

## UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

<b>Predmet:</b>	Energetski stroji in naprave - PAP
<b>Course title:</b>	ENERGY MACHINES AND APPLIANCES - PAP
<b>Članica nosilka/UL Member:</b>	UL FS

Študijski programi in stopnja	Študijska smer	Letnik	Semestri
Strojništvo - projektno aplikativni program, prva stopnja, visokošolski strokovni	Mehatronika (smer)	2. letnik	2. semester
Strojništvo - projektno aplikativni program, prva stopnja, visokošolski strokovni	Energetsko strojništvo (smer)	2. letnik	2. semester
Strojništvo - projektno aplikativni program, prva stopnja, visokošolski strokovni	Procesno strojništvo (smer)	2. letnik	2. semester
Strojništvo - projektno aplikativni program, prva stopnja, visokošolski strokovni	Konstruiranje strojev in naprav (smer)	2. letnik	2. semester
Strojništvo - projektno aplikativni program, prva stopnja, visokošolski strokovni	Konstruiranje industrijskih sistemov (smer)	2. letnik	2. semester
Strojništvo - projektno aplikativni program, prva stopnja, visokošolski strokovni	Proizvodne tehnologije (smer)	2. letnik	2. semester
Strojništvo - projektno aplikativni program, prva stopnja, visokošolski strokovni	Industrijsko inženirstvo (smer)	2. letnik	2. semester

**Univerzitetna koda predmeta/University course code:** 0562718

**Koda učne enote na članici/UL Member course code:** 3021-V

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

**Nosilec predmeta/Lecturer:** Mihael Sekavčnik

**Vrsta predmeta/Course type:** Obvezni splošni predmet /Compulsory general course

**Jeziki/Languages:**

Predavanja/Lectures:	Slovenščina
Vaje/Tutorial:	Slovenščina

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

Izpolnjevanje pogojev za vpis v Visokošolski strokovni študijski program I. stopnje Strojništvo - Projektno	Meeting the enrollment conditions for the MECHANICAL ENGINEERING - Project Oriented Applied Programme.
---	--

## Vsebina:

1. 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:
  - Energijski in impulzni izrek, trenje v toku in tlačne izgube v pretočnih traktih stroja;
  - Krožni procesi (desni, levi);
  - Tehnično delo, mehanska moč, toplotna moč, termični izkoristek; efektivni izkoristek.
3. Volumenski ali izrivni stroji:
  - Značilnosti, delo, mehanska moč in izkoristek;
  - Batni stroji, rotacijski, posebni (ejektorski, elektromagnetni...);
  - Ročni mehanizem in vztrajnik.
4. Volumenske črpalke:
  - 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;
  - Izravnavanje pretočnih in tlačnih pulzacij; večvaljne izvedbe, vetrnik;
  - Dopustna sesalna višina.
5. Volumenski kompresorji:
  - Razdelitev, uporaba in značilnosti;
  - Tehnično delo kompresije;
  - Škodljivi volumen, dobavni volumen in prirastek temperature;
  - Večstopenjska kompresija: optimalno tlačno razmerje in število stopenj.
6. Motorji z notranjim zgorevanjem:
  - Razdelitev, uporaba in značilnosti;
  - Tehnično delo, mehanska moč in izkoristek;
  - Indicirani diagram in notranje izgube;
  - Tlačno polnjenje;
  - Izvedbe (Diesel, Otto, Sabathe, Wankel).
7. Turbinski ali pretočni stroji 1/2
  - Razdelitev, uporaba in značilnosti;
  - Stopnja reaktivnosti, trikotniki hitrosti, Eulerjeva turbinska enačba, notranji izkoristek;
  - Energijska karakteristika: teoretična in dejanska.
8. Turbinski ali pretočni stroji 2/2:
  - Energijske karakteristike v dimenzijski in brezdimenzijski obliki; hidravlično podobni turbinski stroji; prikaz na praktičnem primeru;

## Content (Syllabus outline):

1. 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
  - 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. Volumetric or reciprocating machines
  - Characteristics, technical work, mechanical power and efficiency
  - Piston engines, rotating, special-type volumetric machines (ejector, electromagnetic etc.)
  - Crank-shaft mechanism and flywheel
4. Volumetric pumps
  - 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, multi-cylinder applications, air chamber
  - Net suction head and cavitation
5. Volumetric compressors
  - Classification, use and characteristics
  - Technical work of compression
  - Clearance volume, effective swept volume and temperature increase
  - Multistage compression: optimal pressure ratio and number of stages
6. Internal combustion engines
  - 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)
7. Turbomachines 1/2
  - Classification, use and characteristics
  - Reactivity-rate, velocity triangles, Euler's turbine equation, internal efficiency
  - Energy characteristics: theoretical and real (effective)
8. Turbomachines 2/2

<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cordierjev diagram za delovne in pogonske pretočne stroje ter uporaba pri projektiranju sistemov;</li> <li>- Kavitacija; dopustna sesalna višina; primeri kavitacije na vodnih turbinah in turbinskih črpalkah.</li> </ul> <p>9. Turbinske črpalke:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tehnično delo, mehanska moč in izkoristek;</li> <li>- Energijske karakteristike in regulacija (radialne, diagonalne in aksialne črpalke);</li> <li>- Vzporedna in zaporedna vgradnja črpalk;</li> <li>- Večstopenjske črpalke.</li> </ul> <p>10. Turbinski kompresorji:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tehnično delo, mehanska moč in izkoristek;</li> <li>- Energijske karakteristike;</li> <li>- Večstopenjski turbinski kompresorji, prikaz področja uporabe;</li> <li>- Propelerji.</li> </ul> <p>11. Vodne turbine:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Značilnosti, razdelitev, tehnično delo, mehanska moč in izkoristek;</li> <li>- Področje uporabe in izvedbe: Pelton, Francis, Kaplan, cevne, Banki.</li> </ul> <p>12. Toplotni turbinski stroji:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Plinske turbine, tehnično delo, mehanska moč, izkoristek, plinski postroj, potisniki;</li> <li>- Parne turbine, tehnično delo, mehanska moč, izkoristek, enakotlačne in nadtlačne turbinske stopnje, parno postrojenje.</li> </ul> <p>13. Energetske naprave:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Značilnosti, razdelitev in pregled;</li> <li>- Prenos toplote: prekinjen – neprekinjen, direkten – indirektnen, sprememba agregatnega stanja, smer masnih tokov, značilne konstrukcijske lastnosti;</li> <li>- Toplotni tok – srednja logaritemska temperaturna razlika, izkoristek.</li> </ul> <p>14. Prenosniki toplote:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Uparjalniki, kondenzatorji, hladilni stolpi;</li> <li>- Kotli: razdelitev in uporaba, toplotna moč in izkoristek, toplotna obremenitev, čiščenje dimnih plinov in vlek dimnika.</li> </ul> <p>15. Elektrokemični pretvorniki energije:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Gorivne celice: delovanje, tipi in karakteristike;</li> <li>- Elektrolizerji: delovanje, tipi in karakteristike;</li> <li>- Baterije: delovanje, tipi in karakteristike.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Energy characteristics: dimesional and dimensionless type, hydraulically similar turbine machines, practical case demonstration</li> <li>- Cordier diagram for turbomachinery and its use in system designing</li> <li>- Cavitation; net suction head, demonstration of cavitation in water turbine and pump impellers and material erosion.</li> </ul> <p>9. Turbine pumps</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Technical work, mechanical power and efficiency</li> <li>- Energy characteristics and flow-rate regulation techniques (radial-, diagonal- and axial-turbine pumps)</li> <li>- Pumps in parallel or serial installations</li> <li>- Multistage turbine pumps</li> </ul> <p>10. Turbine compressors</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Technical work, mechanical power and efficiency</li> <li>- Energy characteristics and flow-rate regulation (radial-, diagonal- and axial turbine compressors)</li> <li>- Multistage turbine compressors</li> <li>- Propellers</li> </ul> <p>11. Water turbines</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- characteristics, classification, technical work, mechanical power and efficiency</li> <li>- use and types of water turbines: Pelton, Francis, Kaplan, Banki</li> </ul> <p>12. Thermal turbines</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Gas turbines, technical work, mechanical power, efficiency, gas turbine cycle, jet engine</li> <li>- Steam turbines, technical work, mechanical power, efficiency, impulse and reaction turbine stages, steam turbine cycle</li> </ul> <p>13. Energy appliances</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Characteristics, classification and overview</li> <li>- Heat transfer: discontinuous – continuous, direct-indirect, change of aggregate state, direction of mass flows, constrictions</li> <li>- Heat flow – logarithmic mean temperature difference, efficiency</li> </ul> <p>14. Heat exchangers</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Evaporators, condensers, cooling towers</li> <li>- Boilers: classification and use, heat flow and efficiency, thermal load, flue gas cleaning, flue gas draft</li> </ul> <p>15. Electrochemical energy converters</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fuel cells: operation, types and characteristics</li> <li>- Electrolysers; operation, types and characteristics</li> <li>- Batteries; operation, types and characteristics.</li> </ul>
---	---

#### 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
2. Kalide W., Siegloch H.: Energieumwandlung und Arbeitskraftmaschinen, Carl Hanser Verlag, 2019
3. Dick E. Fundamentals of Turbomachines, Springer, 2015

--

<b>Cilji in kompetence:</b>	<b>Objectives and competences:</b>
<p><b>Cilji:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Uporabiti temeljna znanja s področja fizike, termodinamike in dinamike za popis procesov energijskih pretvorb v energetskih strojih in napravah</li> <li>2. Na sistematični način spoznati fizikalne principe delovanja in sestavne dele energetskih strojev in naprav</li> <li>3. Razumeti matematični popis masnih in energijskih bilanc v energetskih strojih in napravah</li> <li>4. Spoznati energijske karakteristike energetskih strojev in naprav ter način izbire in obratovanja v širših enrgetskih sistemih</li> <li>5. Spoznati obratovalne značilnosti energetskih strojev in naprav ter najpomembnejše tehnološke zahteve</li> </ol> <p><b>Kompetence:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sposobnost povezovanja interdisciplinarnih znanj različnih področij strojništva (energijske pretvorbe, obratovanje in načrtovanje) (S1-PAP + S9-PAP + P1-PAP + P2-PAP)</li> <li>2. Sposobnost načrtovanja energetskih strojev in naprav glede na projektne zahteve (S1-PAP + S15-PAP + S9-PAP + P1-PAP + P3-PAP)</li> <li>3. Sposobnost vrednotenja ustreznosti tehničnih izvedb energetskih strojev in naprav ter njihove vgradnje v sisteme (S9-PAP + P3-PAP + P8-PAP)</li> </ol>	<p><b>Objectives:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Use of basic knowledge of physics, thermodynamics and dynamics for modelling of energy conversion processes in energy machines and appliances</li> <li>2. Systematical acquaintance with the physical principles and components of energy machines and appliances</li> <li>3. Understanding of mathematical modelling of mass- and energy balances in energy machines and appliances</li> <li>4. Acquaintance of energy characteristics of energy machines and appliances and the methods of selection and operation in broader energy systems</li> <li>5. Acquaintance of operating characteristics of energy machines and appliances and most characteristic technological restrictions</li> </ol> <p><b>Competences:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ability to integrate interdisciplinary knowledge of various areas of mechanical engineering (energy conversion, operation and design) (S1-PAP + S9-PAP + P1-PAP + P2-PAP)</li> <li>2. Ability of planning of energy machines and appliances according to project requirements (S1-PAP + S15-PAP + S9-PAP + P1-PAP + P3-PAP)</li> <li>3. Ability to evaluate the relevance of technical design of energy machines and appliances and their integration into energy systems (S9-PAP + P3-PAP + P8-PAP)</li> </ol>

<b>Predvideni študijski rezultati:</b>	<b>Intended learning outcomes:</b>
<p><b>Znanja:</b></p> <p>Z1: Poglobljeno strokovno teoretično in praktično znanje na določenem področju, podprto s širšo teoretično in metodološko osnovo.</p> <p><b>Spretnosti:</b></p> <p>S1.1 Izvajanje kompleksnih operativno-strokovnih opravil, ki vključujejo tudi uporabo metodoloških orodij.</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><b>Knowledge:</b></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><b>Skills:</b></p> <p>S1.1 Executing complex operationa-professional tasks that incorporate 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>

S1.4 Osnova za izvirna dognanja/ stvaritve in kritično refleksijo.	S1.4 Basis for unique innovations and critical reflections.
--	---

#### Metode poučevanja in učenja:

<p><b>Klasične oblike poučevanja:</b></p> <p>P1 Avditorna predavanja z reševanjem izbranih - za področje značilnih - teoretičnih in praktično uporabnih primerov.</p> <p>P3 Avditorne vaje, kjer se teoretično znanje s predavanj podkrepi z računskimi primeri.</p> <p>P4 Laboratorijske vaje z namenski didaktičnimi pripomočki (opišite katerimi- maks. dve vrstici na en pripomoček).</p> <p>P5 Uporaba študijskega gradiva v obliki namenskega univerzitetnega učbenika.</p> <p><b>Moderne in prožne oblike poučevanja:</b></p> <p>P6 Interaktivna predavanja</p> <p>P10 Uporaba anket v realnem času</p> <p>P12 Individualizirane domače naloge v spletni učilnici</p> <p>P14 Virtualni eksperimenti</p> <p>P15 Uporaba video vsebin kot priprava na predavanja in vaje</p>	<p><b>Learning and teaching methods:</b></p> <p><b>Conventional teaching methods:</b></p> <p>P1 Auditorial lectures with solving selected field-specific theoretical and applied use cases.</p> <p>P3 Auditorial exercises, in which theoretical content from the lectures is supplemented with practical examples.</p> <p>P4 Laboratory exercises with special-purpose didactic devices (description needs to be added, max. two lines per device).</p> <p>P5 Application of study material university textbook.</p> <p><b>Contemporary and flexible teaching methods:</b></p> <p>P6 Interactive lectures.</p> <p>P7 Literature study and discussion.</p> <p>P10 Application of questionnaires in real time.</p> <p>P12 Individualised homeworks in a web classroom</p> <p>P14 Virtual experiments.</p> <p>P15 Application of videos for preparations to the lectures and exercises.</p>
---	---

#### Načini ocenjevanja:

#### Delež/Weight

#### Assessment:

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

#### Reference nosilca/Lecturer's references:

Mihael Sekavčnik:

1. LOTRIČ, Andrej, STROPNIK, Rok, DROBNIČ, Boštjan, JURJEVČIČ, Boštjan, **SEKAVČNIK, Mihael**, MORI, Mitja. Assessment of critical materials and components in Fch technologies to improve Lcia in end of life strategy. V: KROPE, Jurij (ur.), et al. Environmental management and impact assessment : (conference proceedings). 10th International Conference on Sustainable Energy and Environmental Protection, (June 27th-30th, 2017, Bled, Slovenia). Maribor: University of Maribor Press: Faculty of Chemistry and Chemical Engineering, 2017. Str. [85]-97, ilustr. ISBN 978-961-286-053-0. <http://press.um.si/index.php/ump/catalog/view/244/206/431-1>. [COBISS.SI-ID 15550491]
2. LOTRIČ, Andrej, **SEKAVČNIK, Mihael**, POHAR, Andrej, LIKOZAR, Blaž, HOČEVAR, Stanko. Concept of an integrated thermally self-sustained methanol steam reformer : high-temperature PEM fuel cell stack manportable system. V: KROPE, Jurij (ur.), et al. Hydrogen and fuel cells : (conference proceedings). Maribor: University of Maribor Press: Faculty of Chemistry and Chemical Engineering, 2017. Str. [75]-86, ilustr. ISBN 978-961-286-054-7. <http://press.um.si/index.php/ump/catalog/view/245/207/432-1>. [COBISS.SI-ID 15551515]
3. PIRC, Andrej, DROBNIČ, Boštjan, MORI, Mitja, **SEKAVČNIK, Mihael**. Operating strategies of internal combustion

engine in self-sufficient energy supply. V: GOLOBIČ, Iztok (ur.), CIMERMAN, Franc (ur.). Development and implementation of enhanced technologies 2011 : proceedings of the 3rd AMES International Conference, Ljubljana, Slovenia, November 29th-30th, 2011. 1st ed. Ljubljana: Association of Mechanical Engineers of Slovenia - AMES, 2011. Str. 105-112. ISBN 978-961-91393-7-0. [COBISS.SI-ID [12103451](#)]

4. **SEKAVČNIK, Mihael**, MORI, Mitja, NOVAK, Lovrenc, SMREKAR, Jure, TUMA, Matija. Heat transfer evaluation method in complex rotating environments employing IR thermography and CFD. Experimental heat transfer. 2008, letn. 21, št. 2, str. 155-168. <http://dx.doi.org/10.1080/08916150701815770>. [COBISS.SI-ID [10427163](#)]
5. NOVAK, Lovrenc, MORI, Mitja, **SEKAVČNIK, Mihael**. Heat transfer study in rotating cascade using IR thermography and CFD analyses. Heat and mass transfer. 2008, vol. 44, no. 5, str. 559-567. ISSN 0947-7411. <http://dx.doi.org/10.1007/s00231-007-0269-0>. [COBISS.SI-ID [10122011](#)]