

KEMIČNI NOSILCI ENERGIJE

UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

Predmet:	Kemični nosilci energije
Course title:	Chemical Energy Carriers
Članica nosilka/UL Member:	UL FS

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

Univerzitetna koda predmeta/University course code:	0566858
Koda učne enote na članici/UL Member course code:	6006-M

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			65	5

Nosilec predmeta/Lecturer:	izr. prof. dr. Mitja Mori, Tine Seljak
-----------------------------------	--

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

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: Temeljne fizikalno kemične značilnosti goriv:	1. Lecture: Basic physical-chemical characteristics of fuels:

• termična stabilnost/razpad goriva, temperatura samovžiga, plamenišče, kurilnost, viskoznost, površinska napetost, krivulje uparjanja, osnovna reaktivnost; • ugotavljanje fizikalno kemičnih značilnosti goriv. 2. Predavanje: Energija kemičnih reakcij: • tipi in struktura kemičnih nosilcev energije; • kemijski potencial; • termodinamika kemijskih reakcij. 3. Predavanje: Trdna goriva: • trdna goriva – les, šota, premog; • kemija premoga; • zaloge, pridobivanje, lastnosti, skladiščenje. 4. Predavanje: Priprava trdnih goriv za zgorevanje: • mletje, sušenje; • priprava lesa; • naprave za zgorevanje in vplivni parametri tvorbe onesnažil. 5. Predavanje: Kapljevita goriva: • nafta, pridobivanje, zaloge; • rafinacija, lastnosti, aditivi; • skladiščenje. 6. Predavanje: Priprava kapljevityh goriv za zgorevanje: • razprševanje, uplinjanje; • naprave za zgorevanje in vplivni parametri tvorbe onesnažil. 7. Predavanje: Plinasta goriva: • zemeljski plin; • zaloge, pridobivanje, lastnosti. 8. Predavanje: Raba plinastih goriv: • ukapljevanje, uparjanje; • transport plina, transport ukapljenega plina; • naprave za zgorevanje in vplivni parametri tvorbe onesnažil. 9. Predavanje: Sekundarna goriva iz odpadkov: • postopki pridobivanja sekundarnih goriv iz odpadne embalaže; • industrijski odpadki; • komunalni odpadki; 10. Predavanje: Biogoriva: • biogoriva 1. generacije; • biogoriva 2. generacije; • biogoriva 3. generacije; • biogoriva 4. generacije. 11. Predavanje: Integracija biogoriv in sekundarnih goriv z fosilnimi gorivi: • uporaba biogoriv in vplivni parametri tvorbe o onesnažil; • kombinirana uporaba sekundarnih in fosilnih goriv; • širši okoljski vidik pridobivanja in uporabe biogoriv in sekundarnih goriv. 12. Predavanje: Napredni postopki pridobivanja in predelave goriv: • hidravlično lomljenje; • uplinjanje trdnih goriv;	• thermal stability/decomposition of fuel, auto-ignition temperature, flash point, calorific value, viscosity, surface tension, evaporation curves, basic reactivity; • physical and chemical characteristics of fuels. 2. Lecture: Energy of chemical reactions: • - types and structure of chemical energy carriers; • - chemical potential; • - thermodynamics of reactions. 3. Lecture: Solid fuels: • solid fuels - wood, peat, coal; • coal chemistry; • stocks, acquisition, properties, storage. 4. Lecture: Preparation of solid fuels for combustion: • grinding, drying; • preparation of wood; • combustion methods and the influence parameters of pollutant formation. 5. Lecture: Liquid fuels: • oil, extraction, reserves; • refining, properties, additives; • storing. 6. Lecture: Preparation of liquid fuels for combustion: • scattering, gasification; • combustion methods and the influence parameters of pollutant formation. 7. Lecture: Gaseous fuels: • natural gas; • reserves, acquisition, properties. 8. Lecture: Use of gaseous fuels: • liquefaction, evaporation; • gas transport, transport of liquefied gas; • combustion methods and the influence parameters of pollutant formation. 9. Lecture: Secondary fuels from waste: • procedures for obtaining secondary fuels from packaging waste; • industrial waste; • municipal wastes; 10. Lecture: Biofuels: • 1st generation biofuels; • 2nd generation biofuels; • 3rd generation biofuels; • 4th generation biofuels. 11. Lecture: Integration of biofuels and secondary fuels with fossil fuels: • use of biofuels and pollutant formation parameters; • combined use of secondary and fossil fuels; • wider environmental aspect of the production and use of biofuels and secondary fuels. 12. Lecture: Advanced Fuel Production and Processing Procedures: • hydraulic fracturing; • gasification of solid fuels; • wood liquefaction; • recovery of plastic waste. 13. Lecture: Synthetic fuels:
---	---

• ukapljevanje lesa; • predelava plastičnih odpadkov.	• classification of processes; • indirect, direct conversion • economics of processes; • environmental parameters, combustion emissions of synthetic fuels.
13. Predavanje: Sintetična goriva: • klasifikacija procesov; • posredna, neposredna konverzija; • ekonomika procesov; • okoljski parametri, emisije pri zgorevanju sintetičnih goriv.	14. Lecture: System heat storage: • reversible chemical reactions; • thermochemical storage tanks; • sensible and latent storage; • environmental parameters of the use of system storage tanks.
14. Predavanje: Sistemski hranilniki toplote: • reverzibilne kemične reakcije; • termokemični hranilniki; • senzibilni in latentni hranilniki; • okoljski parametri uporabe sistemskih hranilnikov.	15 Lecture: Integration of storage tanks into energy systems: • time and power characteristics of system storage tanks; • flexibility of the system; • integration and combination of storage tanks.
15. Predavanje: Integracija hranilnikov v energetske sisteme: • časovne in močnostne karakteristike sistemskih hranilnikov; • prožnost sistema; • integracija in kombinacija hranilnikov.	

Temeljna literatura in viri/Readings:

1. A.H. Lefebvre, D.R. Ballal, Gas turbine combustion : alternative fuels and emissions, 3rd ed. CRC press, 2010, ISBN - 978-1-4200-8604-1, [COBISS.SI-ID [11708699](#)]
2. K. Schofield, Combustion emissions : formation, reaction, and removal of trace metals in combustion products, Academic Press, 2020, ISBN - 978-0-12-819126-2, [COBISS.SI-ID [147985923](#)]
3. R. Pavletič, Zgorevanje : teoretične osnove, goriva, inženirska uporaba, Fakulteta za strojništvo, 1996, ISBN - 86-7217-126-8, [COBISS.SI-ID [1426459](#)]
4. K.M. Bryden, et.al. Combustion engineering, 3rd ed., CRC Press, 2022, ISBN - 978-1-138-06538-3; 978-1-032-24688-8; 978-1-315-15972-0, [COBISS.SI-ID [147336451](#)]
5. D.A. Tillman, N.S. Harding, Fuels of opportunity : characteristics and uses in combustion systems, Elsevier, 2004, ISBN - 0-08-044162-9, [COBISS.SI-ID [26042373](#)]
6. J. Warnatz, U. Mass, R.W. Dibble, Combustion : physical and chemical fundamentals, modeling and simulation, experiments, pollutant formation, 3rd ed., Springer, 2001, ISBN - 3-540-67751-8, [COBISS.SI-ID [23305989](#)]

Cilji in kompetence:

- Cilji:
1. Spoznati osnovne fizikalno kemijske lastnosti kemičnih nosilcev energije.
 2. Spoznati pridobivanje in pripravo fosilnih goriv za uporabo.
 3. Spoznati obnovljiva biogoriva, njihov razpoložljivi potencial in interakcijo s pridelavo hrane.
 4. Spoznati postopke pridobivanja sekundarnih goriv iz odpadnih snovi.
 5. Razumeti principe skladiščenja energije – energijske pretvorbe med prehodnimi oblikami energije in nakopičenimi energijami – kemični, elektrokemični in termični princip skladiščenja.
 6. Razumeti principe načrtovanja in vključevanja hranilnikov energije v energetske sisteme.
- Kompetence:
1. S1-MAG, P2-MAG: Sposobnost razumevanja interakcije relevantnih snovnih lastnosti

Objectives and competences:

- Objectives:
1. To know the basic physical and chemical properties of chemical energy carriers.
 2. To know the production and preparation of fossil fuels for use.
 3. To learn about renewable biofuels, their available potential and their interaction with food production.
 4. Know the procedures for extracting secondary fuels from waste materials.
 5. Understand the principles of energy storage - energy conversion between transient energy forms and stored energy - chemical, electrochemical and thermal storage principles.
 6. Understand the principles of designing and integrating energy storage systems into energy systems.
- Competences:
1. S1-MAG, P2-MAG: Ability to understand the interaction of the relevant properties of a chemical carrier to its preparation and use.

kemičnega nosilca na njegovo pripravo in uporabo. 2. S3-MAG: Sposobnost nadaljevanja lastnega poklicnega razvoja z refleksijo lastnega dela pri uporabi kurilnih naprav in procesov zgorevanja v praksi. 3. S8-MAG: Sposobnost kritične presoje verig energijskih pretvorb in vplivov na okolje pri pripravi alternativnih goriv iz biomase, odpadkov in uporabi sistemskih hranilnikov energije. 4. P4-MAG: Sposobnost načrtovanja in modeliranja na področju hranilnikov viškov energije iz obnovljivih virov energije.	2. S3-MAG: Ability to continue own professional development by reflecting own work in the field of furnaces and other combustion processes in practice. 3. S8-MAG: Ability to critically evaluate energy conversion chains and environmental impacts in the preparation of alternative biomass fuels, waste and the use of large-system energy storage facilities. 4. P4-MAG: Ability to design and to model the energy storage tanks for surplus renewable energies.
---	--

Predvideni študijski rezultati:

Znanja: Z2: Osvojijo znanje o sestavi, pridobivanju in namembnosti nosilcev kemične notranje energije – goriv in značilnostih njihove priprave za uporabo. Osvojijo znanje o obnovljivih biogorivih, sintetičnih gorivih, izrabi odpadnih snovi in hranilnikih viškov energije iz obnovljivih virov energije. Spretnosti: S2.1: Sposobnost vrednotenja posameznega nosilca energije z ozirom uporabnosti za pridobivanje energije v povezavi z neželenimi emisijami v okolje. S2.2: Samostojna uporaba pridobljenega znanja pri snovanju in analizi sistemov pri prehodu na okolju prijaznejše nadomestne gorivo. S2.3: Sposobnost snovanja in vključevanja hranilnikov viškov obnovljive energije v energetske sisteme. S2.8: Sposobnost kritične presoje vključevanja in učinkovitosti pretvorb pri skladiščenju in sproščanju viškov energije z raznimi energijskimi sistemi.

Intended learning outcomes:

Knowledge: Z2: They acquire knowledge of the composition, generation and usage of chemical energy carriers - fuels and the characteristics of their preparation for use. They acquire knowledge of renewable biofuels, synthetic fuels, waste materials and surplus energy storage from renewable energy sources. Skills: S2.1: Ability to evaluate an individual energy carrier with respect to its usefulness for generating energy in relation to unwanted emissions into the environment. S2.2: Independent use of acquired knowledge in the design and analysis of systems in the transition to more environmentally friendly alternative fuels. S2.3: Ability to design and integrate renewable energy storage tanks into energy systems. S2.8: Ability to critically evaluate the integration and efficiency of conversions in the storage and release of excess energy through various energy systems.

Metode poučevanja in učenja:

P1: Avditorna predavanja z reševanjem izbranih – primerov za področje značilnih - teoretičnih in praktično uporabnih primerov. P2: Obravnava snovi po urejeni in vnaprej razloženi sistematiki. P3: Avditorne vaje, kjer se teoretično znanje s predavanj podkrepi z računskimi primeri. P4: Laboratorijske vaje – pridelava biodizelskega goriva, suha destilacija lesa, plastike. P5: Uporaba študijskega gradiva v obliki (e-verzija predstavitev predavanj). P8: Izdelava in predstavitve aplikativnih seminarskih nalog. P10: Uporaba anket v realnem času. P14: Virtualni eksperimenti. P15: Uporaba video vsebin kot priprava na predavanja in vaje.
--

Learning and teaching methods:

P1: Classroom lectures by solving selected - case studies for typical - theoretical and practical examples. P2: Treatment of the subject according to an orderly and pre-interpreted systematics. P3: Tutorials where theoretical knowledge of lectures is supported by computational examples. P4: Laboratory work - biodiesel production, dry distillation of wood, plastics. 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 tutorials.
--

Načini ocenjevanja:	Delež/Weight	Assessment:
Teoretične vsebine (predavanja)	50,00 %	Theory (lectures)
Teoretične vsebine in računski primeri (vaje)	50,00 %	Theory and examples (coursework)

Ocenjevalna lestvica:	Grading system:
5 - 10, pri čemer velja, da je pozitivna ocena od 6 - 10	5 - 10, a student passes the exam if he is graded from 6 to 10

Reference nosilca/Lecturer's references:

Mitja Mori:

- GRAMC, Jure, STROPNIK, Rok, HOJKAR, Domen, SEKAVČNIK, Mihael, IRIBARREN, Diego, DUFOUR, Javier, **MORI, Mitja**. Ecodesign as a key concept for improving the life cycle environmental performance of proton-exchange membrane fuel cells. International journal of hydrogen energy. [Online ed.]. 2025, vol. 104, str. 1-12, ilustr. ISSN 1879-3487.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360319924031690>, Repozitorij Univerze v Ljubljani – RUL, DOI: 10.1016/j.ijhydene.2024.08.020. [COBISS.SI-ID [204036867](#)]
 - STROPNIK, Rok, MLAKAR, Nejc, LOTRIČ, Andrej, SEKAVČNIK, Mihael, **MORI, Mitja**. The influence of degradation effects in proton exchange membrane fuel cells on life cycle assessment modelling and environmental impact indicators. International journal of hydrogen energy. [Print ed.]. 2022, vol. 47, iss. 57, str. 24223-24241, ilustr. ISSN 0360-3199.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360319922014768>, Repozitorij Univerze v Ljubljani – RUL, DOI: 10.1016/j.ijhydene.2022.04.011. [COBISS.SI-ID [105811203](#)]
 - FÉRRIZ, Ana María, BERNAD, Alfonso, **MORI, Mitja**, FIOROT, Sabina. End-of-life of fuel cell and hydrogen products : a state of the art. International journal of hydrogen energy. [Print ed.]. 2019, vol. 44, iss. 25, str. 12872-12879, ilustr. ISSN 0360-3199.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360319918330969?via%3Dihub#!>, Repozitorij Univerze v Ljubljani – RUL, DOI: 10.1016/j.ijhydene.2018.09.176. [COBISS.SI-ID [16334875](#)]
 - TODOROVSKI, Emilija, SEKAVČNIK, Mihael, **MORI, Mitja**, LOTRIČ, Andrej. Design and testing of a water-methanol evaporator for integration in a methanol steam reforming-high temperature proton exchange membrane fuel cell system. V: IYCE'24 : 9th International Youth Conference on Energy, 2nd – 6th July 2024, Colmar, France. [Colmar: IEEE, 2024]. Str. 1-6, ilustr.
<https://ieeexplore.ieee.org/document/10634941>, DOI: 10.1109/IYCE60333.2024.10634941. [COBISS.SI-ID [207905283](#)]
- LOTRIČ, Andrej, TODOROVSKI, Emilija, MLAKAR, Nejc, **MORI, Mitja**, SEKAVČNIK, Mihael, ARAYA, Samuel Simon, VANG, Jakob Rabjerg, ANDREASEN, Søren Juhl. Simple start-stop testing protocol for degradation analysis of high temperature proton exchange membrane fuel cells. V: GOLOBIČ, Iztok (ur.). Akademija strojništva 2022 : inženirstvo - inovativne rešitve za trajnostni razvoj in samooskrbo, Ljubljana, 23. november 2022 : [11. mednarodna konferenca]. Ljubljana: Zveza strojnih inženirjev Slovenije - ZSIS, 2022. Letn. 11, št. 3/6, str. 100-101, ilustr. Svet strojništva, letn. 11, št. 3/6. ISSN 1855-6493.
<https://www.zveza-zsis.si/2022/11/22/svet-strojništva-akademija-strojništva-2022/>. [COBISS.SI-ID [133523459](#)]

Tine Seljak:

- ŽVAR BAŠKOVIČ, Urban, KATRAŠNIK, Tomaž, FAUSSONE, Gian Claudio, GRILC, Miha, **SELJAK, Tine**. Ultra-low emission power generation utilizing chemically stabilized waste plastics pyrolysis oil in RCCI combustion concept. Journal of environmental management. Oct. 2023, vol. 344, str. 1-13, ilustr. ISSN 1095-8630.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479723014998>, Repozitorij Univerze v Ljubljani – RUL, DOI: 10.1016/j.jenvman.2023.118711. [COBISS.SI-ID [161635843](#)]
- ROSEC, Žiga, ŽVAR BAŠKOVIČ, Urban, KATRAŠNIK, Tomaž, **SELJAK, Tine**. Exhaust gas recirculation with highly oxygenated fuels in gas turbines. *Fuel*. [Print ed.]. Oct. 2020, vol. 278, str. 1-12, ilustr. ISSN 0016-2361.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016236120312813?via%3Dihub>, Repozitorij Univerze v Ljubljani – RUL, DOI: [10.1016/j.fuel.2020.118285](https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.118285). [COBISS.SI-ID [20033539](#)]
- GOH, Brandon Han Hoe, CHONG, Cheng Tung, ONG, Hwai Chyuan, **SELJAK, Tine**, KATRAŠNIK, Tomaž, JÓZSA, Viktor, NG, Jo-Han, TIAN, Bo, KARMARKAR, Srinibas, ASHOKKUMAR, Veeramuthu. Recent advancements in catalytic conversion pathways for synthetic jet fuel produced from

bioresources. *Energy conversion and management*. [Print ed.]. Jan. 2022, vol. 251, str. 1-24, ilustr. ISSN 0196-8904. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S019689042101150X>, [Repozitorij Univerze v Ljubljani – RUL](#), DOI: [10.1016/j.enconman.2021.114974](https://doi.org/10.1016/j.enconman.2021.114974). [COBISS.SI-ID [98610435](#)]

4. **SELJAK, Tine**, BUFFI, Marco, VALERA-MEDINA, Augustin, CHONG, Cheng Tung, CHIARAMONTI, David, KATRAŠNIK, Tomaž. Bioliquids and their use in power generation : a technology review. *Renewable and sustainable energy reviews*. Sep. 2020, vol. 129, str. 1-20, ilustr. ISSN 1364-0321. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032120302215>, [Repozitorij Univerze v Ljubljani – RUL](#), DOI: [10.1016/j.rser.2020.109930](https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.109930). [COBISS.SI-ID [17774595](#)]

ŽNIDARČIČ, Anton, TUROLLA, Andrea, BONIARDI, Gaia, CANZIANI, Roberto, **SELJAK, Tine**. The impact of struvite presence on the thermal decomposition of sewage sludge, including formation of NO_x emissions. *Applied thermal engineering*. 2024, vol. 255, [art.] 123976, str. 1-13, ilustr. ISSN 1359-4311. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1359431124016442>, [Repozitorij Univerze v Ljubljani – RUL](#), DOI: [10.1016/j.applthermaleng.2024.123976](https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2024.123976). [COBISS.SI-ID [218597891](#)]