatot, az atomerőművi vezénylő kialakításának kérdéseit. Részletesen tárgyaljuk az atomerőművi korszerű mérőrendszereket (VERONA, C-PORCA, PDA, zónadiagnosztika, idegentest detektálás, szivárgásellenőrző rendszerek, akusztikus emissziós rendszerek, akusztikus detektáló rendszerek, öregedésvizsgáló rendszerek), és a várható fejlődési trendeket (vezeték nélküli mérőrendszerek, mérőszoftver megbízhatóság-ellenőrzése, kiértékelő és mesterséges intelligenciát használó operator segítő rendszerek)

## **REAKTORTECHNIKA – BMETE80ME13**

Tárgyfelelős: Dr. Trampus Péter

Vizsga, 3 kp, 2 ea + 1 gy + 0 lab

Energetikai reaktorok szerkezeti kialakításának jellemzői, osztályozásuk. A jelenleg alkalmazott, valamint a harmadik és negyedik generációs típusok jellemzői. A különböző típusok jellegzetes igénybevételi viszonyai, a szerkezeti anyagokkal szemben támasztott követelmények. Reaktorokban alkalmazott anyagok. Üzemanyagok, burkolatanyagok, szerkezeti anyagok (ötvöztelen és ötvözött acélok, nikkelbázisú ötvözetek) tulajdonságai, gyártási, ellenőrzési kérdések. A szerkezeti anyagok fejlesztésének irányai. Az üzemi igénybevétel (nyomás, ciklikusság, dinamikus igénybevétel) és a környezet (sugárzás, hőmérséklet, korrózív közeg) hatása a reaktor anyagok tulajdonságaira. Károsodási folyamatok (sugárkárosodás, korrózió, termikus öregedés, fáradás), károsodási hatások (elridegés, repedések keletkezése és terjedése), monitorozásuk. Reaktortartály sugárkárosodása. Öregedéskezelés, a hosszú távú üzemeltetés feltételei. A nyomástartó berendezések szerkezeti integritásának elemzése (törésmechanikai közelítések). A szerkezeti megbízhatóság vizsgálata (kvantitatív kockázat elemzése, valószínűségi törésmechanikai elemzések). Az atomerőművi anyagvizsgálat speciális szempontjai (besugárzott próbatestek vizsgálata, manipulátorok alkalmazása). A reaktortartály felügyeleti programja. Roncsolásmentes vizsgálatok és fejlődési irányai. Diagnosztikai módszerek alkalmazása.

## **NUKLEÁRIS MÉRÉSEK – BMETE80ME14**

Tárgyfelelős: Dr. Aszódi Attila

Félévközi jegy, 3 kp, 0 ea + 0 gy + 2 lab

A tárgy keretében a hallgatók a következő méréseket végzik el:

Reaktorhoz kapcsolódó nukleáris mérések az Oktatóreaktoron

Nukleáris detektorokhoz, valamint alfa-és gamma-spektrometriához kapcsolódó mérések az Oktatóreaktorban található laborokban

Termohidraulikai tárgyú mérések az NTI termohidraulikai laboratóriumában

Szimulációs gyakorlatok atomeróművi primer- és szekunderkörü szimulátorral

## **TERVEZÉSI FELADAT – BMETE80ME07**

Tárgyfelelős: Dr. Aszódi Attila

Félévközi jegy, 6 kp, 0 ea + 0 gy + 4 lab

A tervezési feladat kurzusán a hallgatók önállóan dolgoznak az általuk az atomenergetika területéről választott feladaton. A tárgymeghirdetéssel egy időben a választható témakörök is ismertetésre kerülnek, így már a félév megkezdésekor lehetőség van a témaválasztásra. A kurzus eredményeként a hallgatók önállóan képesek komplex mérnöki feladat megoldására. A hallgatónak a kurzus végére összefoglaló jelentést kell készítenie, továbbá előadást kell tartania a kidolgozásról.

## **6.2.2. KÖTELEZŐEN VÁLASZTHATÓ TÁRGYAK**

### **ATOMERÓMŰVI KÉMIA – BMETE80ME11**

Tárgyfelelős: Dr. Szalóki Imre

Vizsga, 2 kp, 2 ea + 0 gy + 0 lab

Atomeróművek fő típusai, az alkalmazott vízüzemek (primerkörü, szekunderkörü vízüzem). A víz radiolízise. A szerkezeti anyagok korróziója, sugártűrése. A radioaktív izotópok forrásai az atomeróművekben: hasadóanyagok, transzmutációs termékek, hasadási termékek, aktiválási termékek. A fűtőelem meghibásodások típusai, meghatározásuk módja. Vízkezelés, víztisztító rendszerek, hulladékfeldolgozás. Az atomerómű radioanalitikai ellenőrző rendszere. Kontaminálás, dekontaminálás. Radioaktív izotópok kibocsátása az atomeróműből (levegőbe és felszíni vizekbe), kibocsátás ellenőrzés. Üzemi és hatósági környezetellenőrzés.

### **CFD MÓDSZEREK ÉS ALKALMAZÁSOK – BMETE80ME10**

Tárgyfelelős: Dr. Tóth Sándor

Félévközi jegy, 3 kp, 2 ea + 1 gy + 0 lab

A tantárgy a háromdimenziós CFD (Computational Fluid Dynamics) technika alapjait és atomenergetikai alkalmazásait mutatja be a hallgatóknak. A tantárgy keretében áttekintjük a hő- és áramlástan folyamatokat leíró megmaradási egyenleteket és azok tulajdonságait. Részletesen kitérünk a turbulencia leírásának lehetőségeire és ismertetjük a fontosabb turbulencia modelleket. Áttekintjük az egyenletek megoldásához használható numerikus módszereket (véges differenciák, véges térfogatok, véges elemek, rács-Boltzmann módszer) és az azokkal kapcsolatos alapfogalmakat. A módszerek ismertetésénél a hangsúlyt a kereskedelmi CFD kódokban leggyakrabban alkalmazott véges térfogatok módszerére

helyezzük. Foglalkozunk az instacionárius áramlási folyamatok számításának fontosabb implicit és explicit módszereivel és ismertetjük a Navier-Stokes egyenletrendszer néhány megoldási lehetőségét. Az előadások során bemutatjuk a CFD technika nukleáris energetikai alkalmazásait a BME Nukleáris Technikai Intézetben végzett kutatások eredményein keresztül. Az előadásokat gyakorlat egészíti ki, amely során a hallgatók feladatokat oldanak meg és elsajátítják az ANSYS CFX kommerciális CFD kód használatát.

### **BEVEZETÉS A FÚZIÓS PLAZMAFIZIKÁBA – BMETE80ME02**

Tárgyfelelős: Dr. Pokol Gergő

Félévközi jegy, 2 kp, 2 ea + 0 gy + 0 lab

Energiatermelés, fúziós reaktor felépítése, Lawson-kritérium, plazma alapok. Inerciális fúzió. Töltött részecskék ütközésmentes mozgása mágneses térben. Termodinamikai egyensúly, ionizációs és sugárzási folyamatok plazmában. Mágneses összetartás: konfigurációk. Részecskék ütközése plazmában: ellenállás, transzport. Bevezetés mágnesezett plazmák elméleti leírásába: kinetikus elmélet, MHD. Hullámok plazmában. Mágnesesen összetartott plazma egyensúlya, instabilitások. Laboratóriumi kísérletek: plazma előállítás, fűtés, plazma-fal kapcsolat. Plazmadiagnosztika, mérés technika. Aktuális eredmények mágneses összetartású berendezéseknél.

### **KÖRNYEZETI SUGÁRVÉDELEM – BMETE80AE07**

Tárgyfelelős: Dr. Zagyvai Péter

Félévközi jegy, 3 kp, 2 ea + 0 gy + 1 lab

A radioaktivitással kapcsolatos alapismeretek összefoglalása. Az ionizáló sugárzás és az anyagi közeg közti kölcsönhatások. A sugárzási energia fizikai, kémiai, biokémiai és biológiai hatása. Az ionizáló sugárzások hatása az élő szervezetekre, az emberre. Dózisdefiníciók. Dózis számítása és mérése. Külső és belső sugárterhelés. A radioaktív anyagok terjedése az élő szervezetekben. A sugárvédelem alapelvei. A dóziskorlátozási rendszer. Sugárvédelmi szabályozás. Az emisszió és az immisszió kapcsolata. Műszaki sugárvédelem. Baleseti helyzetek kezelése. A természetes radioaktivitás előfordulása a szerves és az élő környezetben. A lakosság természetes sugárterhelésének összetevői. Radioizotópok orvosi alkalmazásai – diagnosztika és terápia. Mesterséges radioizotópok előállítása, kikerülésük a környezetbe – radioaktív hulladékok. Radioaktív szennyezések terjedése a levegőben, a talajban, felszíni álló- és folyóvizekben, geológiai rendszerekben. Folyamatos működésű környezeti monitorozó rendszerek felépítése, működési elvük és alkalmazásaik.

### **RADIOAKTÍV ANYAGOK TERJEDÉSE – BMETE80ME01**

Tárgyfelelős: Dr. Zagyvai Péter

Félévközi jegy, 3 kp, 2 ea + 1 gy + 0 lab

Radioaktivitás megjelenése a környezetben – okok és kibocsátási folyamatok. Az akut és krónikus kibocsátások. A kibocsátási források jellemzői. Sztatikus és dinamikus transzportszámítások általános struktúrája. Radioaktivitás terjedése homogén és heterogén környezeti rendszerekben. Homogén rendszerek: levegő, felszíni vizek, karsztvizek. Szerves heterogén rendszerek: talaj és talajvíz, kőzetek. Biológiai transzportfolyamatok növényi struktúrákban, állati szervezetekben és az emberi szervezetben. Összetett környezeti terjedési programok (kibocsátás + terjedés + immisszió + sugárterhelés), ezek szerepe a nukleárisbaleset-elhárításban. A környezeti monitorozás elve, eszközei és kivitelezése. A terjedési modellek és a környezeti monitorozás kapcsolata, a validálás lehetőségei és módszerei.



## **RÖNTGEN ÉS GAMMA SPEKTROMETRIA – BMETE80ME03**

Tárgyfelelős: Dr. Szalóki Imre

Vizsga, 2 kp., 2 ea + 0 gy + 0 lab

Röntgen és gammaforrások: röntgensövek, radioaktív izotópok mint röntgen- és gammaforrások, szinkrotronok. Röntgen/gammasugárzás és anyag kölcsönhatásai: fényelektromos jelenség, szórás jelenségek, reflexió, polarizáció, fékezési sugárzás, párkeltés, abszorpció. Röntgen és gammadetektorok: gáztöltésű, szcintillációs, félvezető és szupravezető detektorok működése, mérés technikai tulajdonságaik, röntgen és gamma spektroszkópiai alkalmazásaik. Hatásfok és válaszfüggvény. Energiadisziperzív röntgen- és gammaspektrumok szerkezete, kiértékelésük elvi matematikai módszerei, számítógépes kiértékelő szoftverek. Korrekciós eljárások: holtidő, koincidenca, önabszorpció. Röntgendiffrakció és röntgenoptika elemei: Bragg-reflexió, kristálytípusok, hullámdisziperzív röntgenspektrométerek, rácsok, multi-rétegek, röntgensugarak fókuszálása, görbített kristályok, kapilláris lencsék, zónalemez, szűrők, monokromálási módszerek. Karakterisztikus röntgen vonalak intenzitása: ionizációs valószínűség, fluoreszcencia hozam, abszorpciós él, abszorpciós függvények. Matriks effektus és másodrendű gerjesztési folyamatok. A REA empirikus módszerei: standard minták, hígításos és addíciós kalibráció, belső standard, vékony réteg, emisszió-transzmisszió és szűrő módszerek. A REA matematikai módszerei: koncentráció-számítási modellek, alapvető paraméterek módszere. Mintakészítési eljárások. Speciális röntgenalitikai módszerek: röntgenmikroszkópia, totálreflexiós röntgenspektrometria (TXRF), kapilláris mikronyaláb technika, elektronsugaras mikroanalízis (EPMA), részecske indukált röntgenfluoreszcencia analízis (PIXE). A REA felhasználási lehetőségei: biológiai, geológiai, bányászati, ipari és környezetvédelmi alkalmazások. Abszorpciós röntgenspektrometria: az abszorpciós függvény távoli- és él-közeli finomszerkezete, kísérleti lehetőségek, alkalmazások a kémiai és biológiai szerkezetkutatásban. A gammaspektroszkópia alkalmazásai.

### **6.3. A hő- és villamosenergia-termelés szakirány tantárgyai**

#### **6.3.1. KÖTELEZŐ TÁRGYAK**

## **VILLAMOSENERGIA-RENDSZEREK TERVEZÉSE – BMEGEENMEVT**

Tárgyfelelős: Dr. Bihari Péter

Vizsga, 5 kp, 2 ea + 2 gy + 0 lab

Villamosenergia-rendszerek üzemének rendszerszintű tervezése. Erőmű-rendszerek üzemtervezése és bővítéstervezése. A rendszerszintű tervezés fogalma. Rendszerszintű tervezési feladatok megfogalmazása optimum-számítási feladatként. Optimalizálás több célfüggvény esetében. A villamosenergia-ellátással kapcsolatos követelményrendszer. Együttműködő villamosenergia-rendszerek teljesítmény-egyensúlya. A tervezési módszerek fejlődése. A tervezés metodológiája. Problémák azonosítása, megfogalmazása. Értékelési kritériumok definiálása. A bemenő adatok bizonytalanságának hatása. Rendszerszintű üzemtervezési és bővítéstervezési feladatok csoportosítása. A legkisebb költség elve szerinti tervezés módszere. Integrált forrástervezés. Költség-haszon elemzés. Környezeti hatások elemzése. Az integrált analízis fogalma. Rendszerszintű tervezés piacgazdasági feltételek között. Rendszerszintű igénybecslés. A terhelési tartamdiagram alakulásának előrejelzése. Rendszerszintű optimális teherelosztás. Rendszerszintű teljesítőképesség-mérleg készítés. Optimális termeléselosztás. Valószínűségi termelés-szimuláció. Egyenértékű terhelési tartamdiagramok. A kumuláns módszer alkalmazása a valószínűségi termelés-szimulációban. Az ekvivalens energiafüggvények módszere. Víz erőművi rendszerek termelés-szimulációja. Átfolyós víz erőművek és tározós víz erőművek modellezése. Hőerőművek és víz erőművek kooperációja. Rendszerszintű karbantartás-ütemezés. Az szintre hozott tartalék teljesítmény számításai módszere. Az szintre hozott kockázat számításának módszere. Villamosenergia-rendszerek megbízhatósági számításai. LOLP, LOLE, EENS értékének meghatározása. Villamosenergia-rendszerek

(erőműrendszerek) bővítéstervezése. Rendszerszintű hosszú távú határkölség számítása. Igényoldali befolyásolás. Forrásoldali befolyásolás.

#### **ERŐMŰVEK ÜZEMVITELE – BMEGEENMEE4**

Tárgyfelelős: Dr. Szentannai Pál

Vizsga, 5 kp, 2 ea + 0 gy + 2 lab

Erőművek lehetséges üzemállapotai és azok jellegzetességei. Gőz- és gáz/gőz erőművek indítása, leállítása. Gőzturbina löketésének, fordulatra hozásának és felterhelésének folyamata. Gázturbina indításának folyamata. Kondenzációs blokk indítása, kazán, gőzturbina és segédrendszerek összehangolt kézi és automatikus kezelési feladatai. Kombinált ciklusú erőmű indítása, gázturbina, hőhasznosító kazán és gőzturbina összehangolt vezérlése. Indítási, leállítási és terhelésváltoztatási üzemmódokhoz szükséges részrendszerek, berendezések bemutatása. Erőművek normál üzem közbeni és TMK során végzendő karbantartási feladatai. Üzemlátogatások: kombinált ciklusú erőmű karbantartása, kombinált ciklusú erőmű indítása vagy menetrendtartó üzeme, szénerőmű üzemvitele, erőművi mérések.

#### **ENERGETIKAI FOLYAMATSZABÁLYOZÁS – BMEGEENMESZ**

Tárgyfelelős: Dr. Szentannai Pál

Vizsga, 4 kp, 2 ea + 1 gy + 0 lab

Az energetikai szabályozások korszerű és hatékony módszerei: állapot-optimális, adaptív, nemlineáris és optimum szabályozások elve és alkalmazásai az energetikai folyamatirányításban. Modellel támogatott irányítási megoldások, modellbázisú tervezés. Tipikus energetikai folyamatok dinamikájának és a szabályozások szimulációs modelljei, a rendszer működésének szemléltetése Matlab/Simulink programkörnyezetben.

#### **ENERGETIKAI MÉRÉSEK – BMEGEENMEEM**

Tárgyfelelős: Dr. Szentannai Pál

Félévközi jegy, 3 kp, 0 ea + 0 gy + 2 lab

Az energia átalakítási folyamatok irányításában alkalmazott mérési módszerek és technológiák. Rendszer – modell – mérés – eredmény feldolgozás. Az adatgyűjtés és feldolgozás korszerű hardver és szoftver eszközei. A működtetés, szerviz és a diagnosztika során alkalmazott módszerek áttekintése. Stabilitás és vibráció ellenőrzés. Biztonság, alkalmazhatóság és megbízhatóság. Minősítési mérések követelményei. Elszámolási mérések követelményei

#### **TERVEZÉSI FELADAT – BMEGEENMEPR**

Tárgyfelelős: Dr. Laza Tamás

Félévközi jegy, 6 kp, 0 ea + 0 gy + 4 lab

A tervezési feladat kurzusán a hallgatók önállóan dolgoznak az általuk a szakirány területéről választott feladaton. A tárgymeghirdetéssel egy időben a választható témakörök is ismertetésre kerülnek, így már a félév megkezdésekor lehetőség van a témaválasztásra. A kurzus eredményeként a hallgatók önállóan képesek komplex mérnöki feladat megoldására. A hallgatónak a kurzus végére összefoglaló jelentést kell készítenie, továbbá előadást kell tartania a kidolgozásról.

### 6.3.2. KÖTELEZŐEN VÁLASZTHATÓ TÁRGYAK

#### **ENERGETIKAI VESZTESÉGFELTÁRÁS – BMEGEENMEVF**

Tárgyfelelős: Dr. Lezsovits Ferenc

Félévközi jegy, 4 kp, 1 ea + 2 gy + 0 lab

Az energia értéke, a veszteségek csoportosítása. A veszteségfeltárás célja, módszertana. Veszteségek meghatározása a mérlegek alapján. Hasznosítható és nem hasznosítható veszteségek. A veszteségfeltárás eszközeinek áttekintése, energiahatékonysági technikák bemutatása (legkisebb költség-, integrált forrástervezés, kereslet és kínálat gazdálkodás, kapcsolt energia termelés, a fűtés-hűtés összekapcsolása, elszámolási technikák, energia árszerkezetek, tarifák).

Csúcsterhelés felülegele és cosinus  $\phi$  korrekciója, világítás hatékonyságának növelése, villamos hajtások, szigeteléstechnika, távhőellátás, ipari hulladék hő hasznosítás lehetőségének feltárása. A pinch point módszer ismertetése tetszőleges számú meleg- és hidegáramok hőhasznosítására. Anyagáramokkal távozó hőveszteségek hasznosításának keresése, a maximálisan hasznosítható hő és az elérhető maximális hőmérséklet keresése. Az optimális hőmérséklet különbség. Hőhasznosítás hőszivattyúval. Előmelegítés (előhűtés) optimalizálása. Közvetítőközeges hőcserélő optimalizálása, kompresszorok hőveszteségeinek hasznosítása. Mintapéldák bemutatása.

#### **HŐERŐGÉPEK MODELLEZÉSE – BMEGEENMEHM**

Tárgyfelelős: Dr. Czél Balázs

Félévközi jegy, 3 kp, 1 ea + 0 gy + 2 lab

Numerikus szimuláció módszerei. Numerikus áramlástan alkalmazása hőerőgépek folyamataiban. A szerkezetek termikus és szilárdsági számításai numerikus módszerekkel. Véges differencia és véges elem eljárások a hővezetésben. Kereskedelmi programok.

#### **SZENNYEZŐANYAGOK LÉGKÖRI TERJEDÉSE – BMEGEENMETE**

Tárgyfelelős: Dr. Bihari Péter

Vizsga, 2 kp, 2 ea + 0 gy + 0 lab

A környezeti hatások értékelésének általános módszerei, a levegőszennyezés hatósági szabályozási rendszere, a légszennyezés vizsgálat léptékei (lokális, kontinentális, globális), a Föld légköre, a troposzféra jellemzői, a földi légkör áramlási rendszerei. Terjedést befolyásoló tényezők (domborzat, felszíni érdesség, légköri jellemzők), légköri stabilitás és a szélmező fogalma, kialakulása befolyásoló tényezői, hatásuk a terjedésre. A járulékos kéménymagasság szerepe, meghatározása. Egyszerű füstfáklya terjedési modellek, javításuk a tükrözés, ülepedés, kimosódás, átalakulás figyelembevételével. A szennyezőanyag koncentráció időfüggése, tartamdiagramja, dózisa, dózis-hatás függvények, a kéményméretezés elvei. Szennyezőforrás megfelelőségének megállapítása, engedélyezési eljárás, levegő-környezeti hatástanulmány tartalma. A füstfáklya modell alkalmazása a környezeti költségek meghatározására.

## **HŰTŐ- ÉS HŐSZIVATTYÚ BERENDEZÉSEK – BMEGEENMEHH**

Tárgyfelelős: Dr. Maiyaleh Tarek

Vizsga, 4 kp, 2 ea + 0 gy + 1 lab

Hűtőközegek biztonsági és környezetvédelmi követelményei. Levegő hűtőközegű hűtőberendezés. Gőzsugár-kompresszoros hűtőberendezés. Abszorpciós berendezés. Hűtőberendezések részegységei. Az olaj feladata a hűtőberendezésben. Leolvasztás. Hőszivattyú; feladata, körfolyamatai. Hőforrások; értékelésük. Hőszivattyú üzeme változó külső feltételek mellett.

## **ENERGETIKAI RENDSZEREK SZIMULÁCIÓJA – BMEGEENMERS**

Tárgyfelelős: Dr. Szentannai Pál

Vizsga, 5 kp, 2 ea + 1 gy + 1 lab

A modell meghatározásának elméleti és kísérleti módszere. Statikus és dinamikus modell, lineáris-nemlineáris, koncentrált és elosztott paraméterű leírások, instacionárius mérlegegyenletek és kiegészítő összefüggések. A Matlab/Simulink interaktív modellező és szimulációs nyelv használata. Esettanulmányok: egyszerű és összetett energetikai folyamatok, szabályozott szakaszok, dinamikai modelljének felépítése és szimulációja. Az erőművi körfolyamat (hősema) statikus egyensúlyi állapotának szimulációja.

### **6.3.3. SZABADON VÁLASZTHATÓ TÁRGYAK**

Szabadon választható tárgynak bármely mesterképzés szinten meghirdetett tárgy tetszőlegesen választható, azonban javasoljuk a szakirányok által javasolt szabadon választható tárgyak valamelyikét, vagy további tárgyak felvételét a kötelezően választható tárgyak listájából, vagy a választott szakirány szakterületéhez kapcsolódó más szakirány tárgyának felvételét.

A Gépészmérnöki Kar által meghirdetett szabadon választható tárgyak:

BMEGEENMKMJ A motortól a kész járműig

BMEGEVÉMGE1 Élelmiszer technológiák és gépei

BMEGEÁTME04 Áramlások numerikus modellezése 2.