

UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

Predmet:	Energetski sistemi
Course title:	ENERGY CONVERSION SYSTEMS
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	1. semester

Univerzitetna koda predmeta/University course code:	0566852
Koda učne enote na članici/UL Member course code:	6003-M

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 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):**

<ol style="list-style-type: none"> Predavanja: Uvod: <ol style="list-style-type: none"> Energetika kot družbeno ekonomski podsistem; Energetski sistemi in širša (globalni, regionalni in lokalni) energetska omrežja; 	<ol style="list-style-type: none"> Introduction <ol style="list-style-type: none"> Energetics as socio-economy subsystem Energy conversion systems and wider (global, regional and local) energy grids Energy system between energy sources and
--	--

<ol style="list-style-type: none"> 3. Energetski sistemi med primarnimi viri energije in porabniki – odjemalci; 4. Obseg potreb po energijskih tokovih v številkah. 2. Predavanje: Energetski sistemi in sektorska sklopitev: <ol style="list-style-type: none"> 1. Povezovanje sektorjev energetike, transporta, kemijske in procesne industrije; 2. Optimizacija energetske infrastrukture; 3. Stroškovna analiza; 4. Primeri dobrih praks z izračunanimi cenilkami. 3. Predavanje: Desni krožni procesi v realnih sistemih: <ol style="list-style-type: none"> 1. Izračun realnih krožnih procesov; 2. Carnotizacija krožnih procesov, srednja temperature dovoda in odvoda toplote, termični izkoristek; 3. Optimizacija. 4. Predavanje: Klasične tremoelektrarne: <ol style="list-style-type: none"> 1. Parni krožni process; 2. Tehnološka shema, masne in energijske bilance posameznih strojev in naprav; 3. Kemična priprava vode in razplinjanje; 4. Okoljski vidiki. 5. Predavanje: Parni krožni procesi z organsko delovno snovjo: <ol style="list-style-type: none"> 1. Primerjava med vodo in ogljikovodiki kot delovno snovjo; 2. Nizkotemperaturni viri toplote; 3. Tehnološka shema, masne in energijske bilance posameznih strojev in naprav; 4. Okoljski vidiki. 6. Predavanje: Jedrske elektrarne: <ol style="list-style-type: none"> 1. Jedrske reakcije, radioaktivni izotopi, radioaktivni razpad - sevanja, razpolovna doba, kritična masa; 2. Jedrsko gorivo in tehnologija izdelave gorivnih elementov; 3. Osnove delovanja termičnih reaktorjev in kontrola kritičnosti; 4. Zaustavitev jedrske reakcije in odvod zaostale toplote; 5. Tipi termičnih jedrskih reaktorjev; 6. Tehnološke sheme, masne in energijske bilance posameznih strojev in naprav, primerjava s klasičnimi termoelektrarnami; 7. Osnove jedrske varnosti; 8. Jedrski odpadki in okoljski vidiki. 7. Predavanje: Plinske elektrarne: <ol style="list-style-type: none"> 1. Plinski krožni proces, delovni mediji (zrak, dimni plini, helij); 2. Tehnološke sheme, masne in energijske bilance posameznih strojev in naprav, 	<ol style="list-style-type: none"> energy consumers 4. Energy flow demand volume in numbers 2. Energy systems and sector coupling <ol style="list-style-type: none"> 1. Interconnection of sectors: energy supply, transport, chemical and process industry 2. Optimisation of energy infrastructure 3. Cost analysis 4. Examples of good practise with calculation of indicators 3. Right thermodynamic cycles in real systems <ol style="list-style-type: none"> 1. Calculation of mass and heat balances in real thermodynamic cycles 2. Carnotization of real thermodynamic cycles, mean temperature of heat inupt/output, thermal efficiency 3. Thermodynamic optimization 4. Conventional thermal powerplants <ol style="list-style-type: none"> 1. Steam turbine power plant 2. Plant diagram, mass and energy balances of system elements (machines and appliances) 3. Chemical treatment of system water and degasification 4. Environmental issues 5. Organic Rankine Cycles <ol style="list-style-type: none"> 1. Comparison of water and hydrofluorocarbons (HFCs) as working fluid 2. Low-temperature heat sources 3. ORC plant diagrams, mass and energy balances of system elements (machines and appliances) 4. Environmental issues 6. Nuclear power plants <ol style="list-style-type: none"> 1. Nuclear reactions, radio-isotopes, radioactive decay – radiation, half-life, critical mass 2. Nuclear fuel and production technology of fuel elements 3. Basics of operation of thermal nuclear reactors and reactor criticality control 4. Shutdown of nuclear reactor and decay heat removal 5. Types of nuclear reactors 6. Plant diagrams, mass and energy balances of system elements (machines and appliances), comparison with conventional fosil-fuel power plants. 7. Basics of nuclear safety 8. Nuclear waste and environmenta issues 7. Gas turbine power plants <ol style="list-style-type: none"> 1. Gas turbine cycle, working fluid (air, flue gases, helium etc.) 2. Plant diagrams, mass and energy balances of system elements (machines and appliances) comparison with steam turbine power plants
---	--

<p>primerjava s klasičnimi termoelektrarnami;</p> <ol style="list-style-type: none"> 3. Termodinamska optimizacija plinskega krožnega procesa; 4. Hlajenje termično najbolj obremenjenih delov postroja; 5. Glavni sestavni deli. <p>8. Predavanje: Kombinirani krožni procesi:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Temperaturni nivoji dovoda in odvoda toplote v posameznih krožnih procesih; 2. Plinsko-parni krožni proces; 3. Plinski krožni proces z uparjalnikom vode; 4. Parno-plinski krožni proces; 5. Utilizator, eno- in večtlačni; 6. Tehnološke sheme, masne in energijske bilance posameznih strojev in naprav; 7. Okoljski vidiki. <p>9. Predavanje: Sistemi hidroelektrarne:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Hidrologija rečnih sistemov, diagrami pretokov in izračun projektnih podatkov za dimenzioniranje posameznih komponent energetskega sistema; 2. Pretočne, zajezne in črpalnoakumulacijske elektrarne; 3. Vodne elektrarne v verigi; 4. Okoljski vidiki. <p>10. Predavanje: Vključevanje razpršenih virov energije v energetske sistem - sončne elektrarne v energetske omrežju:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Zajem podatkov za dimenzioniranje komponent sistema, izbira tehnološke rešitve; 2. Tehnološke sheme, masne in energijske bilance posameznih strojev in naprav; 3. Okoljski vidiki. <p>11. Predavanje: Vključevanje razpršenih virov energije v energetske sistem - vetrne elektrarne v energetske sistemu:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Pridobivanje podatkov o meteoroloških pogojih, izbira tehnološke rešitve; 2. Diagrami energijskih tokov posameznih generatorjev in polja vetrnih elektrarn; 3. Periferna infrastruktura; 4. Okoljski vidiki; 5. Sistemi za izrabo energije morja: notranja energija, morski tokovi, biobivalve, valovanje gladine; 6. Energija biomase; 7. Jedrska fuzija. <p>12. Predavanje: Sočasna proizvodnja toplote in električne energije:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Termodinamične zakonitosti: energijska in eksergijska bilanca toplotne, toplotniško število, gredno število, toplotniški in elektrarniški izkoristek, prihranek primarne 	<ol style="list-style-type: none"> 3. Thermodynamic optimisation of gas turbine cycle 4. Cooling of thermally loaded parts of gas turbine 5. Components of gas turbine <p>8. Combined gas and steam turbine power plants</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Temperature levels of heat input and output of different thermodynamic cycles 2. Gas cycle with heat recovery steam generator (HRSG) 3. Gas and steam turbine cycle 4. Single- and multi pressure HRSG 5. Plant diagrams, mass and energy balances of system elements (machines and appliances) 6. Environmental issues <p>9. Hydro power plants</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Hydrology of river systems, diagram of flow-rate and calculation of design data for component sizing of energy system 2. Flow-, dam and pumped storage hydro power plant 3. Hydro power plant in a chain of power plants 4. Environmental issues <p>10. Integration of distributed energy sources into energy system – solar power plants in energy system</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Data acquisition for planning, designing and determining of system layout and component characteristics 2. Plant diagram, mass and energy balances of system elements (machines and appliances) 3. Environmental issues <p>11. Integration of distributed energy sources into energy system – wind turbines in energy system</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Data acquisition of meteorological condition and determining of technological solution 2. Energy flow diagrams for individual power generators and whole field of windmills 3. Peripheral infrastructure 4. Environmental issues 5. Energy conversion systems for use of ocean energy: internal calorific energy, ocean streams, tidal energy, wave energy 6. Energy of biomass 7. Nuclear fusion <p>12. Combined heat and power production (CHP)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Thermodynamic laws: energy and exergy balance of CHP plant, Heat-to-Power ratio, heating ratio, CHP- and power-plant-efficiency, savings of primary fuel 2. Comparison of CHP with separate heat production (SHP) 3. Additional infrastructure needed 4. Time- and energy related availability and
---	---

<p>energije;</p> <ol style="list-style-type: none"> 2. Primerjava z ločeno proizvodnjo toplote in električne moči; 3. Potrebna infrastruktura; 4. Časovna, energijska razpoložljivost in stroškovna učinkovitost; 5. Tehnologije SPTE: motorji z notranjim zgorevanjem, plinske in kombinirane elektrarne, parne turbine, mikro turbine, gorivne celice. <p>13. Predavanje: Vodikove tehnologije:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Tehnologije pridobivanja vodika: elektroliza, parni reforming $CxHy$, termoliza, stranski kemijski procesi; 2. Tehnologije shranjevanja in transporta vodika; 3. Uporaba v gorivnih celicah. <p>14. Predavanje: Sistemi za shranjevanje energije, tehnologije 'shranjevanja' mehanskega dela:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Vztrajniki; 2. Črpalno-akumulacijske vodne elektrarne; 3. Črpalno-akumulacijske plinske elektrarne; 4. Elektrokemični hranilniki energije. <p>15. Predavanje: Virtualne elektrarne in pametna energetska omrežja:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Izravnava energijskih tokov; 2. Sistem trgovanja z energijskimi tokovi; 3. Aktivni odjemalci; 4. Prodjemalci (prosumerji). 	<p>cost efficiency</p> <ol style="list-style-type: none"> 5. CHP technologies: internal combustion engines, gas and combined power plants, steam turbine plants, micro turbine plants, fuel cell systems <p>13. Hydrogen technologies</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Technologies of hydrogen production: electrolysis, steam reforming of $CxHy$, thermolysis, chemical processes by-products 2. Hydrogen storage and transport 3. Use of hydrogen in fuel cells <p>14. Energy storage systems</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Technologies for 'storage' of mechanical (electrical) work: fly-wheels, hydro pumped power plants, compressed air energy storage, electrochemical energy storage <p>15. Virtual power plants and smart grids</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Energy flow balancing 2. Energy flow trading 3. Demand side management 4. Prosumers
--	---

Temeljna literatura in viri/Readings:

1. Tuma M., Sekavčnik M.: Energetski sistemi, preskrba z električno energijo in toploto, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, 2004
2. Strauß K.: Kraftwerkstechnik, zur Nutzung fossiler, nuklearer und regenerativer Energiequellen, Springer, 2009
3. Kopanos G.M., Liu P., Georgiadis M.C.: Advances in Energy Systems Engineering, Springer, 2017

Cilji in kompetence:

Objectives and competences:

<p>Cilji:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Uporabiti in povezati temeljna in uporabna znanja s področja energetike za popis energijskih in masnih tokov v kompleksnih energetskih sistemih 2. Izvajanje metod za termodinamsko optimizacijo toplotnih krožnih procesov in analiza nepovračljivosti v verigi energijskih pretvorb. 3. Uporabiti in razvijati nova znanja za načrtovanje ustreznih/vzdržnih tehnoloških rešitev pri sodobni oskrbi z električno energijo in toploto 	<p>Objectives:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Use and integration of basic and applied energy knowledge to model energy and mass flows in complex energy systems 2. Implementation of methods for thermodynamic optimization of thermodynamic cycles and analysis of system irreversibilities within the energy conversion chain. 3. Use and development of new knowledge to design appropriate/sustainable technological solutions for modern power and heat supply
---	--

<p>4. Ovrednotiti širše vidike transformacije energetske oskrbe.</p> <p>Kompetence:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Sposobnost povezovanja interdisciplinarnih znanj različnih področij strojništva (energijske pretvorbe, infrastruktura, okoljske presoje...)(S1-MAG + S7-MAG + S10-MAG + P1-MAG + P2-MAG + P3-MAG) 2. Sposobnost načrtovanja in celostne presoje energetskih sistemov za oskrbo z električno energijo in toploto (S7-MAG + S10-MAG + P2-MAG + P4-MAG) 3. Sposobnost modeliranja in celostnega vrednotenja sodobnih energetskih rešitev, ki temeljijo na izrabi razpršenih OVE in pametnih omrežjih (S1-MAG + S7-MAG + S9-MAG S10-MAG + P1-MAG + P2-MAG + P3-MAG + P6-MAG + P7-MAG) 	<p>4. Evaluation of broader aspects of energy supply transformation.</p> <p>Competences:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Ability to integrate interdisciplinary knowledge of various fields of mechanical engineering (energy conversion, infrastructure, environmental assessment ...) (S1-MAG + S7-MAG + S10-MAG + P1-MAG + P2-MAG + P3-MAG) 2. Ability to design and holistically evaluate energy conversion systems for power and heat supply (S7-MAG + S10-MAG + P2-MAG + P4-MAG) 3. Ability to model and holistically evaluate modern energy solutions based on the use of distributed RES and smart grids (S1-MAG + S7-MAG + S9-MAG S10-MAG + P1-MAG + P2-MAG + P3-MAG + P6-MAG + P7-MAG)
--	---

Predvideni študijski rezultati:

<p>Znanja:</p> <p>Z2: Poglobljeno teoretično, metodološko in analitično znanje z elementi raziskovanja, ki je osnova za zelo zahtevno strokovno delo.</p> <p>Spretnosti:</p> <p>S2.1 Obvladovanje zelo zahtevnih, kompleksnih delovnih procesov in metodoloških orodij na specializiranih področjih.</p> <p>S2.2 Načrtovanje in vodenje delovnega procesa na podlagi ustvarjalnega reševanja problemov, povezanih s področjem izobraževanja in usposabljanja.</p> <p>S2.3 Sposobnost izvirnih dognanj/stvaritev in kritične refleksije.</p>	<p>Knowledge:</p> <p>Z2: Thorough theoretical, methodological and analytical knowledge with elements of a research work that form a basis for very demanding professional work</p> <p>Skills:</p> <p>S2.1 Mastering very demanding and complex work processes and methodological tools in specialised professional fields.</p> <p>S2.2 Planning and managing of the working process on the basis of creative solving of problems that are linked to the teaching and training content.</p> <p>S2.3 Ability of unique innovations and critical reflections.</p>
---	--

Metode poučevanja in učenja:

<p>Klasične oblike poučevanja:</p> <p>P1 Avditorna predavanja z reševanjem izbranih - za področje značilnih - teoretičnih in praktično uporabnih primerov.</p> <p>P2 Obravnava snovi po urejeni in vnaprej razloženi sistematiki.</p> <p>P3 Avditorne vaje, kjer se teoretično znanje s predavanj podkrepi z računskimi primeri.</p>	<p>Conventional teaching methods:</p> <p>P1 Auditorial lectures with solving selected field-specific theoretical and applied use cases.</p> <p>P2 Presenting the content according to the explained system.</p> <p>P3 Auditorial exercises, in which theoretical content from the lectures is supplemented with practical examples.</p>
---	--

Learning and teaching methods:

<p>P4 Laboratorijske vaje z namenskimi didaktičnimi pripomočki: namenski programski paketi za modeliranje in simulacije energetskih sistemov.</p> <p>P5 Uporaba študijskega gradiva v obliki univerzitetnega učbenika, tiskane in e- verzija predstavitve predavanj.</p> <p>Moderne in prožne oblike poučevanja:</p> <p>P7 Študij literature in razprava</p> <p>P8 Izdelava in predstavitev aplikativnih seminarskih nalog</p> <p>P9 Skupinsko delo: strukturirana diskusija, projektno delo.</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>P4 Laboratory exercises with special-purpose didactic devices: use of dedicated software for modelling and simulation of energy systems.</p> <p>P5 Application of study material university textbook, printed and e-version of lecture presentations.</p> <p>Contemporary and flexible teaching methods:</p> <p>P7 Literature study and discussion.</p> <p>P8 Making and presenting applied seminar exercises.</p> <p>P9 Team work: structured discussion, project work.</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. LACKO, Rok, DROBNIČ, Boštjan, SEKAVČNIK, Mihael, MORI, Mitja. Hydrogen energy system with renewables for isolated households : The optimal system design, numerical analysis and experimental evaluation. Energy and buildings. [Print ed.]. Sep. 2014, vol. 80, str. 106-113, ilustr. ISSN 0378-7788. DOI: [10.1016/j.enbuild.2014.04.009](https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.04.009). [COBISS.SI-ID [13429787](#)]
2. LACKO, Rok, DROBNIČ, Boštjan, MORI, Mitja, SEKAVČNIK, Mihael, VIDMAR, Marjan. Stand-alone renewable combined heat and power system with hydrogen technologies for household application. Energy. [Print ed.]. Dec. 2014, vol. 77, str. 164-170, ilustr. ISSN 0360-5442. DOI: [10.1016/j.energy.2014.05.110](https://doi.org/10.1016/j.energy.2014.05.110). [COBISS.SI-ID [13637147](#)]
3. LOTRIČ, Andrej, SEKAVČNIK, Mihael, HOČEVAR, Stanko. Effectiveness of heat-integrated methanol steam reformer and polymer electrolyte membrane fuel cell stack systems for portable applications. Journal of power sources. Dec. 2014, vol. 270, str. 166-182, ilustr. ISSN 0378-7753. DOI: [10.1016/j.jpowsour.2014.07.072](https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2014.07.072). [COBISS.SI-ID [13635611](#)]
4. DROBNIČ, Boštjan, PIRC, Andrej, MORI, Mitja, SEKAVČNIK, Mihael. A novel approach to the regulation of a self-sufficient energy system using a system-state matrix. International journal of electrical power & energy systems. [Print ed.]. Dec. 2013, vol. 53, str. 893-899, ilustr. ISSN 0142-0615. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijepes.2013.06.010>. [COBISS.SI-ID [12988187](#)]
5. LOTRIČ, Andrej, SEKAVČNIK, Mihael, KUNZE, Christian, SPLIETHOFF, Hartmut. Simulation of water-gas shift membrane reactor for integrated gasification combined cycle plant with CO2 capture. Strojniški vestnik. dec. 2011, vol. 57, no. 12, str. 911-926, ilustr. ISSN 0039-2480. http://en.sv-jme.eu/data/upload/2011/12/07_2011_100_Lotric_05.pdf, DOI: [10.5545/sv-jme.2011.100](https://doi.org/10.5545/sv-jme.2011.100). [COBISS.SI-ID [12162587](#)]

