



**FUNKCIONALNA INTEGRACIJA SVEUČILIŠTA U SPLITU  
PMF-ST, PF-ST TE KTF-ST  
KROZ RAZVOJ ZNANSTVENO-ISTRAŽIVAČKE  
INFRASTRUKTURE U ZGRADI TRI FAKULTETA**

**KATALOG  
ZNANSTVENO-ISTRAŽIVAČKE OPREME**



# Funkcionalna integracija SVEUČILIŠTA U SPLITU

*Split, rujan 2022.*



Funkcionalna integracija  
SVEUČILIŠTA U SPLITU



*Projekt je sufinancirala Europska unija iz Europskog fonda za regionalni razvoj*

## UVOD

U sklopu EU projekta „Funkcionalna integracija Sveučilišta u Splitu, PMFST, PFST, te KTF-ST kroz razvoj znanstveno istraživačke infrastrukture u zgradi tri fakulteta“ proveden je objedinjeni organizacijsko-prostorni preustroj i nabava znanstveno-istraživačke opreme i infrastrukture unutar Zgrade tri fakulteta.

Objedinjenom nabavkom znanstveno-istraživačke opreme na razini Zgrade tri fakulteta (Z3F), organizacijskom reformom korištenja iste te uspostavom Ureda za transfer tehnologije i Ureda za istraživanje i razvoj omogućio se sustavan pristup svim potencijalnim i zainteresiranim korisnicima nabavljene opreme. Projektom, Sveučilište u Splitu i fakulteti partneri učinili su značajan iskorak prema zajednici, osiguranjem kontinuiranog obavljanja brojnih projekata na korist gospodarstva, ali i društva u cjelini, s posebnim naglaskom na istraživanje i razvoj posebnosti vezanih uz regiju Dalmacije koja zbog svojih nevjerojatnih specifičnosti na zaista malom prostoru obiluje potencijalima u svim segmentima, a ponajviše u agroekonomici, biotehnologiji, bioodrživosti, zdravstvu, zelenim tehnologijama i inženjerstvu, naprednim materijalima i inteligentnim pomorskim transportnim sustavima.

### **Kontakt:**

Sveučilište u Splitu  
Ured za istraživanje i razvoj  
Adresa: Ruđera Boškovića 31, 21000 SPLIT  
E-mail: [uir@unist.hr](mailto:uir@unist.hr)  
Tel: +385 21 566 881





# POMORSKI FAKULTET SPLIT

67



SVEUČILIŠTE U SPLITU  
POMORSKI FAKULTET  
UNIVERSITY OF SPLIT  
FACULTY OF MARITIME STUDIES



# SADRŽAJ

## UVOD

### I. BRODSKI SIMULATORI

#### I.1. Nautički simulatori

I.1.1. Navi-trainer professional 5000 – NTPRO 5000-5,3 modul remorkera

I.1.2. Navi-trainer professional 5000-5,3 modul ribarice

I.1.3. GMDSS stanica za VTS

#### I.1. Brodostrojarški simulatori

I.1.1. Wartsila Dual Fuel Diesel Electric full mission simulator

I.1.2. Oprema i simulator za ispitivanje brodskih rashladnih uređaja

I.1.3. Oprema i simulator brodskih generatora pare s parnom turbinom

I.1.4. PLC uređaj s opremom i programom za simuliranje i upravljanje brodskih hidrauličkih i pneumatskih sustava

### 2. OPREMA ZA NADZOR PROMETA BRODOVA

#### 2.1. Bepilotne letjelice + softver

2.1.1. Bepilotna letjelica DJI Matrice 210 V2 s optičkom i termalnom kamerom + softver

Optička kamera X5S

Termalna kamera XT2

Softver Pix4D Mapper

2.1.2. Bepilotni zrakoplov Phantom 4 RTK Comb

2.2. Uređaj za precizno pozicioniranje – Stonex S7G

2.3. Mini geodetska stanica - Stonex R15

2.4. Nadzorna dalekometna termovizijska kamera (Optical+IR, Rotacija)

### 3. DIJAGNOSTIČKA OPREMA ZA BRODSKE PORIVNE STROJEVE

3.1. Analizator ispušnih plinova brodskih dizelskih motora

3.2. Dijagnostička oprema za indiciranje tlakova u cilindrima brodskih motora

3.3. ID-Mobilni logger s GSM/GPRS za prijenos podataka porivnog stroja

### 4. MJERNA OPREMA ZA KONCENTRACIJU NO<sub>x</sub> U ZRAKU U LUKAMA

4.1. Spektrofotometar za mjerenje koncentracije NO<sub>x</sub> u zraku

### 5. DIJAGNOSTIČKA OPREMA BRODSKIH EL. UREĐAJA I AUTOMATIZACIJE

5.1. Laboratorij za automatiku

5.1.1. Laboratorij I15 - Dijagnostička oprema kontrolnih sustava

5.1.2. Laboratorij 512.

5.2. Laboratorij za električne strojeve (lab. 509)

5.3. Termovizijska kamera

### 6. UREĐAJ ZA ISPITIVANJE POLIMERNIH I KONVENCIONALNIH KLIZNIH LEŽAJEVA

# I. BRODSKI SIMULATORI

## I.1. Nautički simulatori

### I.1.1. Navi-trainer professional 5000 – NTPRO 5000-5,3 modul remorkera

Kat. broj: 111.11.000

#### Namjena:

Simulator se koristi za projekte poput planiranja upotrebe tegljača; proučavanje manevriranja u ograničenim vodama; operacijama priveza i odveza, uključujući tegljenje; istraga pomorskih nesreća, obuka posade, itd.

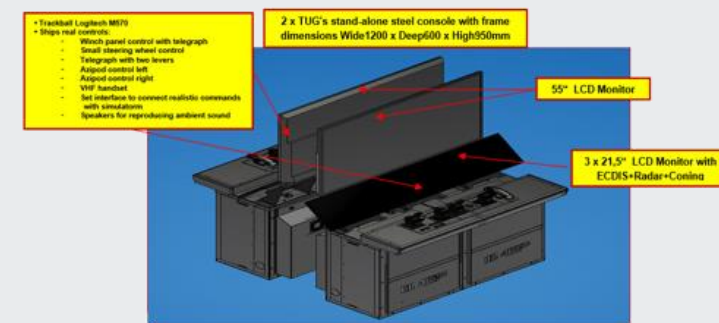
#### Kratki opis metode:

Na postojeći navigacijski simulator NTPro 5000 sastavljen od instruktorske stanice, zapovjedničkog mosta nautičkog simulatora s vizualnim prikazima 270° i 150°, ARPA/ECDIS simulatora i stanice za istraživanje i modeliranje nadograđen je navigacijski simulator koji obuhvaća nautički pomorski simulator modul remorkera.

#### Tehničke značajke:

- Metalna konzola za upravljanje tegljačem s 2xReal AZPOD kontrolama
- Softver vizualnog sustava za radnu stanicu za upravljanje zapovjedničkim mostom + 2 x CONING ekranima
- Softverski modul VHF komunikacije s telefonskom slušalicom
- Softver radne stanice s 1 x radarski + 1 x ECDIS ekran
- Softverski modul kontrole vitla + Panel kontrole vitla
- Softverski modul kontrole kormila + Mala real kontrola kormila
- Telegraf s dvije ručice
- Sučelje za povezivanje sa simulatorom NTPro 5000
- 1 x Dijagonalni ekran 55", rezolucija 1920x1080, omjer str. 16:9, sučelje, HDMI

- Komandni razglas I set



#### Dodatne informacije:

- [Marine Power \(wartsila.com\)](http://Marine Power (wartsila.com))
- Navigacijski simulator Wartsila - brošura

## I.1.2. Navi-trainer professional 5000-5,3 modul ribarice

Kat. broj: III.12.000

### Namjena:

Izuzetno realan model kočarskog sustava, napredni model ponašanja ribe pod utjecajem uvjeta plovila, koče i okoliša, moderni akustični uređaji za pronalaženje ribe i uređaji za kontrolu koče omogućuju stvaranje vježbi i treninga u različitim aspektima ribolovnih operacija.



### Kratki opis metode:

Na postojeći navigacijski simulator NTPro 5000 sastavljen od instruktorske stanice, zapovjedničkog mosta nautičkog simulatora s vizualnim prikazom 150°, nadograđen je navigacijski simulator koji obuhvaća simulator – modula ribarice.

### Tehničke značajke:

- Sustav za ribarenje (traženje i detox riba, manevriranje prilikom postavljanja ribarske opreme i rukovanje istom tijekom ribolova)
- Sustav za kontrolu i upravljanje hidroakustičkim instrumentima za ribarenje
- Sustav za prikaz vizualizacije okoline

### Dodatne informacije:

- Marine Power ([wartsila.com](http://wartsila.com))
- Navigacijski simulator Wartsila - brošura



### **I.1.3. GMDSS stanica za VTS**

Kat. broj: III.13.000

#### Namjena:

VTS simulatori udovoljavaju i premašuju relevantne zahtjeve navedene u IALA preporuci V-103 o standardima za osposobljavanje i certificiranje VTS osoblja. Oprema i softver simulatora oponašaju sve glavne VTS-ove funkcije i omogućuju instruktorima da kreiraju područja s različitim navigacijskim situacijama, kontroliraju ciljne brodove i generiraju različite scenarije i zadatke obuke. VTS simulatori u potpunosti odgovaraju funkcionalnim mogućnostima stvarnih Transas VTS sustava koji rade u desecima luka širom svijeta i mogu raditi u zajedničkom okruženju s navigacijskim i GMDSS simulatorima. Postojeći VTS simulator nadograđen je GMDSS simulatorom za komunikaciju s ostala dva zapovjedna mosta NTPro 5000 simulatora.

#### Kratki opis metode:

Simulirana oprema sastoji se od 5 setova opreme koja se odabire prije početka vježbe:

1. SAILOR 6000
2. SAILOR 5000
3. SAILOR Programme 4000
4. SAILOR Compact 2000
5. FURUNO (AI)

#### Tehničke značajke:

- VHF DSC radio station
- MF DSC radio station or MF/HF DSC radio station
- SES INMARSAT C radio station
- SES INMARSAT A ili B (simulator)
- NAVTEX receiver
- EGC receiver
- EPIRB unit (training model)
- SART unit (training model)
- VHF station



#### Primjena u industriji:

- Razvoj znanstveno-istraživačke infrastrukture i rada
- Izrada različitih maritimnih studija
- Aktivna uključenost u nacionalne i EU projekte u suradnji s gospodarstvom
- Naobrazba i praktična obuka studenata
- Izobrazba i obuka pomorskih nautičara uz provjeru stečenih znanja
- Upravljanje remorkerima
- Ribarenje



## I.1. Brodostrojarški simulatori

### I.1.1. Wartsila Dual Fuel Diesel Electric full mission simulator

Kat. broj: III.21.000

#### Namjena:

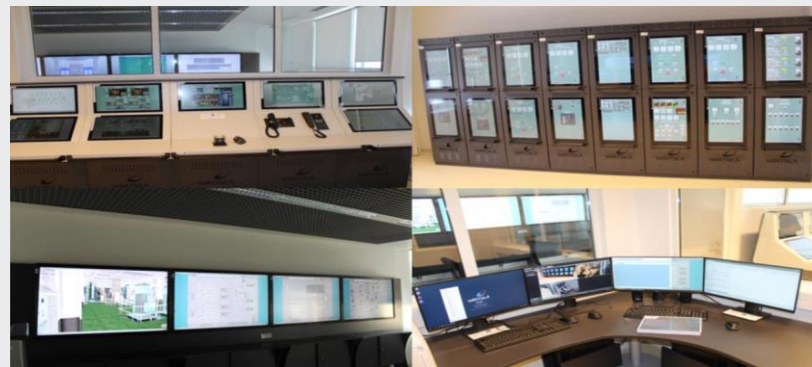
Samostojeći simulator integriran sa starim Wartsila simulatorom koji pruža kompletni virtualni prikaz rada strojarne. Pruža realno okruženje nalik brodu temeljeno na stvarnim hardverskim konzolama i visokokvalitetnoj 3D prezentaciji. Koristi se i za promatranje ponašanja posade u normalnim uvjetima rada, kompleksnim i izvanrednim situacijama, kritičnim stanjima i proučavanju međusobne interakcije.

#### Kratki opis metode:

Sustavi uključuju vitalne komponente, kao što su lokalno i daljinsko upravljanje glavnog motora, telegrafi motora, lokalni paneli strojarne i integrirani sustav automatizacije – osnovna obuka za rad sa sustavima strojarne (isplovljavanje, manevriranje, rad s kotlom). Napredna obuka za rad na sustavima strojarne (suočavanje i djelovanje u izvanrednim situacijama, pronalaženje i ispravljanje greške i vraćanje sustava strojarne u pogonsko stanje). Studije uštede i optimizacije (procjena komponenti sustava strojarne, procjena razlike vanjskih i unutarnjih uroka slabljenja, ekonomiziranje potrošnje goriva, parametrizacija i optimiziranje rada pojedinih komponenti sustava).

#### Tehničke značajke:

- Računalna tehnologija s monitorima osjetljivim na dodir omogućuje realistični prikaz opreme strojarne bazirano na LNG tankeru s dizel električnim pogonom koji koristi dvije vrste goriva (LFO/HFO i LNG plin)
- Simulator se sastoji od osnovnih funkcionalnih elemenata:
  - instruktorska stanica
  - sustav interne komunikacije
  - sustav video nadzora
  - konzola nadzornog sustava strojarne
  - konzola glavne rasklopne ploče električnog sustava strojarne
  - konzole generatora za nužnost
  - konzole lokalnog upravljanja sustava strojarne
  - sustav interaktivnog prikaza shematskih dijagrama i vizualizacije strojarne.



- Moduli koje posjeduje:
  - DFDE Modul
  - ANZAC Modul
  - OPV Modul
  - YASA Modul (Product Tanker)
  - Tanker LCC Modul
  - RoPax Modul
  - Steam Turbine LNG Modul
  - Container Ship Modul
  - AZIPOD Diesel-Electric Cruise Ship Modul
  - LNG Bunkering Modul\*

*\*Simulator promovira veću sigurnost na brodovima s pogonom na LNG poboljšavanjem razine osposobljenosti za rukovatelje LNG sustavima. Uključuje sve pomoćne sustave koji se koriste u vezi s opskrbom gorivom u skladu sa zahtjevima STCW-a za obuku pomoraca na brodovima na plin, prema standardima koje zahtijeva IGF-ov kodeks – međunarodni sigurnosni kodeks.*

Primjena u industrijama:

- Razvoj znanstveno-istraživačke infrastrukture, a kroz to i znanstveno-istraživački rad
- Izrada različitih maritimnih studija
- Istraživanje pomorskih nezgoda
- Aktivna uključenost i rad na nacionalnim i EU projektima u suradnji s gospodarstvom
- Naobrazba i praktična obuka studenata
- Izobrazba i obuka brodstrojara uz provjeru stečenih znanja
- Upravljanje VLCC, LNG, LPG, CHEMICAL tankerima, VLCV & ULCV, PCC, velikim brodovima za kružna putovanja, OFF Shore platformama, Anchor Handling (AHT)

Dodatne informacije:

- [Marine Power \(wartsila.com\)](http://wartsila.com)
- Navigacijski simulator Wartsila - brošura

## 1.1.2. Oprema i simulator za ispitivanje brodskih rashladnih uređaja

Kat. broj: 111.22.000

### Namjena:

ET 400 ispituje rashladni krug pod podesivim opterećenjem. Svrha rashladnog kruga je proizvodnja hladne vode. Voda teče kroz plašt izmjenjivača topline koaksijalne zavojnice, prenosi toplinu na rashladno sredstvo i time se hladi.

### Kratki opis metode:

Rashladni krug sastoji se od kompresora, kondenzatora s ventilatorom, termostatskog ekspanzijskog ventila i koaksijalnog izmjenjivača topline kao isparivača. Vodeni krug služi kao opterećenje, sastoji se od spremnika s grijačem i pumpe. Temperatura u spremniku podešava se preko regulatora. Voda teče kroz plašt izmjenjivača topline koaksijalne zavojnice, prenosi toplinu na rashladno sredstvo i time se hladi.

Sve relevantne izmjerene vrijednosti bilježe senzori. Istovremeni prijenos izmjerenih vrijednosti u softver za snimanje podataka omogućuje jednostavnu analizu i prikaz procesa u log pH dijagramu. Softver GUNT pruža točne podatke o stanju rashladnog sredstva koji se koristi za precizno izračunavanje masenog protoka rashladnog sredstva.



Model: **Gunt ET 400**

### Tehničke značajke:

- kapacitet hlađenja: cca. 479 W na 7,2 / 54,4°C
- potrošnja energije: 168W pri 7,2 / 54,4°C
- zapremina rashladnog sredstva: 0,4L
- količina vode: 0,8L
- površina prijenosa: cca. 1,25m<sup>2</sup>
- Pumpa
- Tenk

### Primjena u industriji:

- Strojevi za pakiranje
- Opća proizvodnja mehaničke opreme
- Proizvodnja alatnih strojeva
- Instalacijski sustavi
- Elektrotehnička / elektronička industrija i zanat

### Dodatne informacije:

- [Gunt ET 400 - brošura](#)

### 1.1.3. Oprema i simulator brodskih generatora pare s parnom turbinom

Kat. broj: III.23.000

#### Namjena:

ET 850 generator pare i ET 851 aksijalno parna turbina zajedno čine cjelinu laboratorijskog razmjera para elektrane.

#### Kratki opis metode:

ET 850 generator pare s grijačem na plin ima pumpu za mlaz vode koja evakuira zrak iz kondenzatora i stvara negativni tlak. Parni kotao je prolazni kotao s malim udjelom vode i kratkim vremenom zagrijavanja. ET 851 eksperimentalna jedinica je jedno-stupanjska aksijalna pogonska turbina s vertikalnom osi. Turbinom se može upravljati zasićenom parom ili pregrijanom parom. Para se širi u turbini i kondenzira kroz vodeno hladni kondenzator. Na turbinu se opterećuje kočenje vrtložnim strujama. Turbina ima beskontaktnu labirintnu brtvu na osovini s brtvenim krugom pare.

Turbina je opremljena sigurnosnim uređajima kako bi se spriječila oštećenja, poput pretjerano velike brzine ili tlaka u sustavu. Kako su sve komponente jasno raspoređene na prednjoj ploči, ciklički postupak može se lako nadzirati i razumjeti. Senzori bilježe temperaturu, tlak i protok na svim relevantnim točkama.

#### Tehničke značajke:

- Plamenik snage grijanja: 6kW
- Generator pare: max. temp. pare: 250°C; max. izlaz pare: 8kg/h; snaga pregrijača: 750W
- Područja mjerenja temp.: 0...400°C
- Jedno-stupanjska aksijalna impulsna turbina – unutarnji promjer rotora: 54mm; max. brzina: 40000min<sup>-1</sup>; max. ulazni tlak: 9bar abs., max. izlazni tlak: 1bar abs.; nominalna izlazna snaga: 50W



Model: **Gunt ET 850-851**

#### Primjena u industriji:

- Strojevi za pakiranje
- Opća proizvodnja mehaničke opreme
- Instalacijski sustavi

#### Dodatne informacije:

- [Gunt ET 850 - brošura](#)



## 1.1.4. PLC uređaj s opremom i programom za simuliranje i upravljanje brodskih hidrauličkih i pneumatskih sustava

Kat. broj: 111.24.000

### Namjena:

Modularni PLC S7-314C je serija za sistemska rješenja u proizvodnoj industriji sa širokim rasponom modula za sustave s distribuiranom strukturom.

### Kratki opis metode:

Sa svojom proširenom glavnom memorijom, pogodan za srednje i velike aplikacije. Integrirani digitalni i analogni ulazi/izlazi podržavaju izravno povezivanje s procesom; sučelje PROFIBUS DP *master/slave* podržava povezivanje s distribuiranim I/O dijelovima. CPU 314C-2 DP se koristi i kao distribuirana jedinica za brzu predobradu i kao regulator više razine sa sustavom sabirnice polja niže razine.

### Tehničke značajke:

- Programibilni logički kontroler-PLC: SIMATIC S7 CPU 314 C-PN/DP
- Centralna procesorska jedinica: radna memorija za program i podatke 192 KB
- Priključni napon: 24 V DC:
- Ulazni/izlazni (I/O) priključni kabel za podatke duljine 2,5 m sa SysLink konektorom prema normi IEEE 488.
- Analogni kabel paralelni, 15 pinski sa SUB-D konektorom na oba kraja, 1,5 m duljine.
- Softverski paket kompatibilan s I. i s Windows 7 64 bit, Core i5-644EQ 3,4 GHz, 16 GB RAM.
- Softverski paket: Statement list (STL), Function diagram (FUN), Ladder diagram (LDR), STEP 7-SCL structured text STEP 7-GRAPH function sequence diagram“

### Dodatne informacije:

- [SIMATIC S7-314C-2PN/DP - mrežna stranica](#)
- [SIMATIC S7-314C-2PN/DP - katalog](#)



Model: **SIMATIC S7-314C-2PN/DP**

## 2. OPREMA ZA NADZOR PROMETA BRODOVA

### 2.1. Беспilotne letjelice + softver

Kat. broj: 112.11.000

#### 2.1.1. Беспilotna letjelica DJI Matrice 210 V2 s optičkom i termalnom kamerom + softver

##### Namjena:

Mini беспilotna letjelica s propelerima dizajnirana za industrijsku i civilnu upotrebu.

##### Kratki opis metode:

Ovaj tip letjelice karakterizira vrlo lagano upravljanje zahvaljujući konstrukciji s četiri elise koja je vrlo stabilna prilikom leta. Uređaj za navigaciju i stabilizaciju letjelice zajedno s naprednom programskom podrškom upravlja radom svakog motora zasebno. Napredna programska podrška koja upravlja radom motora zajedno s GPS-om i inercijalnim sustavom automatski upravlja letom te detektira i ispravlja svaku destabilizaciju letjelice. Na taj se način letjelica može vrlo precizno gibati u prostoru, okretati oko svoje vertikalne osi, stabilizirati uslijed nagle promjene vanjskih utjecaja ili vrlo precizno izvesti unaprijed planirani let.

##### Tehničke značajke:

- istovremeni smještaj i mogućnost rada optičke i termalne kamere,
- korisna nosivost 1,34 kg,
- ma. vrijeme leta pod punim opterećenjem 20 minuta,
- max. brzina leta 81 km/h,
- otpornost za let na vjetru do 12m/s,
- kontrolor s ekranom min. veličine 7" s prikazom slika u realnom vremenu,
- max. udaljenost prijena signala 8 km,
- senzori za automatsko prepoznavanje prepreka (naprijed, gore, dolje),



Model: **DJI Matrice 210 V2**

- mogućnost automatskog programiranja leta,
- sustav pozicioniranja visoke preciznosti,
- otpornost na prašinu i vodu do razine IP43.

### Primjena u industriji:

- Vojna uporaba (pomorska, kopnena i zračna)
- Civilna uporaba (upravljanje katastrofama, potragom i spašavanjem)
- Medicina
- Zaštita okoliša
- Geodezija (projektiranje, rudarstvo, geologija i šumarstvo)
- Poljoprivreda
- Industrijska proizvodnja
- Nadzor policijskog djelovanja
- Obavještajna služba
- Novinarstvo

### **Optička kamera X5S**

#### Namjena:

DJI Zenmuse X5S je Micro 4/3 kamera dizajnirana za zračnu kinematografiju i sposobna za snimanje visokokvalitetnih 5,2K snimaka. Kontinuirane snimke u nizu mogu se snimiti u 20 slika u sekundi pri 20,8 MP u DNG.

#### Tehničke značajke:

- Senzor: CMOS 4/3"
- Efektivni pikseli: 20.8 MP,
- Veličina slike: 4:3, 16:9
- brzina okidanja: 8-1/8000s
- Gimbal kontrolirani nagib – Tilt: -130° do +40°; Pan: +-320°; Roll: +-20°
- GIMBAL s max. upravljivom brzinom – Tilt: 180°/s; Pan: 270°/s; Roll: 180°/s.

#### Dodatne informacije:

- Matrice 200 V2 - DJI - mrežna stranica
- DJI Matrice 210 V2 - mrežna stranica
- Case study: DJI aids DFDS in ferry terminal inspections and stock identification (commercialdroneprofessional.com)
- Case Study: Highlights the Benefits of Drones in Logistics Industry (dronelife.com)



#### Dodatne informacije:

- X5S - korisnički priručnik

Model: **DJI ZENMUSE X5S**

## Termalna kamera XT2

### Namjena:

Termički senzori otkrivaju detalje nevidljive golim okom čineći vidljivim suptilne razlike u temperaturi. Na ovakav način mogu se otkriti kada su prisutna oštećenja oprema ili zgrade i mjesto izgubljenih ljudi. Kada je XT2 postavljen na bespilotnu letjelicu serije V2, piloti imaju kombinirano rješenje koje proširuje operativni prozor za tehnologiju bespilotnih letjelica - omogućavajući pilotima da samouvjereno lete u uvjetima slabog osvjetljenja, kroz jak vjetar ili po kiši.

### Tehničke značajke:

- Leće 25mm
- Efektivnih piksela: 12 MP
- Termalna slika: Uncooled VOx Microbolometer
- Spektralna linija: 7.5-13.5  $\mu\text{m}$
- Digitalni zoom: 640x512: 1x, 2x, 4x, 8x,
- Veličina piksela 17 $\mu\text{m}$
- Optička slika: COMOS, 1/1.7

### Dodatne informacije:

- [XT2 - mrežna stranica](#)
- [XT2 - teh. specifikacije](#)
- [Case study: Thermal Inspection using drones \(skylinedrones.ro\)](#)



Model: **DJI ZENMUSE XT2**

## Softver Pix4D Mapper

### Namjena:

Vodeći fotogrametrijski softver za profesionalno mapiranje bespilotnim zrakoplovima

### Kratki opis metode:

Pix4Dmapper je profesionalni fotogrametrijski softver za izradu oblaka točaka, ortogonalnih projekcija (ortofoto), 3D modela (MASH), DTM-a iz fotografija. Pix4Dmapper automatski pretvara slike uzete dronom, ručno ili avionom u visoko-precizne, georeferencirane 2D mape (orto-foto) i 3D modele (oblak točaka, MASH).



Model: **Pix4D Mapper**



Tehničke značajke:

- R15 omogućava mjerenja na velike udaljenosti: 600 m u načinu bez reflektora i do 5000 m u jednoj prizmi, s mm točnošću i mjerenje udaljenosti u jednoj sekundi s preciznošću od 2 mm

Primjena u industriji:

- Energetika
- Poljoprivreda
- Prevencija i struktura požara
- Krovopokrivačke snimke
- Civilna zaštita (spašavanje)

Dodatne informacije:

- [PixforD – mrežna stranica](#)
- [Pix4Dmapper – mrežna stranica - eng](#)

## 2.1.2. Bespilotni zrakoplov Phantom 4 RTK Comb

### Namjena:

Mini bespilotna letjelica nudi centimetarski točne podatke, uz manje kontrolnih točaka na zemlji.

### Kratki opis metode:

DJI RTK i daljinski upravljač s ugrađenim zaslonom pružajući pojednostavljenu shemu upravljanja za istraživanje misija i druge scenarije prikupljanja podataka. Aplikacija GS RTK omogućuje pilotima da inteligentno kontroliraju svoj Phantom 4 RTK, s više načina planiranja, uključujući Fotogrametriju (2D i 3D), let po unaprijed definiranim međutočkama i svijest o terenu. S ugrađenim zaslonom piloti mogu jasno pregledavati i planirati svoje zadatke na 5,5-inčnom HD zaslonu.

### Tehničke značajke:

- Stabilan i pouzdan HD prijenos slike i videa na udaljenostima do 7 km, izvrsno za mapiranje većih web mjesta
- Max. vrijeme leta: 30 minuta,
- Max. nagibni kut: 25° - 42°,
- otpornost za let na vjetru do 10 m/s,
- automatski i manualni način rada,
- senzori za automatsko prepoznavanje prepreka (naprijed, nazad, dolje),
- max. udaljenost prijenosa signala: 7km
- optička kamera 1" CMOS
- efektivni pikseli: 20M

### Primjena u industriji:

- Vojna uporaba (pomorska, kopnena i zračna)
- Civilna uporaba (upravljanje katastrofama, potragom i spašavanjem)
- Medicina
- Zaštita okoliša
- Geodezija (projektiranje, rudarstvo, geologija i šumarstvo)
- Poljoprivreda



Model: **Phantom 4 RTK Combo**

- Industrijska proizvodnja
- Nadzor policijskog djelovanja
- Obavještajna služba
- Novinarstvo

### Dodatne informacije:

- [PHANTOM 4 RTK - mrežna stranica](#)

## 2.2. Uređaj za precizno pozicioniranje – Stonex S7G

Kat. broj: I12.14.100

### Namjena:

STONEX S7G GNSS prijamnik kombinira modernu tehnologiju pozicioniranja i svestranost moćnog ručnog uređaja, savršenog za prikupljanje zemljopisnih podataka, brzih i točnih mjerenja.

### Kratki opis metode:

Prijemnik se može koristiti u svim aplikacijama gdje je potreban centimetarski točan položaj kao što su GIS aplikacije.

### Tehničke značajke:

- S7G integrira GSM/GPRS modem koji omogućuje brzu i učinkovitu internetsku vezu izravno na terenu te Wi-Fi i Bluetooth tehnologiju

### Primjena u industriji:

- Energetika
- Poljoprivreda
- Prevencija i struktura požara
- Krovopokrivačke snimke
- Civilna zaštita (spašavanje)

### Dodatne informacije:

- S7G GNSS - mrežna stranica
- S7G GNSS - teh. specifikacije



Model: **Stonex S7G**

## 2.3. Mini geodetska stanica - Stonex R15

Kat. broj: I12.14.200

### Namjena:

Totalna stanica Stonex R15 odrađuje (ili nudi) precizna mjerenja udaljenosti i kutova.

### Kratki opis metode:

Ugrađeni terenski programi čine totalnu stanicu R15 prikladnim za svako gradilište, katastarske radove, mapiranje i iskolčenje. Nema ograničenja za mjerenje udaljenosti, do 5000 m s jednom prizmom, 600 m bez reflektora i 2" kao kutna točnost, uvijek jamče pouzdan proračun točaka.

### Tehničke značajke:

- R15 omogućava mjerenja na velike udaljenosti: 600 m u načinu bez reflektora i do 5000 m u jednoj prizmi, s mm točnošću i mjerenje udaljenosti u jednoj sekundi s preciznošću od 2 mm

### Primjena u industriji:

- Energetika
- Poljoprivreda
- Prevencija i struktura požara
- Krovopokrivačke snimke
- Civilna zaštita (spašavanje)

### Dodatne informacije:

- [Stonex R15 - mrežna stranica](#)



Model: **Stonex R15**



## 2.4. Nadzorna dalekometna termovizijska kamera (Optical+IR, Rotacija)

Kat. broj: I12.15.000

### Namjena:

Termalna kamera visoke toplinske osjetljivosti (<40mK) koja uz okretanje i nagib omogućuje fotoaparatu uhvatiti više slika pojedinosti i informacija o temperaturnoj razlici.

### Kratki opis metode:

Kamera pruža daljinsku temperaturnu funkcionalnost praćenja s mogućnošću podešavanja praga temperature alarma. Temperature objekta mogu se nadzirati danju ili noću. Kad temperatura pređe postavljeni prag, aktivira se alarm. Raspon temperatura je između -20°C do 550°C.

### Tehničke značajke:

- 640(H)x512(V) VOx neohlađena tehnologija toplinskog senzora
- Atermalizirana leća (termička), bez fokusa
- 1 / 1,9 " progresivno skeniranje od 2 megapiksela Sony CMOS
- Moćni 30x optički zoom
- Podrška za otkrivanje požara i alarm
- Max. brzina pomicanja 160°/s, beskrajno okretanje posude od 360°
- Do 300 unaprijed postavljenih postavki, 5 automatskog skeniranja, 8 obilaska, 5 uzoraka
- 7/2 alarma ulaz / izlaz

### Primjena u industriji:

- Energetika
- Poljoprivreda
- Prevencija i struktura požara
- Krovopokrivačke snimke
- Civilna zaštita (spašavanje)

### Dodatne informacije:

- DAHAU - mrežna stranica
- DH-TPC-PT8620A-T - teh. specifikacije
- Case Study: Compton USD police station (dahuasecurity.com)



Model: **DAHUA DH-TPC-PT8620A-T**

## 3. DIJAGNOSTIČKA OPREMA ZA BRODSKE PORIVNE STROJEVE

### 3.1. Analizator ispušnih plinova brodskih dizelskih motora

Kat. broj: I13.I1.000

#### Namjena:

Služi za analizu sastava plinova nastalih izgaranjem goriva, mjerenje tlakova, vlažnosti, određivanje brzine strujanja plinova i stupnja korisnosti procesa izgaranja.

#### Kratki opis metode:

Metoda mjerenja osniva se na primjeni elektrokemijskih ćelija. U ćelije dolaze suhi ispušni plinovi iz kojih je prethodno odstranjena vlaga u sušiocu koji je integralni dio uređaja. Plin za analizu usisava se pomoću sonde kojom se istovremeno mjeri i temperatura plina na mjestu usisavanja termoparom NiCr-Ni (tip K). Za više temperature plinova izgaranja, do 1370°C (u blizini plamena ili u zoni izgaranja) služi sonda duljine 2 m izrađena od keramičkog materijala na bazi aluminijevih oksida. Sve izmjerene vrijednosti mogu se očitati, memorirati i ispisati na upravljačkoj jedinici, a postoji mogućnost memoriranja većeg broja podataka.

#### Tehničke značajke:

- Analizator mjeri kisik (0–25%), ugljični monoksid (0–10 000 ppm), dušikov oksid (0–4000 ppm), dušikov dioksid (0–500 ppm), sumporni dioksid (0–5000 ppm), sumporovodik (0–300 ppm) i temperaturu (-200–1370°C);
- Izračunava ugljični dioksid (0–max. volumena CO<sub>2</sub>) i učinkovitost (0–100%).

#### Primjena u industriji:

- Nema pripreme uzorka, nego pripreme aparature za uzorkovanje:
- u izravnom mjerenju i nadzoru na brodu
- povremeni pregledi i posredni pregledi
- u pojednostavljenom postupku ispitivanja i mjerenja

#### Dodatne informacije:

Testo 350 Maritime - mrežna brošura



Model: **Testo 350 Maritime**

## 3.2. Dijagnostička oprema za indiciranje tlakova u cilindrima brodskih motora

Kat. broj: I13.12.000

### Namjena:

Uređaj za ručno mjerenje indikatora tlaka u cilindru. Model MarPrime Ultra je ultrazvučni senzor. Omogućuje vrlo precizno određivanje vremena motora - poput početka i završetka procesa ubrizgavanja i vremena ventila motora.

### Kratki opis metode:

MarPrime sustav koristi električni pretvarač tlaka koji omogućuje precizno mjerenje tlaka u cilindru. Električni pretvarač brzo i jednostavno prikuplja i bilježi cijeli niz podataka o performansama motora. Brzi prijenos podataka omogućen je putem mreže ili USB veze. Korištenjem softvera uređaja izmjereni slijed tlaka može se točno prikazati u ovisnosti o kutu ručice.



Model: **Maridiz MarPrime Ultra**

### Tehničke značajke:

- Mjeri i analizira proces izgaranja dvo- i četverotaktnih brodskih dizel motora
- Dinamički TDC izračun
- Točan izračun snage
- Visoko precizan osjetnik tlaka u cilindru
- Jednostavno rukovanje
- Mjerenje na svakom motoru
- Softver za samo objašnjenje i ocjenu
- Mogućnost konfiguriranja uređaja (na zahtjev)

### Primjena u industriji:

- Dvo- i četverotaktni brodski dizel motori i stacionarne elektrane
- Mjerenje svih motora u strojarnici

### Dodatne informacije:

- [MarPrime & MarPrime Ultra - mrežna stranica](#)
- [Maridiz MarPrime Ultra - korisnički priručnik](#)

### 3.3. ID-Mobilni logger s GSM/GRRS za prijenos podataka porivnog stroja

Kat. broj: I13.13.000

#### Namjena:

InteliDrive Mobile Logger je izuzetno fleksibilni sofisticirani zapisnik podataka, koji ima izvanredan nadzor i praćenje povijesti za dizel motore. Data Logger za mobilne i industrijske aplikacije s pogonom na dizelski motor. Rješenja za kontrolu napajanja i distribuciju: rasklopni uređaji, generatorske komande i prilagođene ploče

#### Kratki opis metode:

Program upravlja voznim parkom s lokalizacijom GSM/GPS i geofencing s podrškom za daljinsko praćenje. Podrška motora pomoću ECU-om – sustav pristupa svim dostupnim vrijednostima. Zapisnik događaja i izvedbe je ugrađen. Motori se mjere pomoću senzora i aktuatora ili putem J1939.

#### Tehničke značajke:

- 8 Binarni ulazi
- 11 Podesivih analognih ulaza
- 1 x frekvencijski ulaz za mjerenje br. okretaja
- 2 x impulsna ulaza
- LED indikacija statusa
- Komunikacijsko sučelje RS485, 2xCAN, J1939
- Mogućnost povezivanja s vanjskim zaslonima
- Brojilo radnih sati, brojač pokretanja, mjerenje napona baterije
- Integralno mjerenje potrošnje goriva
- Mogućnost prijave operatora putem iButtona
- Veličina memorije do 524 000 zapisa
- LoggerHistoryExport PC softver s formatima za preuzimanje: xls, csv
- Zaštita od prašine i vode IP67
- Radna temperatura: - 40 do + 80°C



Model: Data Logger v.1.5

#### Primjena u industriji:

- Telekom
- Ulje plin
- Marinac
- Centri podataka
- Rudarstvo
- Obnovljivi izvori

#### Dodatne informacije:

- Case studies: ComAp control
- IntelDrive Mobile Logger - mrežna stranica



## 4. MJERNA OPREMA ZA KONCENTRACIJU NO<sub>x</sub> U ZRAKU U LUKAMA

### 4.1. Spektrofotometar za mjerenje koncentracije NO<sub>x</sub> u zraku

Kat. broj: 114.10.000

#### Namjena:

Kombinirani prijenosni uređaj (spektrofotometar) za mjerenje koncentracije NO<sub>x</sub> u zraku s mogućnošću praćenja i mjerenja koncentracije dušičnih oksida (NO i NO<sub>2</sub> - NO<sub>x</sub>) u okolnom zraku (nastalih kao produkt izgaranja goriva) u cilju praćenja stupnja zagađenja zraka.

#### Kratki opis metode:

Model T200 NO / NO<sub>2</sub> / NO<sub>x</sub> analizator koristi dokazanu detekciju kemoluminiscencije. Taj princip rada i napredna state-of-art elektronika omogućavaju precizna, pouzdana i kontinuirana mjerenja kvalitete vanjskog zraka, dimnih plinova i druge primjene koje zahtijevaju veliku preciznost.

#### Tehničke značajke:

- Dolazi sa softverom za daljinsko računalo koji omogućuje daljinsku vezu s virtualnim sučeljem i mogućnost preuzimanja podataka te sveobuhvatno interno pohranjivanje podataka (data logging) s programibilnim prosječnim razdobljima.
- Napredni zaslon u boji
- Mjerni raspon : 0-50 ppb do 0-20 ppm, korisnik može sam odabrati

#### Primjena u industriji:

- Istraživanje
- Monitoring okoliša

#### Dodatne informacije:

- Teledyne T200 - mrežna brošura
- Case study: Prediction of the Level of Air Pollution Using Principal Component Analysis and Artificial Neural Network Techniques: A Case Study in Malaysia. SpringerLink



Model: **Teledyne T200**

## 5. DIJAGNOSTIČKA OPREMA BRODSKIH EL. UREĐAJA I AUTOMATIZACIJE

### 5.1. Laboratorij za automatiku

Kat. broj: I15.50.000

#### 5.1.1. Laboratorij I15 - Dijagnostička oprema kontrolnih sustava

##### Namjena:

RT 580 olakšava praktično učenje u kontroli tri kontrolirane varijable koje su uobičajena pojava u procesnom inženjerstvu.

##### Kratki opis metode:

Za kontrolu razine i protoka predviđen je krug sa sabirnim spremnikom, pumpom i graduiranim spremnikom. Kao pogon koristi se pneumatski upravljački ventil. Na izlazu iz spremnika nalazi se ventil koji generira promjenljivu smetnju u kontroli razine. Dva kruga koriste se za kontrolu temperature. Rashladni sustav hladi vodu u spremniku. Pumpa cirkulira vodu preko izmjenjivača topline (krug hlađenja). Grijač zagrijava vodu u graduiranom spremniku. Druga pumpa također cirkulira toplu vodu putem izmjenjivača topline. U izmjenjivaču topline zagrijava se voda u krugu hlađenja. Kontrolirana varijabla je temperatura vode u rashladnom krugu nakon zagrijavanja u izmjenjivaču topline. Pogon je pneumatski upravljački ventil koji podešava brzinu protoka tople vode. Kaskadna kontrola je također moguća za kontrolu temperature.

##### Tehničke značajke:

- Spremnici:
  - miješani spremnik s vagom: približno 10L
  - sabirni spremnik: cca. 75L
- Centrifugalna pumpa glavnog kruga, max. brzina protoka: približno 4500L/h, max. glava: cca. 14m, 2 pumpe, rashladni krug i rashladni sustav, max. brzina protoka: približno 2800L/h, max. glava: cca. 4m
- Izlazna snaga grijača: približno 2kW
- PLC: Eaton XV-303, 3 integrirana regulatora koja se mogu parametarski regulirati kao P, PI ili PID regulator
- Rashladno sredstvo: R513A, GWP:63 l, volumen punjenja: 2300g
- Ekvivalent CO 2:1,5t



Model: **Gunt RT 580**

#### Primjena u industriji:

- Mehatronika
- Tehnike grijanja, hlađenja, ventilacije i klimatizacije
- Mehanika fluida
- Tekući strojevi
- Hidraulika za niskogradnju
- Procesno inženjerstvo

- 2E energija (solarna energija, hidroenergija i energija oceana, snaga vjetra, biomasa, geotermalna energija)
- 2E okoliš (voda, zrak, tlo i gubljenje)

#### Dodatne informacije:

- [Gunt RT 580 - mrežna stranica](#)
- [GUNT RT 580 - brošura](#)
- [GUNT - mrežna brošura](#)

### 5.1.2. Laboratorij 512.

- **Oprema za ispitivanje blizinskih industrijskih senzora**

#### Namjena:

Ovaj komplet za obuku može se koristiti za istraživanje odabira različitih tipova senzora koji se obično koriste u industrijskoj automatizaciji: optički, kapacitivni i induktivni blizinski prekidači za bilježenje pomaka i blizine. Ti su senzori postavljeni na osnovnu ploču s odgovarajućim priborom. Udaljenost okidača određuje se pomicanjem držača senzora. U tu svrhu osnovna ploča ima vagu. Odvojena opskrbrna jedinica napaja senzore i prikazuje svjetlo uključivanja putem dioda koje emitiraju svjetlost.



Model: **Gunt IA 120**

- **Oprema za ispitivanje senzora temperature**

Namjena:

Snimanje temperature jedan je od osnovnih zadataka u mjeriteljstvu. Električni temperaturni senzori najčešće se koriste u automatizacijskim aplikacijama, ali uobičajeni tipovi termometara i dalje se široko primjenjuju u mnogim područjima. Eksperimentalno postavljanje pokriva cijeli raspon metoda mjerenja temperature. Kao i neelektrične metode mjerenja, poput termometra napunjenih plinom i tekućinom i bimetalni termometri, u eksperimentima su obuhvaćene sve tipične električne metode mjerenja.



Model: **Gunt VL 202**

- **Oprema za ispitivanje kaskadne regulacije**

Namjena:

Eksperimentalna jedinica pruža sveobuhvatan eksperimentalni uvod u osnove kontrolnog inženjerstva na primjeru kombinirane regulacije protoka i razine. Razina i brzina protoka mogu se kontrolirati pojedinačno i kao kaskada. U kaskadnom načinu razina je primarno kontrolirana varijabla.



Model: **Gunt RT 674**

- **Oprema za industrijske kontrolere**

Namjena:

Ova eksperimentalna jedinica upoznaje studente s radom i funkcijom najsuvremenijeg industrijskog kontrolera. Pomoću ovog kontrolera moguće je kontrolirati vanjske upravljane modele sustava. Kao i ručno konfiguriranje i podešavanje parametara pomoću tipki, kontroler se može konfigurirati (isporučuje se softver za konfiguraciju) s računala putem USB-a.



Model: **Gunt RT 350**

- **Oprema za ispitivanje i kalibraciju senzora pritiska**

Namjena:

Eksperimentalna jedinica IA 110 može se koristiti za kalibraciju elektroničkog osjetnika tlaka u praktičnim uvjetima. Komplet također uključuje drugi senzor tlaka u obliku izrezanog modela za veću jasnoću. Cijela eksperimentalna jedinica smještena je u kompaktno kućište i njome se lako rukuje.

Primjena u industriji:

- Tekstilni strojevi
- Strojevi za pakiranje
- Opća proizvodnja mehaničke opreme
- Zgrada kontrolora
- Proizvodnja alatnih strojeva
- Instalacijski sustavi
- Elektrotehnička / elektronička industrija i zanat

Dodatne informacije:

- [Gunt mehatronika - mrežne brošure](#)



Model: **Gunt IA 110**



## 5.2. Laboratorij za električne strojeve (lab. 509)

Kat. broj: I15.60.000

- **Oprema za snimanje i ispitivanje električnih uređaja**

Model CO3636-6V – mogućnost mjerenja i grafičkog prikaza mehaničkih i električkih veličina (brzina, moment, mehanička snaga, struja, napon, radna, jalova i prividna snaga, efikasnost, faktor snage...).

- **Dijagnostička oprema za simulacije različitih tipova oštećenja električnih strojeva**

Model EEM 10-3 – asinkroni trofazni strojevi, set za mehaničko rastavljanje električnog stroja i zamjenu pojedinih dijelova, a sve uz normalan rad stroja (sastoji se od statora, kliznokolutnog rotora i kaveznog rotora – kao alternative standardnim 0.3kW strojevima).

Model EEM 4.5-3 – simulator grešaka na trofaznim asinkronom motoru pomoću mjerenja otpora u beznaponskom stanju.

- **Oprema za simulaciju električnih strojeva i pogona, kompatibilno s MATLAB**

Modeli EPE 40-3, EPE 41-3 i EPE 51-3 MATLAB – omogućuje brzu izradu prototipova sustava upravljanja s otvorenom i zatvorenom petljom.

- **Oprema za ispitivanje, razvoj i implementaciju energetski efikasnih pogona**

Model EEM 11 SET – trofazni asinkroni motor, 0.3kW  $n=1400$  (230V/400V).

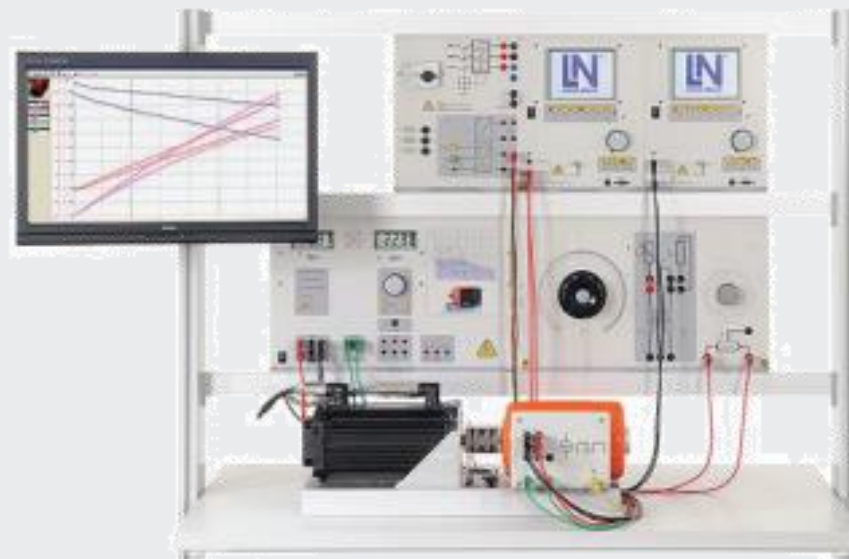
- **Oprema za upravljanje istosmjernim električnim pogonom**

Model EEM 2-3 SET – istosmjerni univerzalni stroj s compoundnom uzbudom, 0,3kW.

Model EPE 30-3 i EPE 31-3 SET – elektromotorni pogoni s istosmjernim električnim strojem. Linijski komutirani pretvarač čiji sustav omogućava konstrukciju i ispitivanje sklopova napajanja s diodama, tiristorima i triacima.

- **Oprema za upravljanje trofaznim izmjeničnim električnim pogonom**

Model CO3636-6V – set za ispitivanje el. strojeva 0,3kW uključujući i programski paket ActiveServo.



Model *EEM 5-3 SET* – sinkroni strojevi i sinkronizacija na mrežu. Trofazni strojevi s mogućnošću upotrebe kao sinkroni generator i sinkroni motor.

Model *EEM 4.1-3 SET* – asinkroni trofazni strojevi s kaveznom rotorom. Trofazni asinkroni motor, kavezni rotor, 0.3kW - industrijska verzija s pojačanim startnim momentom.

Model *EEM 4.2-3 SET* – asinkroni trofazni strojevi s kaveznom rotorom, Dahlander spoj. Trofazni asinkroni motor s promjenom broja polova, Dahlander, 0.3kW (dvobrzinski motor).

Model *EEM 4.3-3 SET* – asinkroni trofazni strojevi s kaveznom rotorom, dvostruki statorski namot. Trofazni motor s kaveznom rotorom, promjenjivim brojem polova, dva odvojena namota statora, 0.3kW.

Model *EEM 3.4-3 SET* – jednofazni motor s pogonskim i startnim kondenzatorom. Jednofazni indukcijski motor s kondenzatorom za pokretanje i rad, 0.3kW.

#### Primjena u industriji:

- Grijanje, Ventilacija, Klimatizacija, Rashladna tehnika
- Sigurnost prehrambenih proizvoda
- Farmacija i zdravlje
- Automatizacija
- IMS industrijski mehatronički sustav – nova generacija
- Industrija 4,0
- Robotika

#### Dodatne informacije:

- [AC strojevi - mrežna brošura](#)
- [Lucas-Nuelle - mrežna stranica](#)

### 5.3. Termovizijska kamera

Kat. broj: I15.31.000

#### Namjena:

Termovizijska kamera Testo 885 za građevinsku i industrijsku termografiju uz dvije leće (standardne, 25° ili telefoto leća).

#### Kratki opis metode:

Visokokvalitetni infracrveni sustav mjerenja znači da se pouzdano mogu otkriti gubici energije ili toplinski mostovi u zgradama, omogućujući provođenje sveobuhvatnih energetske konzultacije. Unutarnje curenje može se pouzdano locirati, bez potrebe demontiranja sustava kabela ili cjevovoda.

#### Tehničke značajke:

- Veličina detektora 320 x 240 piksela = 76.800 mjernih mjesta temperature, uz SuperResolution tehnologiju koja može poboljšati kvalitetu slike na 640 x 480 piksela
- Toplinska osjetljivost <30 mK = tako da se vide i najmanje temperaturne razlike
- Spremanje termalnih slika u JPEG formatu
- Ergonomska rotirajuća ručka i rotirajući sklopivi zaslon omogućava mnogo kutova kamere
- Mjerenje visoke temperature do 1.200°C

#### Primjena u industriji:

- Preventivni remont (električno i mehaničko održavanje)
- Otkrivanje strukturnih nedostataka i osiguravanje kvalitete gradnje
- Termografija
- Sprečavanje stvaranja plijesni
- Provjera sustava grijanja i instalacija
- Lokaliziranje puknuća cijevi
- Lociranje curenja u ravnim krovovima
- Sigurno mjerenje visoke temperature
- Istraživanje i razvoj
- Opskrba energijom (proizvodnja i distribucija)

#### Dodatne informacije:

- Testo 885 - mrežna brošura



Model: **Testo 885 V2**

## 6. UREĐAJ ZA ISPITIVANJE POLIMERNIH I KONVENCIONALNIH KLIZNIH LEŽAJEVA

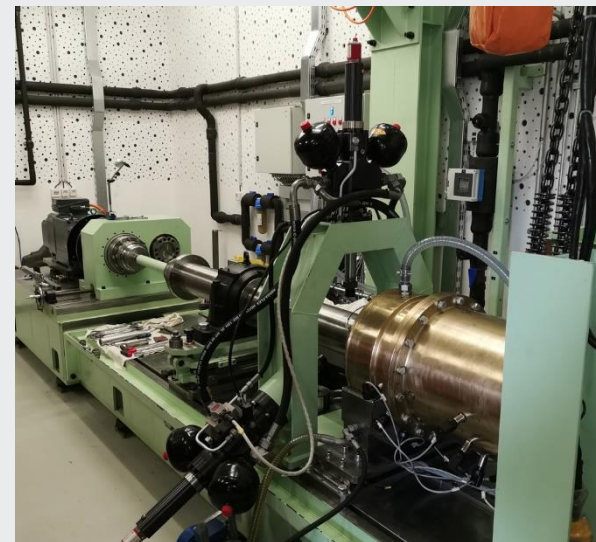
Kat. broj: I18.10.000

### Namjena:

Ispitivanje kliznih ležajeva ima za cilj podešavanje njihovih konstrukcijskih i pogonskih parametara, te svakako doprinosi njihovoj energetske učinkovitosti i ekološkoj prihvatljivosti. Uređaj omogućuje ispitivanja ležajeva različitih konstrukcijskih oblika (radijalni ležajevi: ležaj međuvratila, prednji statveni ležaj, stražnji statveni ležaj ili ležaj u skroku; aksijalni odzivni ležajevi), dimenzija (nazivnih promjera  $\text{Ø}60 \text{ mm} \dots \text{Ø}300 \text{ mm}$ , omjera duljine i promjera  $0,5 : 1 \dots 2,0 : 1$ ), ležajnih materijala (bijela kovina, polimeri, sinterirani materijali, guma, keramika ili neki drugi materijal koji se u budućnosti pojavi kao prikladan), materijala maziva (ulje, slatka voda, morska voda, namjenska tekućina za polimerne ležajeve u zatvorenim sustavima brtvljenja kao npr. ThorLube, emulzija morske vode i masti, izostanak podmazivanja-rad na suho, ...), brzine vrtnje, pogonskog opterećenja (za aksijalne ležajeve uzdužnom silom, za radijalne ležajeve izabranom silom samo u okomitoj ravnini ili silama koje će rezultirati unaprijed odabranim nagibom rukavca vratila u odnosu na ležajnu blazinicu izvan okomite ravnine), kao i temperatura maziva. Uređaj omogućava mjerenje sljedećih veličina: stvarnog opterećenja silama, brzine vrtnje vratila, amplitude vibracija, temperature ležajne blazinice, razdiobe tlakova u sloju maziva, ležajnih reakcija, okretnog momenta pogonskog elektromotora, okretnog momenta trenja uslijed trenja u ispitnom ležaju, debljine sloja maziva (relativnog položaja rukavca u odnosu na ležaj), protoka maziva, viskoznosti maziva, kao i svojstava čestica u mazivu koje se pojavljuju uslijed trošenja ležaja.

### Kratki opis metode:

Ispitivanje radijalnih ležajeva međuvratila metodološki se odvija konfiguraciji uređaja koja je obrnuta u odnosu na uobičajenu na brodu: os vratila je fiksna, a ispitni ležaj se radijalno pomiče na hidrostatičkim osloncima. Za ispitivanje ostalih radijalnih ležajeva služi konfiguracija jednaka onoj na brodu: os ležaja je fiksna, a vratilo se pomiče u vertikalnoj ravnini ili koso u odnosu na os ležaja. Vratila uređaja se pokreću pogonskim trofaznim asinkronim elektromotorom s frekventnim pretvaračem, koji omogućava zadavanje bilo koje brzine vrtnje unutar radnog područja. Izmjenjiva vratila stepenastog oblika omogućavaju ispitivanje ležajeva različitih dimenzija. Budući da je okretni moment motora pri nekoj brzini vrtnje uravnotežen momentima trenja uslijed gubitaka u ispitnom i ostalim ležajevima, uređaj je energetski učinkovit, jer ne sadrži kočnicu niti sličan potrošač snage. Sustav nadzora i mjerenja namijenjen je automatskom podešavanju temperature spremnika maziva na zadanu vrijednost, automatsko upravljanje opterećenjem ispitnih ležajeva, upravljanje temperaturom sustava grijanja i hlađenja, prikaz parametara svih sustava na zaslonima upravljačkih konzola, alarmne sustave abnormalnih uvjeta rada, automatsko isključivanje uređaja u situacijama prekoračenja graničnih uvjeta rada, grafički i numerički prikaz radnih parametara sloja maziva i samih ležajeva, kao i obradu prikupljenih podataka LabVIEW softverom.



Konfiguracija za ispitivanje statvenog polimernog ležaja  $\phi 300 \text{ mm}$ , omjera 2:1; pogled s pogonske strane.

### Tehničke značajke:

Pogonski elektromotor uređaja je nazivne snage oko 42 kW, izvedbe S2-30 min, nazivne brzine vrtnje 730 min<sup>-1</sup> i najveće brzine vrtnje 3600 min<sup>-1</sup>. Nazivne brzine vrtnje ležajnih rukavaca su 30 ... 3600 min<sup>-1</sup>. Ovako visoka gornja granica premašuje vrijednosti iz uobičajene pomorske inženjerske praksi, ali će pokrivati druge moguće primjene. Planetarni prijenosnik omogućava odabir prijenosnog omjera 1:1 (za ispitne ležajeve manjih promjera) ili 7:1 (za veće ispitne ležajeve, kad je potreban veći okretni moment za svladavanje momenata trenja). Pogonsko opterećenje za aksijalne ležajeve iznosi najviše 400 kN. Pogonsko opterećenje za radijalne ležajeve, tj. radijalna sila je u rasponu 1 ... 100 kN.

Predviđena je mogućnost rada ispitnih ležajeva u različitim uvjetima podmazivanja: pri podmazivanju uljem, morskom i slatkom vodom, kao u uvjetima nedovoljnog podmazivanja - rad na suho. Ulazne temperature maziva su u rasponu -2 ... 32°C. Najveća temperatura maziva u ležaju pri kojoj se uključuje alarm iznosi 65°C. Projektirani protok morske vode kroz ležaj je 60 lit/min. U krugu sustava podmazivanja ispitnog ležaja ugrađeni su rashladnici maziva sa spremnicima za raznovrsna maziva, te odgovarajući filteri i optočne pumpe. Rashladni sustav svih vrsta maziva izveden je u skladu s uobičajenim brodskim izvedbama.

### Opseg mjerenja tijekom ispitivanja:

*Opterećenje ležajeva ili vratila:* Postavljeno opterećenje ležaja ili rukavca u području od 1 do 100 kN nadzire se tijekom cijeloga ispitivanja. Izmjerene vrijednosti opterećenja daju se u zavisnosti od kuta zakreta rukavca i vremena. Klasa točnosti mjernog uređaja je 1.

*Mjerenje brzine vrtnje,* okretaja rukavca i broj radnih ciklusa: Mjeri se i bilježi postavljena brzina vrtnje rukavca, ukupan broj okreta rukavca i broj radnih ciklusa. Klasa točnosti mjernog uređaja je 0,4.

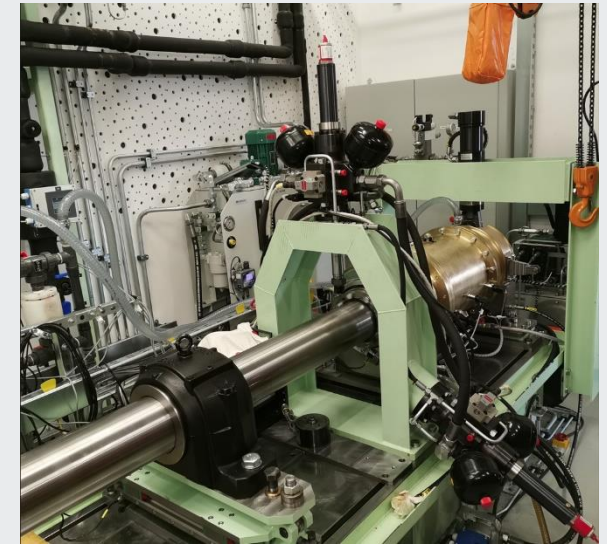
*Mjerenje amplituda vibracija:* Na odabranom mjestu na vratilu mjere se vibracijski pomaci i brzine. Svrha ovoga mjerenja je držati sustav pod nadzorom, kao i spriječiti da vibracije vratila utječu na ispitivanje ležajeva. Klasa točnosti mjernog uređaja je 1.

*Mjerenje temperature:* Mjere se slijedeće temperature: temperatura okoline (tj. radnog prostora), temperatura maziva u spremniku, temperatura maziva na ulazu u ležaj, temperatura maziva na izlazu iz ležaja, temperatura ležajne blazinice i temperatura kućišta ležaja. Apsolutna mjerna pogreška je 0,5°C

*Mjerenje tlaka:* Cilj je odrediti najveći tlak u ležaju i njegovu raspodjelu po opsegu i duljini. Na obuhvatnom kutu od 180° postavljeni su senzori tlaka (7 komada) u sredini ležajne blazinice na međusobnom razmaku od 30°. Za detektiranje rubnih tlakova postavljeni su dodatni senzori tlaka (njih 2 x 7). Očitovanje senzora je sinkrono – s pomoću 12-kanalnog pojačala. Klasa točnosti senzora tlaka je 1.

*Mjerenje reakcija u ležaju ispitnog modula:* U slučaju kad se ispituje statveni ležaj - konzolna konfiguracija mjere se komponente ležajne reakcije. Klasa točnosti mjernog uređaja je 1.

*Mjerenje okretnog momenta pogonskog elektromotora:* Pogonski elektromotor prvenstveno savladava otpore trenja u svojim ležajevima, radijalnim valjnim ležajevima i kliznom ispitnom ležaju. Upravljanjem momentom elektromotora nadzire se cjeloviti sustav uređaja i osnova je za postavljanje alarma. Dopuštena pogreška u prikazu okretnog momenta elektromotora je ±10%.



Konfiguracija za ispitivanje statvenog polimernog ležaja  $\phi$  300 mm,  $\lambda=2$ ; pogled s uređajima za opterećenje ispitnog ležaja.



*Mjerenje momenta trenja u ležaju:* Konačni cilj ovoga mjerenja redovito je određivanje snage gubitaka u ležaju, odnosno energije utrošene za savladavanje trenja. Klasa točnosti uređaja za mjerenje momenta trenja je 2.

*Mjerenje zračnosti u ležaju.* Zagrijavanjem, trošenjem i bubrenjem ležajnog materijala tijekom ispitivanja se mijenja apsolutna zračnost dosjeda ležaj-rukavac. Dopuštena pogreška mjera zračnosti je  $\pm 5 \cdot 10^{-5}$  nazivnog promjera ležaja.

*Mjerenje debljine sloja maziva:* Od trenutka postizanja hidrodinamičkog podmazivanja daljnjim povećanjem brzine vrtnje rukavca povećava se najmanja debljina sloja maziva. Debljina sloja maziva se mjeri bezkontaktnom metodom s pomoću kapacitivnih senzora, pri čemu je pogreška mjera debljine sloja maziva  $\pm 1 \mu\text{m}$ .

*Mjerenje protoka maziva kroz ležaj:* Tijekom ispitivanja zbog promjene različitih parametara mijenja se protok maziva kroz ležaj. Mjeri se protok maziva kroz ležaj u periodu postizanja stacionarnog stanja, kao i u stacionarnom stanju. Klasa točnosti uređaja za mjerenje protoka maziva kroz ležaj je 4.

*Mjerenje viskoznosti maziva:* Promjenom temperature i tlaka mijenja se viskoznost maziva. Kao alternativa mjerenje viskoznosti maziva u ležaju prihvaćeno je mjerenje viskoznosti maziva na ulazu i izlazu iz ležaja. Klasa točnosti uređaja za mjerenje viskoznosti maziva je 2.

*Analiza količine i veličine čestica materijala ležaja i rukavca u mazivu:* U radu se troše površine ležaja i rukavca. Čestice materijala ležaja i rukavca se trebaju odvoditi iz ležaja mazivom i odstranjivati filtriranjem. Trošenje površina tijekom ispitivanja nadzire se laserskom ili optičkom metodom brojanja čestica.



Konfiguracija za ispitivanje radijalnog polimernog klznog ležaja  $\phi$  300 mm,  $\lambda=1$ ; pogled s pogonske strane.

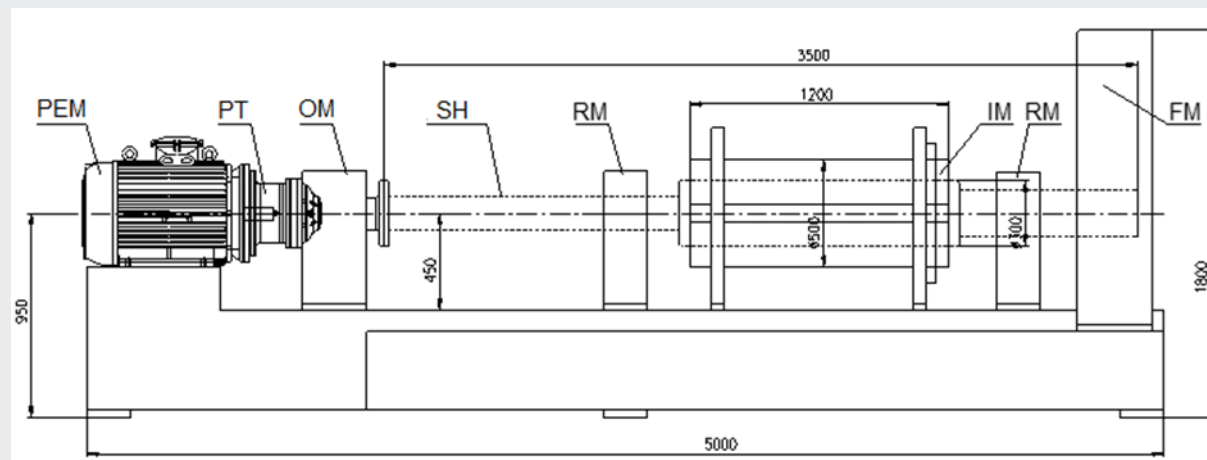


Konfiguracija za ispitivanje radijalnog polimernog klznog ležaja  $\phi$  300 mm,  $\lambda=1$ ; pogled s uređajima za opterećenje ispitnog ležaja.



Osnovni koncept uređaja za ispitivanje razvijen je u modularnom obliku, što omogućuje jednostavnu izmjenu namjenskih konfiguracija ispitnog uređaja. Osnova uređaja je zavareno, žareno i strojno obrađeno postolje prikladne krutosti i čvrstoće na koje se postavljaju odgovarajuće radne skupine uređaja (modula). Dimenzije postolja su takve da mogu prihvatiti sve module i omogućiti ispitivanje ležajeva najvećih promjera, kao i vratila najveće duljine.

Uređaj za ispitivanje je modularno dizajniran kao sklop koji se sastoji od sljedećih modula:



- pogonski modul (PEM);
- priključni modul (PT);
- modul prijenosa zupčanika (OM);
- osovina male krutosti s elastičnim spojnicama (SH);
- ispitni modul (IM);
- radijalni modul (RM);
- potisni modul (TM);
- modul opterećenja (FM);
- modul za podmazivanje (MP);
- rashladni modul (MH); i
- upravljački modul (UM).

Pogonski modul (PM) sastoji se od elektromotora (PEM) i priključnog modula (PT) za spajanje glavnog pokretača s reduktorom (OM). Modul (OM) ima dva ulazna i dva izlazna vratila, s prijenosnim omjerima 1:1 ili 7:1. Ležajevi u (RM) omogućuju precizno vođenje vratila unutar granica koje omogućuju ispitivanje kliznih ležajeva (IM) bez utjecaja na smetnje ležaja vratila. Ispitni ležaj se nalazi u ispitnom modulu (IM), koji može biti smješten između oba (RM) modula ili konzolno izvan (RM). Ovaj modul (IM) omogućuje ekscentrično postavljanje ispitnog ležajna u odnosu na os (RM-RM) u području od  $\pm 1$  mm. Na modul (IM) djeluje reaktivni moment uslijed trenja u ispitnom ležaju, koji se mjeri neposredno tijekom ispitivanja, a primjena hidrostatičkih ležajeva omogućava precizno određivanje ovoga momenta uz eliminaciju momenata trenja u ostalim ležajevima. Modul (IM) također uključuje priključke za dovod i odvod maziva, 4 senzora temperature, 21 senzor tlaka, kao i 6 kapacitivnih senzora koji precizno određuju relativni položaj vratila i ispitnog ležaja, definirajući tako prostor kojega zauzima sloj maziva. Opterećenje ispitnog testa ležaja (IM) ili njegove ležajne čahure ostvaruje se modulom opterećenja (FM). Modul opterećenja je realiziran pomoću hidrauličkih cilindara, hidrauličnih akumulatora, regulatora tlaka, servo razdjelnih ventila, mjernih ćelija i ostalih elemenata. FM može zauzeti bilo koju poziciju unutar radnog raspona uređaja. Za brzo i precizno postavljanje modula na postolje izrađene su vodilice pričvršćene na postolje.

#### Primjena u industriji:

Uređaj se primjenjuje za ispitivanja kliznih aksijalnih ili radijalnih, polimernih ili metalnih ležajeva brodskih strojnih sustava u normalnom radu, te u simuliranim uvjetima preopterećenja. S gledišta zaštite okoliša suvremeni polimerni ležajevi bitno smanjuju mogućnost onečišćenja mora, za razliku od uobičajenih ležajeva od bijele kovine podmazivanih uljem. Uslijed nižega hidrodinamičkog trenja u mazivo polimerni ležajevi značajno smanjuju gubitke snage u usporedbi s uobičajenim od bijele kovine. Time se pridonosi povećanju energetske učinkovitosti broda, kao i nižoj emisiji štetnih i stakleničkih plinova. Eksploatacijski troškovi broda s ugrađenim polimernim statvenim ležajevima su bitno niži i predstavljaju značajnu uštedu brodaru pogotovo ako se primjenjuju na cijelu flotu.



**Sveučilište u Splitu,**

Ulica Ruđera Boškovića 31

21000 Split

+385 21 558 212

[rektorat@unist.hr](mailto:rektorat@unist.hr)

<https://www.unist.hr/>





Funkcionalna integracija  
SVEUČILIŠTA U SPLITU



Projekt je sufinancirala Europska unija iz Europskog fonda za regionalni razvoj