

ENERGETSKI STROJI IN NAPRAVE - RRP

UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

Predmet:	Energetski stroji in naprave - RRP
Course title:	ENERGY MACHINES AND APPLIANCES - RRP
Članica nosilka/UL Member:	UL FS

Študijski programi in stopnja	Študijska smer	Letnik	Semestri	Izbirnost
Strojništvo - razvojno raziskovalni program, prva stopnja, univerzitetni	Ni členitve (študijski program)	3. letnik	1. semester	obvezni

Univerzitetna koda predmeta/University course code:	0562769
Koda učne enote na članici/UL Member course code:	2032-U

Predavanja /Lectures	Seminar /Seminar	Vaje /Tutorials	Klinične vaje /Clinical tutorials	Druge oblike študija /Other forms of study	Samostojno delo /Individual student work	ECTS
30		30			40	4

Nosilec predmeta/Lecturer:	Mihael Sekavčnik
-----------------------------------	------------------

Izvajalci predavanj:	
Izvajalci seminarjev:	
Izvajalci vaj:	
Izvajalci kliničnih vaj:	
Izvajalci drugih oblik:	
Izvajalci praktičnega usposabljanja:	

Vrsta predmeta/Course	Obvezni splošni predmet /Compulsory general course
------------------------------	--

type:

--

Jeziki/Languages:

Predavanja/Lectures:	Slovenščina
Vaje/Tutorial:	Slovenščina

Pogoji za vključitev v delo oz. za opravljanje študijskih obveznosti:

Izpolnjevanje pogojev za vpis v Univerzitetni študijski program I. stopnje Strojništvo - Razvojno raziskovalni program.

Prerequisites:

Meeting the enrollment conditions for the Academic study programme of Mechanical Engineering - Research and Development program.

Vsebina:

- . Uvod:
- Definicije na področju energijskih pretvorb;
- Razdelitev razdelitev energetske strojev (lastnosti delovnega medija, smer energijskega toka, način energijske pretvorbe);
- Energijske naprave, definicije, značilni predstavniki.
- 2. Značilni procesi v energetskih strojih 1/2:
- Energijski in impulzni izrek, trenje v toku in tlačne izgube v pretočnih traktih stroja;
- Krožni procesi (desni, levi);
- Delo, mehanska moč, toplotna moč, izkoristek.
- 3. Značilni procesi v energetskih strojih 2/2:
- Tok tekočin skozi šobe (konvergentna, divergentna, konvergentno-divergentna), krivulje Fanno, tlačni skoki;
- Proces izmenjave toplote;
- Pridobivanje toplote iz kemičnih nosilcev energije.
- 4. Podobnost in dimenzijska analiza:
- Dinamična, termična in snovna podobnost procesov;
- Dimenzijska analiza (Buckinghamov - teorem) - primeri uporabe v energetski tehniki.
- 5. Volumenski ali izrivni stroji:
- Značilnosti, delo, mehanska moč in

Content (Syllabus outline):

- . Introduction
- Basic definitions in the energy conversion technology area
- Classification of energy machines (working fluid properties, energy flow direction, type of energy conversion)
- Energy appliances: definitions and types considered
- 2. Characteristic processes in energy conversion machines 1/2
- Energy and momentum theorem, flow friction and pressure losses in flow channels of the machine
- Thermodynamic cycles (left and right)
- Technical work, mechanical power, heat flow, efficiency
- 3. Characteristic processes in energy conversion machines 2/2
- Fluid flow in nozzles (convergent, divergent, convergent-divergent), Fanno-curves, shock-waves
- Heat exchange processes
- Heat extraction from chemical energy carriers
- 4. Similarity and dimensional analysis
- Dynamic, thermal and substantive similarity of the processes
- Dimensional analysis (Buckingham's - theorem) - use cases in energetics
- 5. Volumetric or reciprocating machines
- Characteristics, technical work, mechanical power and efficiency

<p>izkoristek;</p> <ul style="list-style-type: none"> - Batni stroji, rotacijski, posebni (ejektorski, elektromagnetni...); - Ročni mehanizem in vztrajnik. <p>6. Volumenske črpalke:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Razdelitev, uporaba in značilnosti; - Energijska bilanca okrog črpalke: proces v diagramu $p - V$, tehnično delo, izgube, notranji in efektivni izkoristek; - Energijska bilanca okrog hidravličnega sistema: dobavna višina, dobavna količina, karakteristika sistema, izravnava pretočnih in tlačnih pulzacij; - Dopustna sesalna višina. <p>7. Volumenski kompresorji:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Razdelitev, uporaba in značilnosti; - Tehnično delo kompresije: izoterma, izentropa in nepovračljiva adiabata; - Škodljivi volumen, dobavni volumen in prirastek temperature; - Večstopenjska kompresija: optimalno tlačno razmerje in število stopenj. <p>8. Motorji z notranjim zgorevanjem:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Razdelitev, uporaba in značilnosti; - Tehnično delo, mehanska moč in izkoristek; - Povračljivi in dejanski indicirani diagram in notranje izgube; - Tlačno polnjenje; - Izvedbe (Diesel, Otto, Sabathe, Wankel). <p>9. Turbinski ali pretočni stroji 1/2</p> <ul style="list-style-type: none"> - Razdelitev, uporaba in značilnosti; - Stopnja reaktivnosti, trikotniki hitrosti, Eulerjeva turbinska enačba, notranji izkoristek; - Energijska karakteristika: teoretična in dejanska. <p>10. Turbinski ali pretočni stroji 2/2</p> <ul style="list-style-type: none"> - Podobnost turbinskih strojev (afinitetni zakoni), pretočno število, tlačno število, brezdimenzijska vrtilna frekvenca, brezdimenzijski premer; - Cordierjev diagram za delovne in pogonske pretočne stroje ter uporaba pri projektiranju sistemov; - Kavitacija. <p>11. Turbinske črpalke:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tehnično delo, mehanska moč in izkoristek; - Energijske karakteristike in 	<ul style="list-style-type: none"> - Piston engines, rotating, special-type volumetric machines (ejector, electromagnetic etc.) - Crank-shaft mechanism and flywheel <p>6. Volumetric pumps</p> <ul style="list-style-type: none"> - Classification, use and characteristics - Energy balance for pump: process diagram $p - V$, technical work, losses, internal and effective efficiency - Energy balance for the hydraulic system: pump-head, flow-rate, characteristics of hydraulic system, compensation of flow-rate and pressure pulsations - Net suction head and cavitation <p>7. Volumetric compressors</p> <ul style="list-style-type: none"> - Classification, use and characteristics - Technical work for compression: isothermal, isentropic and irreversible adiabatic compression - Clearance volume, effective swept volume and temperature increase - Multistage compression: optimal pressure ratio and number of stages <p>8. Internal combustion engines</p> <ul style="list-style-type: none"> - Classification, use and characteristics - Technical work, mechanical power and efficiency - Reversible and real indicator diagram and internal losses - Pressurized charging - Types (Diesel, Otto, Sabathe, Wankel) <p>9. Turbomachines 1/2</p> <ul style="list-style-type: none"> - Classification, use and characteristics - Reactivity-rate, velocity triangles, Euler's turbine equation, internal efficiency - Energy characteristics: theoretical and real (effective) <p>10. Turbomachines 2/2</p> <ul style="list-style-type: none"> - Similarity laws for turbomachinery, flow-, pressure coefficient, dimensionless rotational frequency, dimensionless diameter - Cordier diagram for turbomachinery and its use in system designing - Cavitation <p>11. Turbine pumps</p> <ul style="list-style-type: none"> - Technical work, mechanical power and efficiency - Energy characteristics and flow-rate
--	--

<p>regulacija (radialne, diagonalne in aksialne črpalke);</p> <ul style="list-style-type: none"> - Vzporedna in zaporedna vgradnja črpalk; - Večstopenjske črpalke. <p>12. Turbinski kompresorji:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tehnično delo, mehanska moč in izkoristek; - Energijske karakteristike in regulacija (radialni, diagonalni in aksialni kompresor); - Večstopenjski turbinski kompresorji; - Propelerji. <p>13. Aerohidravlične turbine:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Vodne turbine, značilnosti, razdelitev, tehnično delo, mehanska moč in izkoristek; - Izvedbe: Pelton, Francis, Kaplan, cevne, Banki; - Hidrodinamski prenosniki moči: sklopke, zavore, prenosniki navora. <p>14. Toplotni turbinski stroji:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Plinske turbine, tehnično delo, mehanska moč, izkoristek, plinski postroj, potisniki; - Parne turbine, tehnično delo, mehanska moč, izkoristek, enakotlačne in nadtlačne turbinske stopnje, parno postrojenje. <p>15. Energetske naprave:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Značilnosti in razdelitev; - Prenosniki toplote; - Generatorji toplote; - Gorivne celice. 	<p>regulation techniques (radial-, diagonal- and axial-turbine pumps)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pumps in parallel or serial installations - Multistage turbine pumps <p>12. Turbine compressors</p> <ul style="list-style-type: none"> - Technical work, mechanical power and efficiency - Energy characteristics and flow-rate regulation (radial-, diagonal- and axial turbine compressors) - Multistage turbine compressors - Propellers <p>13. Aerohydraulic turbines</p> <ul style="list-style-type: none"> - Water turbines, characteristics, classification, technical work, mechanical power and efficiency - Types of water turbines: Pelton, Francis, Kaplan, Banki - Hydrodynamic torque converters: clutches, retarders, torque converters <p>14. Thermal turbines</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gas turbines, technical work, mechanical power, efficiency, power gas turbines, thrust gas turbines - Steam turbines, technical work, mechanical power, efficiency, impulse and reaction turbine stages, steam turbine cycle <p>15. Energy appliances</p> <ul style="list-style-type: none"> - Characteristics and classification - Heat exchangers - Heat generators - Fuel cells
--	--

Temeljna literatura in viri/Readings:

1. Tuma M., Sekavčnik M.: Energetski stroji in naprave, druga izpopolnjena in predelana izdaja; Univerza v Ljubljani, Fakultete za strojništvo, 2006, [COBISS.SI-ID [224125440](#)]
2. Kalide W., Siegloch H.: Energieumwandlung und Arbeitskraftmaschinen, Carl Hanser Verlag, 2019, [COBISS.SI-ID [5405979](#)]
3. Dick E.: Fundamentals of Turbomachines, Springer, 2015, [COBISS.SI-ID [38283525](#)]

Cilji in kompetence:

Cilji:

1. Uporabiti temeljna znanja s področja fizike, tehniške termodinamike in

Objectives and competences:

Objectives:

1. Use of basic knowledge of physics, technical thermodynamics and

<p>dinamike za popis procesov energijskih pretvorb v energetskih strojih in napravah</p> <ol style="list-style-type: none"> 2. Na sistematični način spoznati fizikalne principe delovanja in sestavne dele energetskih strojev in naprav 3. Razumeti matematični popis masnih in energijskih bilanc v energetskih strojih in napravah 4. Spoznati energijske karakteristike energetskih strojev in naprav ter način izbire in obratovanja v širših energetskih sistemih 5. Spoznati obratovalne značilnosti energetskih strojev in naprav ter najpomembnejše tehnološke zahteve <p>Kompetence:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Sposobnost povezovanja interdisciplinarnih znanj različnih področij strojništva (energijske pretvorbe, obratovanje in načrtovanje) (S1-RRP + S6-RRP + P1-RRP) 2. Sposobnost načrtovanja energetskih strojev in naprav glede na projektne zahteve (S6RRP + S7-RRP + S9-RRP + P1-RRP + P4-RRP) 3. Sposobnost vrednotenja ustreznosti tehničnih izvedb energetskih strojev in naprav ter njihove vgradnje v sisteme (S9-RRP + P3-RRP) 	<p>dynamics for modelling of energy conversion processes in energy machines and appliances</p> <ol style="list-style-type: none"> 2. Systematical acquaintance with the physical principles and components of energy machines and appliances 3. Understanding of mathematical modelling of mass- and energy balances in energy machines and appliances 4. Acquaintance of energy characteristics of energy machines and appliances and the methods of selection and operation in broader energy systems 5. Acquaintance of operating characteristics of energy machines and appliances and most characteristic technological restrictions <p>Competences:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Ability to integrate interdisciplinary knowledge of various areas of mechanical engineering (energy conversion, operation and design) (S1-RRP + S6-RRP + P1-RRP) 2. Ability of planning of energy machines and appliances according to project requirements ((S6RRP + S7-RRP + S9-RRP + P1-RRP + P4-RRP) 3. Ability to evaluate the relevance of technical design of energy machines and appliances and their integration into energy systems (S9-RRP + P3-RRP)
---	--

Predvideni študijski rezultati:

<p>Znanja:</p> <p>Z1: Poglobljeno strokovno teoretično in praktično znanje na določenem področju, podprto s širšo teoretično in metodološko osnovo.</p> <p>Spretnosti:</p> <p>S1.1 Izvajanje kompleksnih operativno-strokovnih opravil, ki vključujejo tudi uporabo metodoloških orodij.</p>
--

Intended learning outcomes:

<p>Knowledge:</p> <p>Z1: Thorough professional theoretical and practical knowledge in a selected field of expertise that is supported with a broad theoretical and methodological basis.</p> <p>Skills:</p> <p>S1.1 Executing complex operationa-professional tasks that incorporate</p>
--

<p>S1.2 Obvladovanje zahtevnih, kompleksnih delovnih procesov ob samostojni uporabi znanja v novih delovnih situacijah.</p> <p>S1.3 Diagnosticiranje in reševanje problemov v različnih specifičnih delovnih okoljih, povezanih s področjem izobraževanja in usposabljanja.</p> <p>S1.4 Osnova za izvirna dognanja/stvaritve in kritično refleksijo.</p>	<p>usage of methodological tools.</p> <p>S1.2 Mastering demanding and complex work processes by independent usage of knowledge in new working situations.</p> <p>S1.3 Problem diagnostics and solving in different and specific working environments that are linked to the teaching and training content.</p> <p>Diagnosticiranje in reševanje problemov v različnih specifičnih delovnih okoljih, povezanih s področjem izobraževanja in usposabljanja.</p> <p>S1.4 Basis for unique innovations and critical reflections.</p>
--	--

Metode poučevanja in učenja:

Klasične oblike poučevanja:

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

P3 Avditorne vaje, kjer se teoretično znanje s predavanj podkrepi z računskimi primeri.

P4 Laboratorijske vaje z namenski didaktičnimi pripomočki (opišite katerimi- maks. dve vrstici na en pripomoček).

P5 Uporaba študijskega gradiva v obliki namenskega univerzitetnega učbenika.

Moderne in prožne oblike poučevanja:

P6 Interaktivna predavanja

P10 Uporaba anket v realnem času

P12 Individualizirane domače naloge v spletni učilnici

P14 Virtualni eksperimenti

P15 Uporaba video vsebin kot priprava na predavanja in vaje

Learning and teaching methods:

Conventional teaching methods:

P1 Auditorial lectures with solving selected field-specific theoretical and applied use cases.

P3 Auditorial exercises, in which theoretical content from the lectures is supplemented with practical examples.

P4 Laboratory exercises with special-purpose didactic devices (description needs to be added, max. two lines per device).

P5 Application of study material university textbook.

Contemporary and flexible teaching methods:

P6 Interactive lectures.

P7 Literature study and discussion.

P10 Application of questionnaires in real time.

P12 Individualised homeworks in a web classroom

P14 Virtual experiments.

P15 Application of videos for preparations to the lectures and exercises.

Načini ocenjevanja:

Delež/

Assessment:

Weight

Teoretične vsebine (predavanja).	50,00 %	Theoretical contents (lectures).
Samostojno delo na vajah.	30,00 %	Coursework.
Delo na laboratorijskih vajah.	20,00 %	Laboratory exercises.

Ocenjevalna lestvica:

Grading system:

--	--

Reference nosilca/Lecturer's references:

Mihael Sekavčnik:

1. MLAKAR, Nejc, LOTRIČ, Andrej, **SEKAVČNIK, Mihael**, MORI, Mitja, ARAYA, Samuel Simon, ANDREASEN, Simon, VANG, Jakob Rabjerg. Evaluation of performance degradation of high temperature proton exchange membrane fuel cells using a simple start-stop testing protocol. V: IYCE'22 : 8th International Youth Conference on Energy, 6th - 9th July 2022, Eger, Hungary. [S. l.]: IEEE, 2022. Str. 1-7, ilustr. <https://ieeexplore.ieee.org/document/9857525>, DOI: 10.1109/IYCE54153.2022.9857525. [COBISS.SI-ID [125939203](#)]
2. MORI, Mitja, MRŽLJAK, Tilen, DROBNIČ, Boštjan, **SEKAVČNIK, Mihael**. Integral characteristics of hydrogen production in alkaline electrolyzers. Strojniški vestnik. Oct. 2013, vol. 59, no. 10, str. 585-594, si 116, ilustr. ISSN 0039-2480. DOI: [10.5545/sv-jme.201858](#). [COBISS.SI-ID [13158683](#)]
3. LOTRIČ, Andrej, **SEKAVČNIK, Mihael**, POHAR, Andrej, LIKOZAR, Blaž, HOČEVAR, Stanko. Conceptual design of a small portable heat integrated methanol steam reformer : high temperature pem fuel cell system. V: KITANOVSKI, Andrej (ur.), POREDOS, Alojz (ur.). ECOS 2016 : proceedings of the 29th International Conference on Efficiency, Cost, Optimisation, Simulation and Environmental Impact of Energy Systems, June 19. - 2 2016, Portorož, Slovenia. Ljubljana: Faculty of Mechanical Engineering, 2016. Datoteka p217_conceptual design of a small portable heat ... (14 f.), ilustr. ISBN 978-961-6980-15-9. [COBISS.SI-ID [14708507](#)]
4. SENEGAČNIK, Andrej, KUŠTRIN, Igor, **SEKAVČNIK, Mihael**. Wood syngas as co-fuel in industrial furnaces. Journal of trends in the development of machinery and associated technology. Jan. 2014, vol. 18, no. 1, f. 171-174, ilustr. ISSN 2303-4009. http://www.tmt.unze.ba/zbornik/TMT2014/TMT2014_063.pdf, <http://connection.ebscohost.com/c/articles/98919079/wood-syngas-as-co-fuel-industrial-furnaces>. [COBISS.SI-ID [13946395](#)]
5. DROBNIČ, Boštjan, **SEKAVČNIK, Mihael**. Eksperimentalna študija vodnih curkov za fontano. Ljubljana: Fakulteta za strojništvo, Laboratorij za termoeenergetiko, 2021. 22 f., ilustr. [COBISS.SI-ID [94486531](#)]