

# TRIBOLOGIJA

## UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

<b>Predmet:</b>	Tribologija
<b>Course title:</b>	Tribology
<b>Članica nosilka/UL Member:</b>	UL FS

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

<b>Univerzitetna koda predmeta/University course code:</b>	0562765
<b>Koda učne enote na članici/UL Member course code:</b>	2028-U

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

<b>Nosilec predmeta/Lecturer:</b>	Mitjan Kalin
-----------------------------------	--------------

<b>Izvajalci predavanj:</b>	
<b>Izvajalci seminarjev:</b>	
<b>Izvajalci vaj:</b>	
<b>Izvajalci kliničnih vaj:</b>	
<b>Izvajalci drugih oblik:</b>	
<b>Izvajalci praktičnega usposabljanja:</b>	

<b>Vrsta predmeta/Course</b>	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:**

**Prerequisites:**

Izpolnjevanje pogojev za vpis v Univerzitetni študijski program I. stopnje Strojništvo - Razvojno raziskovalni program.	Meeting the enrollment conditions for the Academic study programme of Mechanical Engineering - Research and Development program.
---	--

**Vsebina:**

**Content (Syllabus outline):**

<ul style="list-style-type: none"><li>. Predavanje:</li><li>- Uvod, pomen, zgodovina</li><li>2. Predavanje:</li><li>- Površine kontaktov, razlike z materiali in značilnosti, mehanske lastnosti, hrapavost, merjenje 2D in 3D</li><li>3. Predavanje:</li><li>- Hertzov kontakt, Osnove: napetosti in deformacije brez trenja in s trenjem, kontaktna površina, deformacije</li><li>4. Predavanje:</li><li>- Vrste maziv, olja: proizvodnja, sestava, baze različnih vrst</li><li>5. Predavanje:</li><li>- Aditivi, Vrste, lastnosti, formulacija, vplivi</li><li>6. Predavanje:</li><li>- Lastnosti maziv, Fi-Ke lastnosti maziv: viskoznost, p-v odvisnosti, kontaminacija, nečistoče</li><li>7. Predavanje:</li><li>- Režimi mazanja, HD, EHD, mešano, mejno</li><li>8. Predavanje:</li><li>- Masti, Značilnosti, fizikalno-kemijske lastnosti, mehanske lastnosti, posebnosti, uporaba</li><li>9. Predavanje:</li><li>- Mehanizmi trenja, Mehanizmi trenja, izvori trenja, teorije trenja</li><li>10. Predavanje:</li><li>- Trenje v inženirskih sistemih, Trenje v praktičnih primerih, napoved trenja, doseganje željenega trenja, modeliranje</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>. Lecture:</li><li>- Introduction, impact, history</li><li>2. Lecture:</li><li>- Contact surfaces, material properties, mechanical properties, roughness, measurement 2D and 3D</li><li>3. Lecture:</li><li>- Hertz contact, Basics: stresses and strains with and without friction, contact area, deformations</li><li>4. Lecture:</li><li>- Types of lubricants, oils: production, composition, base oils types</li><li>5. Lecture:</li><li>- Additives, types, properties, formulations, effects</li><li>6. Lecture:</li><li>- Lubricant properties, Phys-Chem properties, viscosity, p-v relations, contamination, impurities</li><li>7. Lecture:</li><li>- Lubrication regimes, HD, EHD, mixed, boundary</li><li>8. Lecture</li><li>- Greases, properties, phys-chem properties, mechanical properties, specifics, use</li><li>9. Lecture:</li><li>- Friction mechanisms, source of friction, theories of friction</li><li>10. Lecture:</li><li>- Friction in engineering systems, practical cases, friction prediction, modelling</li></ul>
--	---

11. Predavanje: - Obraba, Osnove: klasifikacija, modeli, napoved, merjenje 12. Predavanje: - Mehanizmi obrabe 1, Utrujanje, adhezija 13. Predavanje: - Mehanizmi obrabe 2, Abrazija, erozija, kavitacija, freting 14. Predavanje: - Mehanizmi obrabe 3, Oksidacija, korozija, tribokemija 15. Predavanje: - Uporaba tribologije v inženirskih sistemih, Primeri triboloških rešitev v avtomobilskih aplikacijah in industriji: ležaji, zavore, zobniki, odrezavanje in preoblikovanje, polimerni pogoni, visokotemperaturne aplikacije.	11. Lecture: - Wear, basics: classification, models, prediction, measurement 12. Lecture: - Wear mechanisms 1: fatigue, adhesion 13. Lecture: - Wear mechanisms 2: abrasion, erosion, cavitation, fretting 14. Lecture: - Wear mechanisms 3: oxidation, corrosion, tribochemistry 15. Lecture: - Tribology in engineering systems, examples of tribological solutions in automotive industry: bearings, brakes, gears, cutting and shaping, polymer drives, high temperature applications
--	--

### Temeljna literatura in viri/Readings:

1. Gwidon W. Stachowiak, Andrew W. Batchelor, Engineering tribology, Elsevier, 4th edition, 2014, ISBN 978-0-12-397047-3 [COBISS.SI-ID [10031126](#)].
2. B. Basu, M. Kalin, Tribology of Ceramics and Composites: A Materials Science Perspective, Wiley, 2011, ISBN:9780470522639 [COBISS.SI-ID [11385371](#)].
3. *Pawlak, Zenon*, Tribochemistry of lubricating oils, 1937-Amsterdam [etc.] : Elsevier, 2003, ISBN - 0-444-51296-9; 0-444-41677-3, [COBISS.SI-ID [7261723](#)].

### Cilji in kompetence:

Cilji: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Spoznati in razumeti pomen tribologije</li> <li>2. Spoznati in razumeti lastnosti maziv in površin ter njihovih medsebojnih interakcij</li> <li>3. Razumeti mehanizme mazanja in aplikacije v katerih se pojavljajo</li> <li>4. Znati izmeriti, analizirati in vrednotiti določiti torne in obrabne razmere v različnih aplikacijah</li> </ol> Kompetence: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. P1-RRP: Obvladovanje temeljnih teoretičnih znanj na področju tribologije.</li> <li>2. S6-RRP + P3-RRP: Sinteza mazanih kontaktov z izbiro ustreznih površin in maziv.</li> </ol>
--

### Objectives and competences:

Objectives: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. To get to know and understand the impact of tribology.</li> <li>2. To get to know and understand the properties of surfaces, lubricants and their interactions.</li> <li>3. To understand the mechanisms of lubrication and their applications.</li> <li>4. To know how to measure, analyse and evaluate friction and wear conditions in different applications</li> </ol> Competences: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. P1-RRP: The basic theoretical knowledge from the field of tribology.</li> <li>2. S6-RRP+P3-RRP: The ability to design lubricated contacts through appropriate selection of surfaces and lubricants.</li> </ol>
--

3. P1-RRP + S1-RRP: Sposobnost razumevanja mehanizmov mazanja in njihove uporabe glede na aplikacijo.	3. P1-RRP + S1-RRP: The ability to understand lubrication mechanisms and their use in different applications.
4. S7-RRP + P4-RRP: Sposobnost analize, vrednotenja in kritične presoje tornih in obrabnih razmer v različnih aplikacijah.	4. S7-RRP + P4-RRP: The ability to analyse, evaluate and critical judge friction and wear conditions in different applications.

### **Predvideni študijski rezultati:**

<p>Znanja:</p> <p>Z1: Poglobljeno strokovno teoretično in praktično znanje na področju površin in maziv, podprto s širšo teoretično in metodološko osnovo o tribologiji in mazanju.</p> <p>Spretnosti:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. S1 Sposobnost načrtovanja mazanih kontaktov z ustrezno izbiro površin in maziv.</li> <li>2. S1.2 Samostojna uporaba pridobljenega znanja pri analizi in snovanju mazanih kontaktov.</li> <li>3. S1.3 Sposobnost snovanja kontaktov z okolju prijaznejšimi mazivi in mehanizmi mazanja.</li> <li>4. S1.4 Sposobnost nadaljnjega, samostojnega študija</li> </ol>
--

### **Intended learning outcomes:**

<p>Knowledge:</p> <p>Z1: In depth theoretical and practical knowledge of surfaces and lubricants, supported by a wider theoretical and methodological knowledge of tribology and lubrication.</p> <p>Abilities:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. S1 The ability to design lubricated contacts with the appropriate selection of surfaces and lubricants.</li> <li>2. S1.2 Independent use of gained knowledge for analysis and synthesis of lubricated contacts.</li> <li>3. S1.3 The ability to design contacts with green (environmentally friendly) lubricants and lubrication mechanisms.</li> <li>4. S1.4 The ability to independently study further.</li> </ol>
--

### **Metode poučevanja in učenja:**

<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>P4 Laboratorijske vaje.</p> <p>P5 Uporaba študijskega gradiva v obliki (e-verzija predstavitve predavanj).</p> <p>P15 Uporaba video vsebin kot priprava na predavanja in vaje</p>
--

### **Learning and teaching methods:**

<p>P1 Auditorial lectures, which include solving theoretical and practical examples relevant to the field.</p> <p>P2 Content teaching in an orderly and systematical fashion.</p> <p>P3 Auditorial tutorials, which upgrade the theoretical knowledge from the lectures with practical cases.</p> <p>P4 Lab tutorials.</p> <p>P5 Use of study materials (e-version of lecture materials).</p> <p>P15 Use of video contents as preparation for lectures and tutorials.</p>
---

**Načini ocenjevanja:****Delež/  
Weight****Assessment:**

Teoretična snov (predavanja).	50,00 %	Theoretical knowledge (lecture).
Samostojno delo na vajah.	20,00 %	Independent tutorial work.
Laboratorijsko delo na vajah (vključno s poročili).	20,00 %	Lab tutorial work (with reports).
Seminar.	10,00 %	Seminar.

**Ocenjevalna lestvica:****Grading system:**

--	--

**Reference nosilca/Lecturer's references:****Mitjan Kalin:**

1. SIMONOVIC, Kosta, **KALIN, Mitjan**. Experimentally derived friction model to evaluate the anti-wear and friction-modifier additives in steel and DLC contacts. *Tribology international*. July 2017, vol. 111, str. 116-137, ISSN 0301-679X. [COBISS.SI-ID [15456795](#)]
2. **KALIN, Mitjan**, ZALAZNIK, Maša, NOVAK, Saša. Wear and friction behaviour of poly-ether-ether-ketone (PEEK) filled with graphene, WS2 and CNT nanoparticles. V: *20th International Conference on Wear Materials*. [Amsterdam]: Elsevier, 2015. Vol. 330/331, str. 855-862, Wear (Lausanne. Print), Vol. 330/331. ISSN 0043-1648. [COBISS.SI-ID [13905691](#)]
3. **KALIN, Mitjan**, SIMIČ, Rok, HIRAYAMA, Tomoko, GEUE, Thomas M., KORELIS, P. Neutron-reflectometry study of alcohol adsorption on various DLC coatings. *Applied Surface Science*. Jan. 2014, vol. 288, str. 405-410, ISSN 0169-4332. [COBISS.SI-ID [13263131](#)]
4. **KALIN, Mitjan**, KOGOVŠEK, Janez, KOVAČ, Janez, REMŠKAR, Maja. The formation of tribofilms of MoS2 nanotubes on steel and DLC-coated surfaces. *Tribology letters*. Sep. 2014, vol. 55, iss. 3, str. 381-391, ISSN 1023-8883. [COBISS.SI-ID [13638171](#)]
5. SIMIČ, Rok, **KALIN, Mitjan**, HIRAYAMA, Tomoko, KORELIS, P., GEUE, Thomas M. Fatty acid adsorption on several DLC coatings studied by neutron reflectometry. *Tribology letters*. Jan. 2014, vol. 53, iss. 1, str. 199-206, ilustr. ISSN 1023-8883. DOI: [10.1007/s11249-013-0257-0](#). [COBISS.SI-ID [13303323](#)]