

HIDRAVLIKA IN PNEVMATIKA -PAP

UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

Predmet:	Hidravlika in pnevmatika -PAP
Course title:	Hydraulics and Pneumatics - PAP
Članica nosilka/UL Member:	UL FS

Študijski programi in stopnja	Študijska smer	Letnik	Semestri	Izbirnost
Strojništvo - projektno aplikativni program, prva stopnja, visokošolski strokovni (od študijskega leta 2026/2027 dalje)	Konstruiranje strojev in naprav (smer)	3. letnik	1. semester	obvezni
Strojništvo - projektno aplikativni program, prva stopnja, visokošolski strokovni (od študijskega leta 2026/2027 dalje)	Snovanje in vzdrževanje letal (smer)	3. letnik	1. semester	obvezni

Univerzitetna koda predmeta/University course code:	0563430
Koda učne enote na članici/UL Member course code:	3047-V

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: izr. prof. dr. Franc Majdič

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

Vrsta predmeta/Course type: Izbirni strokovni predmet /Elective specialised course

Jeziki/Languages:

Predavanja/Lectures:	Slovenščina
Vaje/Tutorial:	Slovenščina

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

Izpolnjevanje pogojev za vpis v Visokošolski strokovni študijski program I. stopnje Strojništvo - Projektno aplikativni program.	Prerequisites: Izpolnjevanje vpisnih pogojev za STROJNIŠTVO - projektno usmerjen uporabni program.
--	--

Vsebina:

Content (Syllabus outline):

<p>1. Uvod v hidravliko:</p> <ul style="list-style-type: none"> - prednosti, slabosti, področja uporabe, - teoretične osnove/zakovitosti, - hidravlične kapljevine in njihove lastnosti, vrste in razlogi za obdelavo znotraj hidravličnih sestavin. <p>2. Notranje puščanje:</p> <ul style="list-style-type: none"> - kolobarjaste reže, - kovinsko tesnjenje, - vplivni parametri, izračun, - nepravilnost oblike krožnice in valja hidravličnih drsno-tesnilnih elementov, - hrapavost, - aksialne in radialne sile znotraj hidravličnih sestavin. <p>3. Čistoča hidravličnih kapljev in filtracija:</p> <ul style="list-style-type: none"> - povezava čistoče in filtracije z vzdrževanjem, - kriteriji stabilnosti hidravličnih sistemov, - vrste in viri nečistoč, - razlogi za okvarje hidravličnih sistemov, - standardi, - načini merjenja. <p>4. Črpalke s konstantno in spremenljivo iztisnino:</p> <ul style="list-style-type: none"> - razlike med hidrostatičnimi in hidrodinamičnimi črpalkami, - vrste in značilnosti hidrostatičnih črpalk, - krmiljene črpalke in osnovne izvedbe krmilja, - simboli. <p>5. Hidravlični valji in vrste tesnjenja:</p> <ul style="list-style-type: none"> - vrste in konstrukcijske značilnosti hidravličnih valjev, - simboli, - trajnostni testi HV, - vrste tesnil, - statično in dinamično tesnjenje, - vgradnja, materiali, ... <p>6. Potni in protipovratni ventili:</p> <ul style="list-style-type: none"> - delitev po funkciji in konstrukcijskih rešitvah, - načini vkrmiljenja, - vrste prekritij, - simboli, - način vgradnje, - vertikalno veriženje, - dvostopenjski, - dušenje prekrmljenja, - hidrološki ventili. <p>7. Tlačni in tokovni ventili:</p> <ul style="list-style-type: none"> - tlačni omejili in tlačni reducirni ventili, - eno- in dvostopenjski, - dušenje prekrmljenja, - različne konstrukcijske rešitve, - načni regulacije pretoka, - zaslonke in dušilke, - povratno-dušilni ventili, - ventili s talno kompenzacijo, - delilniki toka, - simboli. <p>8. Zvezno-delujoči ventili:</p> <ul style="list-style-type: none"> - prednosti uporabe zveznih ventilov, - krmiljenje / regulacija, 	<p>1. Uvod v hidravliko:</p> <ul style="list-style-type: none"> - prednosti, slabosti, področja uporabe, - teoretične osnove/zakovitost, - hidravlične tekočine in njihove lastnosti, vrste in vzroki za obrabo znotraj hidravličnih komponent. <p>2. Notranje puščanje:</p> <ul style="list-style-type: none"> - krožne reže, - kovinsko tesnilo, - vplivni parametri, izračun, - nepravilnost oblike plošče in valja hidravličnih drsni elementov, - hrapavost, - aksialne in radialne sile znotraj hidravličnih komponent. <p>3. Čistoča hidravličnih tekočin in filtracija:</p> <ul style="list-style-type: none"> - povezava med čistočo in filtracijo z vzdrževanjem, - kriteriji stabilnosti hidravličnih sistemov, - vrste in viri nečistoč, - vzroki za okvare hidravličnih sistemov, - standardi, - metode merjenja. <p>4. Črpalke s konstantnim in spremenljivim pretokom:</p> <ul style="list-style-type: none"> - razlike med hidrostatičnimi in hidrodinamičnimi črpalkami, - vrste in značilnosti hidrostatičnih črpalk, - krmiljene črpalke in osnovni krmilniki črpalk, - simboli. <p>5. Hidravlični cilindri in tesnila:</p> <ul style="list-style-type: none"> - vrste in konstrukcijske značilnosti hidravličnih cilindrov, - simboli, - preskusi trajnosti hidravličnih cilindrov, - vrste tesnil, - statično in dinamično tesnjenje, - namestitve, materiali, ... <p>6. Razsmerni regulacijski in povratni ventili:</p> <ul style="list-style-type: none"> - delitev po funkciji in zasnovi, - načini krmiljenja, - vrste prekrivanja, - simboli, - način vgradnje, - navpična veriga, - dvostopenjski ventili, - hidravlično dušenje dvostopenjskih ventilov, - hidrološki ventili. <p>7. Tlačni in pretočni ventili:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ventili za razbremenitev in zmanjšanje tlaka, - enostopenjski in dvostopenjski ventili, - hidravlično dušenje, - različne konstrukcijske rešitve, - regulacija pretoka, - odprtine in dušilke, - nepovratni ventili, - ventili s kompenzacijo tlaka, - delilniki toka, - simboli. <p>8. Zvezni regulacijski ventili:</p> <ul style="list-style-type: none"> - prednosti uporabe zveznih ventilov,
---	---

<ul style="list-style-type: none"> - vrste prekritij, - prehodna funkcija, bodejev diagram ventila, - izračun pretoka, - dieter nihanje, - digitalna hidravlika, - simboli, - vrste proporcionalnih ventilov, - preračuni pretoka, - tlačna tehnika, - nastavitev PID parametrov, - vrste servo ventilov. <p>9. Pomožne hidravlične sestavine in uvod v pnevmatiko:</p> <ul style="list-style-type: none"> - hidravlični rezervoarji in njihova oprema, - cevovodi: gibke cevi, način pritrditve, cevni priključki, spoji, sheme cevnega razvoda, filtri in filtracija, - osnovni pojmi v pnevmatiki, - teoretične osnove, - izkoristek, - prednosti in slabosti. <p>10. Primarne in izvršilne pnevmatične sestavine:</p> <ul style="list-style-type: none"> - vrste in način delovanja kompresorjev; - regulacija komprimiranega zraka, - pnevmatski valji: enostransko in dvostransko delujoči, večstopenjski, tandemski, membranski, z mehomo, telskopski in udarni, - rotacijski in zasučni pnevmatični motorji, - tesnila, - končno dušenje. <p>11. Pnevmatični ventili:</p> <ul style="list-style-type: none"> - delitev po funkciji, - konstrukcijske izvedbe, - načini vkrmiljenja ventilov, eno- in dvostopenjski, - razlike med sedežnimi in drsnimi ventili, - izvedba potnih ventilov, - izvedba ventilov s tesnili, - digitalni pnevmatični ventili. <p>12. Zapirni, tokovni in tlačni pnevmatični ventili:</p> <ul style="list-style-type: none"> - izvedba protiovratnih ventilov, - povratno-dušilni ventili, - krmiljeni protipovratni in logični ventili, - zaporednostni tlačni ventili, - reducirni ventili, - zakasnitveni ventili, - ventilske letve, bloke, okotki integrirani ventili. <p>13. Priprava zraka, vakuumska tehnika, kombinirane delovne naprave in ostale pnevmatične sestavine:</p> <ul style="list-style-type: none"> - kakovost zraka v povezavi z ISO 8573-1, - sušenje zraka, - pripravna enota, filtracija, naoljevanje, - osnove vakuumske tehnologije, - tlačne posode, - cevne povezave in spoji, - tesnila, - pnevmatične kombinirane naprave. <p>14. Pnevmatična vezja:</p> <ul style="list-style-type: none"> - neposredno in posredno krmiljenje, 	<ul style="list-style-type: none"> - krmiljenje/regulacija, - vrste prekrivanj, - prehodna funkcija, - izračun pretoka, - dieterske oscilacije, - digitalna hidravlika, - simboli, - vrste proporcionalnih ventilov, - izračun pretoka, - tlačna uravnoveženost, - nastavitev PID parametrov, - vrste servo ventilov. <p>9. Pomožne hidravlične komponente in uvod v pnevmatiko:</p> <ul style="list-style-type: none"> - hidravlični rezervoarji in njihova oprema, - cevovodi: cevi, načini montaže, cevni priključki, sheme cevovodov, filtri in filtracija, - osnovni pojmi v pnevmatiki, - teoretične osnove, - učinkovitost, - prednosti in slabosti. <p>10. Pnevmatске glavne komponente in aktuatorji:</p> <ul style="list-style-type: none"> - vrsta in principi delovanja kompresorjev, - regulacija stisnjeneга zraka, - pnevmatski cilindri: enojni in dvostranski, večstopenjski, tandemski, membranski, mehasti, teleskopski in udarni, - rotacijski pnevmatski aktuatorji, - tesnila, - dušenje končnih položajev. <p>11. Pnevmatски ventili:</p> <ul style="list-style-type: none"> - delitev po funkciji, - konstrukcijske zasnove, - vrste krmiljenja ventilov, enostopenjske in dvostopenjske, - razlike med sedežnimi in drsnimi ventili, - zasnova potnih regulacijskih ventilov, - zasnova ventilov s tesnili, - digitalni pnevmatski ventili. <p>12. Pnevmatски zaporni, pretočni in tlačni ventili:</p> <ul style="list-style-type: none"> - zasnova nepovratnih ventilov, - nepovratni ventili, - krmiljeni nepovratni in logični ventili, - zaporedni tlačni ventili, - redukcijski ventili, - zakasnitveni ventili, - ventilski bloki, letve, otoki in integrirani ventili. <p>13. Obdelava zraka, vakuumska tehnologija, kombinirana delovna oprema in druge pnevmatske komponente:</p> <ul style="list-style-type: none"> - kakovost zraka v skladu z ISO 8573-1, - sušenje zraka, - enota, filtracija, oljenje, - osnove vakuumske tehnologije, - tlačne posode, - cevne povezave in spoji, - tesnila, - pnevmatske kombinirane naprave.
---	--

<ul style="list-style-type: none"> - zakasnitev vklopa/izklopa, - diagram gibov, - tlačno odvisno krmiljenje, - taktna veriga, - dvoročni vklop, - VDMA in kaskadna metoda. <p>15. Napredna pnevmatična regulacija, simboli, simulacije v sodobnih aplikacijah:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Krmilno-nadzorne enote, - spominsko-programabilno krmiljenje, - industrijski računalnik, - vrste industrijskih komunikacij za krmiljenje pnevmatike, - 1D in 3D simulacije pnevmatičnih vezij in sestavin, - pnevmatika in bionika. 	<p>14. Pnevmatiski tokokrog:</p> <ul style="list-style-type: none"> - neposredno in posredno krmiljenje, - zakasnitev vklopa/izklopa, - diagram gibanja, - krmiljenje, odvisno od tlaka, - taktna veriga, - dvoročni zagon, - VDMA in kaskadna metoda. <p>15. Napredna pnevmatska regulacija, simboli, simulacije in sodobne aplikacije:</p> <ul style="list-style-type: none"> - krmilne enote, - pomnilniško programirljivo krmiljenje, - industrijski računalniki, - vrste industrijskih komunikacij za pnevmatsko krmiljenje, - 1D in 3D simulacije pnevmatskih vezij in komponent, - pnevmatika in bionika.
--	---

Temeljna literatura in viri/Readings:

<ol style="list-style-type: none"> 1. D. Findeisen, F. Findeisen, Oljna hidravlika: Priročnik za hidrostatični prenos moči v fluidni tehnologiji, 4. izdaja, Springer Verlag, 1994 [COBISS.SI-ID 1020187] 2. Murenhoff H.: <i>Osnove fluidne tehnologije, 1. del: Hidravlika</i>, Shaker Verlag, Aachen 2011 [COBISS.SI-ID 12046619] 3. Holger W.: <i>Hidravlika in pnevmatika, osnove in vaje – aplikacije in simulacije</i>, GWV Fachverlage GmbH Wiesbaden 2008. [COBISS.SI-ID 11268635] 4. Pezdirnik J., Majdič F. Krmiljene črpalke in hidravlični motorji ter hidrostatični pogoni: seminarsko gradivo. Ljubljana: Fakulteta za strojništvo, 2006. [COBISS.SI-ID 9562651] 5. Pezdirnik J., Majdič F. Hidravlika in pnevmatika: zapiski za predavanja. Ljubljana: Fakulteta za strojništvo, 2011. 381 str., ilustr. [COBISS.SI ID 12024603]
--

Cilji in kompetence:

<p>Cilji:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Znani fizikalne zakonitosti, povezane s hidravliko in pnevmatiko 2. Spoznati vpliv čistoče in ostalih parametrov kapljevine / zraka na delovanje hidravlike/pnevmatike 3. Spoznati osnovne matematične modele za preračun hidravličnih in pnevmatičnih sistemov 4. Znane pomembnejše hidravlične sestavine 5. Znane pomembnejše pnevmatične sestavine 6. Spoznati hidravlične in pnevmatične simbole in način risanja shem <p>Kompetenca:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. P8-PAP: Sposobnost izbire ustreznega prenosa energije: hidravlika / pnevmatika glede na okoliščine. 2. S11-PAP: Sposobnost analize vhodnih parametrov in iskanja ustreznega koncepta hidravličnega / pnevmatičnega pogona. 3. P9-PAP: Sposobnost uporabe matematičnih modelov za dimenzioniranje ustreznih hidravličnih/pnevmatičnih sestavin. 4. S6-PAP: Sposobnost in razumevanje timskega dela v procesu razvoja hidravličnih/pnevmatičnih sistemov.

Objectives and competences:

<p>Cilji:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Poznati fizikalne zakone, povezane s hidravliko in pnevmatiko 2. Razumeti vpliv čistoče in drugih parametrov tekočine/zraka na delovanje hidravlike/pnevmatike 3. Spoznati osnovne matematične modele za izračun hidravličnih in pnevmatskih sistemov 4. Poznati najpomembnejše hidravlične komponente 5. Poznati najpomembnejše pnevmatske komponente 6. Spoznavanje hidravličnih in pnevmatskih simbolov ter risanja shem <p>Kompetence:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. P8-PAP: Sposobnost izbire pravega prenosa energije: hidravlika/pnevmatika glede na okoliščine. 2. S11-PAP: Sposobnost analize vhodnih parametrov in iskanja ustreznega koncepta hidravličnega/pnevmatskega aktuatorja. 3. P9-PAP: Sposobnost uporabe matematičnih modelov za dimenzioniranje ustreznih hidravličnih/pnevmatskih komponent. 4. S6-PAP: Sposobnost in razumevanje timskega dela v procesu razvoja hidravličnih/pnevmatskih sistemov. 5. S1-PAP: Sposobnost organizacije in vodenja vzdrževanja hidravličnih sistemov.

5. S1-PAP: Sposobnost organizacije in vodenja vzdrževanja na hidravličnih sistemih.	
---	--

Predvideni študijski rezultati:

Znanje:
Z1: Poglobljeno poznavanje delovanja hidravličnih in pnevmatičnih sestavin ter praktična uporaba pri razvoju in vzdrževanju hidravličnih/pnevmatičnih sistemov.

Spretnosti:
S1.1: Priprava in izvedba preračunov hidravličnih in pnevmatičnih vezij.
S1.2: Samostojna uporaba pridobljenega znanja pri razvoju novih hidravličnih/pnevmatičnih sestavin in celotnih sistemov.
S1.3: Iskanje glavnega vzroka okvara in izvedba ustreznih korektivnih ukrepov.
S1.4: Sposobnost predlaganja in uvedbe nove rešitve na področju hidravlike in pnevmatike.

Intended learning outcomes:

Znanje:
Z1: Poglobljeno poznavanje delovanja hidravličnih in pnevmatskih komponent ter praktična uporaba pri razvoju in vzdrževanju hidravličnih/pnevmatskih sistemov.

Spretnosti:
S1.1: Načrtovanje in izračuni hidravličnih in pnevmatskih vezij.
S1.2: Samostojna uporaba pridobljenega znanja pri razvoju novih hidravličnih/pnevmatskih komponent in celotnih sistemov.
S1.3: Ugotovite temeljni vzrok napake in sprejmite ustrezne korektivne ukrepe.
S1.4: Sposobnost predlaganja in uvajanja novih hidravličnih in pnevmatskih rešitev.

Metode poučevanja in učenja:

P1 in P2 Avditorna predavanja, obravnava snovi urejeno in vnaprej razloženo sistematično.
P3 Avditorne vaje, kjer se teoretično znanje s predavanji podkrepiti z računskimi firstri
P4 Laboratorijske vaje z imenovanjem didaktičnih pripomočkov: hidravlična preizkuševalnika in diagnostična oprema za meritve hidravličnih parametrov.
P6 Interaktivna predava
P7 Študijska literatura v razpravi
P8 Izdelava in predstavitev aplikativnih seminarskih nalog: po dva študenta rešuje konkretno individualno nalogo.

Learning and teaching methods:

P1 in P2 Avditorna predavanja, predstavitev vsebine po razloženem sistemu.
P3 Avditorne vaje, pri katerih teoretično snov s predavanj dopolnjujejo praktični primeri.
P4 Uporaba študijskega gradiva: oprema za hidravlično testiranje in diagnostiko za merjenje hidravličnih parametrov.
P6 Interaktivna predavanja.
P7 Študij literature in razprava.
P8 Priprava in predstavitev aplikativnih seminarskih nalog: dva študenta rešujeta določeno individualno nalogo.

Načini ocenjevanja:

Delež/Weight

Assessment:

Teoretične vsebine (predavanja).	40,00 %	A theoretical contents (lectures).
Samostojno delo na vajah.	25,00 %	Independent work in exercises.
Delo na laboratorijskih vajah (poročila in preverjanje znanja).	10,00 %	Independent work in lab work (reports and assesment).
Seminar.	25,00 %	Seminar.

Ocenjevalna lestvica:

5 - 10, pri čemer velja, da je pozitivna ocena od 6 - 10

Grading system:

5 - 10, a student passes the exam if he is graded from 6 to 10

Reference nosilca/Lecturer's references:

Franc Majdič:

1. STRMČNIK, Ervin, **MAJDIČ, Franc**, KALIN, Mitjan. Influence of a diamond-like carbon-coated mechanical part on the operation of an orbital hydraulic motor in water. *Metals*. Apr. 2019, vol. 9, iss. 4, f. 1-14, ilustr. ISSN 2075-4701. <https://www.mdpi.com/2075-4701/9/4/466>, [Repozitorij Univerze v Ljubljani – RUL](#), DOI: [10.3390/met9040466](https://doi.org/10.3390/met9040466). [COBISS.SI-ID [16590107](#)]
2. HLADNIK, Jurij, **MAJDIČ, Franc**, ČELIK, Anže, JERMAN, Boris. Dependence of the preload on the tightening torque for hydraulic plugs. *Applied sciences*. 2024, vol. 14, iss. 24, [art. no.] 11920, str. 1-12, ilustr.

ISSN 2076-3417. . <https://www.mdpi.com/2076-3417/14/24/11920>, [Repozitorij Univerze v Ljubljani – RUL](#), DOI: [10.3390/app142411920](https://doi.org/10.3390/app142411920). [COBISS.SI-ID [220212995](#)]

3. **MAJDIČ, Franc**, BOŽIČ, Dominik, BARTOLJ, Jan, TRAJKOVSKI, Ana. New rotary-actuated proportional valves for humanoid robot. V: ERICSON, Liselott (ur.). *Conference proceeding. The 19th Scandinavian International Conference on Fluid Power, SICFP'25*, Linköping, Sweden, June 2-4, 2025. [S. l.]: Linköping University: River Publishers, 2025. Str. 1-9, ilustr. ISBN 978-874-38-0825-1. DOI: [10.13052/rp-9788743808251A25](https://doi.org/10.13052/rp-9788743808251A25). [COBISS.SI-ID [246350851](#)]
4. SPAČAL, Žan, **MAJDIČ, Franc**, KALIN, Mitjan, TRAJKOVSKI, Ana. Trajnostni testi 3D natisnjenih vodno-hidravličnih proporcionalnih potnih ventilov. *Ventil : revija za fluidno tehniko in avtomatizacijo*. okt. 2024, letn. 30, št. 5, str. 296-304, ilustr. ISSN 1318-7279. [Digitalna knjižnica Slovenije - dLib.si](#), [Repozitorij Univerze v Ljubljani – RUL](#). [COBISS.SI-ID [209501443](#)]
5. TRAJKOVSKI, Ana, NOVAK, Nejc, PUSTAVRH, Jan, KALIN, Mitjan, **MAJDIČ, Franc**. Prednost uporabe inženirskih polimerov za trajnostne hidravlične komponente. *Ventil : revija za fluidno tehniko in avtomatizacijo*. avg. 2024, letn. 30, št. 4, str. 226-233, ilustr. ISSN 1318-7279. [Digitalna knjižnica Slovenije - dLib.si](#), [Repozitorij Univerze v Ljubljani – RUL](#). [COBISS.SI-ID [206609923](#)]