UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

Predmet:	Procesi v toplotnih motorjih
Course title:	Processes in heat engines
Članica nosilka/UL Member:	UL FS

Študijski programi in stopnja	Študijska smer	Letnik	Semestri
Strojništvo - Razvojno raziskovalni program, druga stopnja, magistrski	Energetsko strojništvo (smer)	1. letnik	2. semester

Univerzitetna koda predmeta/University course code:	0566857
Koda učne enote na članici/UL Member course code:	6005-M

Predavanja	Seminar	Vaje	Klinične vaje	Druge oblike študija	Samostojno delo	ECTS
30		30			65	5

Nosilec predmeta/Lecturer:	Tomaž Katrašnik
Vrsta predmeta/Course type:	Obvezni strokovni predmet na smeri Energetsko strojništvo, ki je izbirni strokovni predmet na ostalih smereh./Compulsory specialised course in the study of Energy engineering, which is an elective specialised course in other fields of study.

Jeziki/Languages:	Predavanja/Lectures:	Slovenščina
	Vaje/Tutorial:	Slovenščina

Pogoji za vključitev v delo oz. za opravljanje študijskih obveznosti:	Prerequisites:
Izpolnjevanje pogojev za vpis v Magistrski študijski program II. stopnje Strojništvo - Razvojno raziskovalni program.	Meeting the enrollment conditions for the Master's study programme of Mechanical Engineering - Research and Development program.

Vsebina:	Content (Syllabus outline):
1. Predavanje: • sistematizacija toplotnih motorjev z ozirom na različne kriterije in značilnosti toplotnih motorjev; • raba energije in izpusti onesnažil toplotnih motorjev; • energijske pretvorbe v toplotnih motorjih; • tehnološke smernice in zahteve razvoja toplotnih	1. Lecture: • Classification of heat engines with respect to their type and characteristics, • Use of energy and emissions of heat engines, • Energy conversion paths in heat engines, • Technology guidelines and R&D requirements of

motorjev. 2. Predavanje: • definicija in analiza procesov v realnih toplotnih motorjih; • lastnosti realnega delovnega medija. 3. Predavanje: • teoretični procesi v toplotnih motorjih (določitev izkoristka, delovne sposobnosti) in njihova primerjava s procesi v realnih toplotnih motorjih; • metode za izboljšanje izkoristka motorjev. Batni motorji z notranjim zgorevanjem (MNZ): 4. Predavanje: • zasnove batnih MNZ in njihove značilnosti; • kinematika bata in uravnoteženje prostih sil in navorov. 5. Predavanje: Motorji s prisilnim vžigom (Ottovi motorji): • zasnova in komponente; • značilnosti in delovanje sistemov za dobavo in vbrizgavanje goriva; • potek sproščanja toplote v valju; • samovžig zmesi; • pristopi modeliranja procesov. 6. Predavanje: Motorji s samovžigom (dizelski motorji): • zasnova in komponente; • značilnosti in delovanje sistemov za dobavo in vbrizgavanje goriva; • potek sproščanja toplote v valju; • pristopi modeliranja procesov. 7. Predavanje: Motorji z naprednimi procesi zgorevanja (LTC, CAI…): • zasnova in komponente; • značilnosti in delovanje sistemov za dobavo in vbrizgavanje goriva; • potek sproščanja toplote v valju; • pristopi modeliranja procesov 8. Predavanje: Pristopi za zmanjševanje izpustov onesnažil v batnih MNZ (dušikovi oksidi, ogljikov monoksid, nezgoreli ogljikovodiki, delci). 9. Predavanje: Sistemi in naprave za naknadno obdelavo izpušnih plinov batnih MNZ (TWC, DOC, SCR, LNT, DPF, GPF). 10. Predavanje: • izmenjava delovnega medija; • mehanske izgube in sistemi mazanja v batnih MNZ; • termoregulacija batnih MNZ. 11. Predavanje • zmogljivosti batnih MNZ; • prisilno polnjenje batnih MNZ (valovna dinamika, mehansko prisilno polnjenje). 12. Predavanje: • prisilno polnjenje batnih MNZ (prisilno polnjenje s turbopolnilnikom, kombinacije metod za prisilno polnjenje);	heat engines. 2. Lecture: • Definition and analysis of processes in real engines, • Properties of real working media. 3. Lecture: • Theoretical processes in heat engines (evaluation of efficiency and indicated mean effective pressure) and their interrelation to processes in real heat engines, • Methods for increasing efficiency of heat engines. Piston internal combustion engines: 4. Lecture: • Types and designs of piston ICEs and their characteristics, • Kinematics of the piston motion in piston engines and balancing free forces and moments. 5. Lecture: Spark ignition (SI) engines (Otto engines) • Design and components, • Characteristics and working principles of fuel supply and injection systems, • Rate of heat release, • Self-ignition and knocking, • Modelling approaches. 6. Lecture: Compression ignition (CI) engines (Diesel engines) • Design and components, • Characteristics and working principles of fuel supply and injection systems, • Rate of heat release, • Modelling approaches. 7. Lecture: Engines with advanced combustion concepts (LTC, CAI…) • Design and components, • Characteristics and working principles of fuel supply and injection systems, • Rate of heat release, • Modelling approaches. 8. Lecture: Methods and approaches for reducing pollutant emissions in piston ICEs (nitrogen oxides, carbon monoxide, unburned hydrocarbons, particles). 9. Lecture: Exhaust after-treatment systems and devices in piston ICEs (TWC, DOC, SCR, LNT, DPF, GPF). 10. Lecture: • Exchange of the working media, • Mechanical losses and lubrication systems in piston ICEs, • Thermoregulation of piston ICEs. 11. Lecture: • Performance characteristics of piston ICEs, • Supercharging of piston ICEs (wave dynamics, mechanical supercharging). 12. Lecture: • Supercharging of piston ICEs (turbocharging, combined charging), • System level modelling of ICEs.

• sistemsko modeliranje batnih MNZ. Turbinski motorji: 13. Predavanje: • procesi v turbinskih motorjih; • - deli turbinskih motorjev in njihove značilnosti (dovodnik, kompresor). 14. Predavanje: • deli turbinskih motorjev in njihove značilnosti (zgorevalna komora, turbina, izpušna šoba); • delovanje turbinskih motorjev in njihove zmogljivosti; • izpusti onesnažil turbinskih motorjev. Refleksija in sinteza: 15. Predavanje: Toplotni motorji prihodnosti: • refleksija in povezovanje vsebin; • analiza najustreznejših izvedenk toplotnih motorjev; • viharjenje na temo učinkovitejših okolju prijaznejših toplotnih motorjev prihodnosti	Turbine engines: 13. Lecture: • Processes in turbine engines, • Components of turbine engines and their characteristics (engine inlet and diffuser, compressor). 14. Lecture: • Components of turbine engines and their characteristics (combustion chamber, turbine, nozzle), • Operating principles of turbine engines and their performance characteristics, • Pollutant emissions of turbine engines. Reflection and synthesis: 15. Lecture: Heat engines of the future • Reflection and integration of content, • Analysis of most suitable designs of heat engines, • Brainstorming on the subject of highly efficient and environmentally friendly heat engines.

Temeljna literatura in viri/Readings:

1. Heywood, J.B.: Internal combustion engine fundamentals, McGraw-Hill, N.York,1988,ISBN 0-07-028637-X
2. Pavletič, R.: Motorji z notranjim zgorevanjem, UL, Fakulteta za strojništvo, Ljubljana, 2000, ISBN 961-6238-41-8
3. Hiereth H., Prenninger P.: Charging the Internal Combustion Engine (Powertrain), Springer-Verlag, Wien, 2007, ISBN 978-3-211-33033-3
4. Winterbone D.E., Pearson, R.J.: Theory of Engine Manifold Design. Professional Engineering Publishing Limited, UK, 2000, ISBN 7680-0656-2

Cilji in kompetence:	**Objectives and competences:**
Cilji: 1. Razumeti teoretične osnove in metode vrednotenja procesov v toplotnih motorjih 2. Spoznati interakcije in soodvisnosti procesov v toplotnih motorjih 3. Spoznati različne zasnove batnih motorjev z notranjim zgorevanjem in razumeti njihove značilnosti in prednosti 4. Spoznati pristope za zmanjševanje izpustov onesnažil in sisteme in naprave za naknadno obdelavo izpušnih plinov v batnih motorjev z notranjim zgorevanjem 5. Spoznati in razumeti delovanje različnih različne metod za prisilno batnih motorjev z notranjim zgorevanjem 6. Spoznati komponente in procese v turbinskih motorjih z notranjim zgorevanjem 7. Razumeti pristope za modeliranje procesov v toplotnih motorjih in znati uporabljati ustrezna	Objectives: 1. Understand the theoretical foundations and characterisation methods of processes in heat engines 2. To know and to understand interactions in interdependencies of processes in heat engines 3. To know different designs of heat engines and to understand their characteristics and advantages 4. Understand approaches for reduction of pollutant emissions and exhaust gas after-treatment devices in piston internal combustion engines 5. To know and to understand working principles of different supercharging methods of internal combustion engines 6. To know components and processes in turbine engines 7. Understand modelling approaches for simulating processes in heat engines and to know selecting

napredna simulacijska orodj
8. Razumeti in znati aplicirati metode za zvišanje izkoristka in povišanje delovne sposobnosti toplotnih motorjev
9. Razumeti pristope za razvoj naprednih-okolju prijaznejših toplotnih motorjev

Kompetence:

1. S2-MAG, P2-MAG: Obvladovanje temeljnih teoretičnih in aplikativnih znanj na področju procesov v toplotnih motorjih.
2. S8-MAG: Sposobnost kritične presoje in snovanja toplotnih motorjev z ozirom na namen uporabe, zmogljivosti in mejne vrednosti izpustov onesnažil.
3. P2-MAG: Sposobnost razmevanja interakcije in soodvisnosti procesov v toplotnih motorjih.
4. P4-MAG: Sposobnost fizikalnega, matematičnega in numeričnega modeliranja procesov v toplotnih motorjih.

adequate modelling tools
8. To understand and to be skilled to apply methods for increasing power and efficiency of heat engines
9. Understand approaches for development of advanced-environmentally friendly heat engines

Competencies:

1. S2-MAG, P2-MAG: Using the fundamental theoretical and applied knowledge in the field of processes in heat engines
2. S8-MAG: The ability to critically evaluate and design heat engines with respect to the intended use, performances and limiting values of pollutant emissions
3. P2-MAG: Mastering understanding of interactions in interdependencies of processes in heat engines
4. P4-MAG: The ability for physical, mathematical and numerical modelling of processes in heat engines

Predvideni študijski rezultati:

Znanja:

Z1: Poglobljeno teoretično, metodološko in analitično znanje z elementi raziskovanja, ki je osnova za zalo zahtevno znanstveno in strokovno delo na področju razvoja, snovanja in diagnostike toplotnih motorjev.

Spretnosti:

S1.1: Sposobnost vrednotenja in optimiranja procesov v toplotnih motorjih z ozirom na zvišanje izkoristka in znižanje izpustov onesnažil.

S1.2: Samostojna uporaba pridobljenega znanja pri analizi, snovanju in diagnostiki toplotnih motorjev.

S1.3: Sposobnost snovanja okolju prijaznejših toplotnih motorjev na osnovi inovativnih geometrijskih in procesnih pristopov.

S1.4: Sposobnost nadaljnjega, samostojnega študija.

Intended learning outcomes:

Z1: In-depth theoretical, methodological and analytical knowledge with elements of research, which is the basis for scientific and professional work in the development, design and diagnostics of heat engines.

Skills:

S1.1: Ability to evaluate and optimize processes in heat engines in terms of maximizing the efficiency and reducing pollutant emissions.

S1.2: Independent use of acquired knowledge in the analysis, design and diagnostics of processes in heat engines.

S1.3: Ability to design environmentally friendly heat engines based on innovative geometrical and process driven methods.

S1.4: Ability of independent self-driven education and research.

Metode poučevanja in učenja:

P1: Avditorna predavanja z reševanjem izbranih - za področje značilnih - teoretičnih in praktično uporabnih primerov.

P2: Obravnava snovi po urejeni in vnaprej razloženi

Learning and teaching methods:

P1: Classroom lectures with inclusion of solving selected typical and practical examples.

P2: Presenting of the learning content in an orderly and pre-interpreted systematics

sistematiki. P3: Avditorne vaje, kjer se teoretično znanje s predavanj podkrepi z računskimi primeri. P4: Laboratorijske vaje. P5: Uporaba študijskega gradiva v obliki (e-verzija predstavitve predavanj). P8: Izdelava in predstavitev aplikativnih seminarskih nalog. P10: Uporaba anket v realnem času. P14: Virtualni eksperimenti. P15: Uporaba video vsebin kot priprava na predavanja in vaje.	P3: Tutorials where theoretical knowledge of lectures is supported by computational examples. P4: Laboratory work. P5: Use of study materials in format (e-version of lecture presentation). P8: Design and presentation of applied seminar work P10: Use of real-time surveys P14: Virtual Experiments P15: Using video content to prepare for lectures and exercises

Načini ocenjevanja:	**Delež/Weight**	**Assessment:**
Teoretične vsebine (predavanja)	50,00 %	Theory (lectures)
Samostojno delo na vajah	50,00 %	Practical coursework

Reference nosilca/Lecturer's references:

Tomaž Katrašnik

1. KATRAŠNIK, Tomaž. Innovative 0D transient momentum based spray model for real-time simulations of CI engines. *Energy*, ISSN 0360-5442. [Print ed.], Oct. 2016, vol. 112, str. 494-508
2. SELJAK, Tine, RODMAN OPREŠNIK, Samuel, KUNAVER, Matjaž, KATRAŠNIK, Tomaž. Effects of primary air temperature on emissions of a gas turbine fired by liquefied spruce wood. *Biomass & bioenergy*, ISSN 0961-9534. [Print ed.], 2014, vol. 71, str. 394-407
3. VIHAR, Rok, ŽVAR BAŠKOVIČ, Urban, KATRAŠNIK, Tomaž. Real time capable virtual NOx sensor for diesel engines based on a two-zone thermodynamic model. *Oil & gas science and technology*, ISSN 1953-8189, Apr. 2018, vol. 73, f. 1-17
4. JEŽEK, Irena, KATRAŠNIK, Tomaž, WESTERDAHL, Dane, MOČNIK, Griša. Black carbon, particle number concentration and nitrogen oxide emission factors of random in-use vehicles measured with the on-road chasing method. *Atmospheric chemistry and physics*, ISSN 1680-7316, Oct. 2015, vol. 15, iss. 19, str. 11011-11026
5. KATRAŠNIK, Tomaž. Method for simulation of an internal combustion engine : EP2949908 (B1), 2016-07-06. München: Europäisches Patentamt, 2016. 23 f