

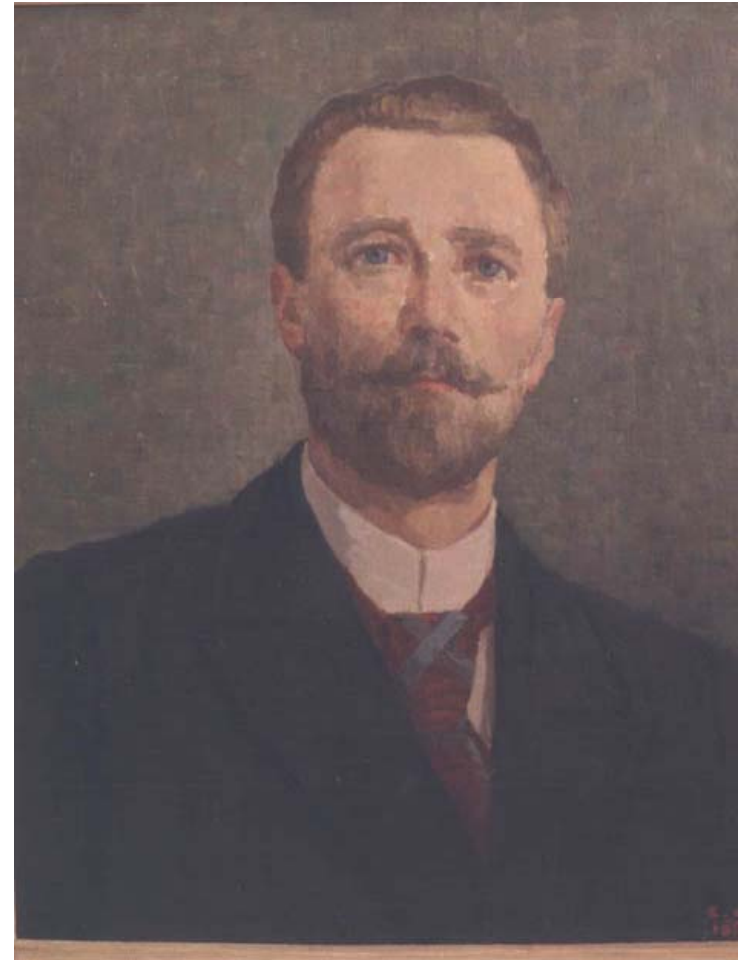
Универзитет у Београду
Машински факултет

**Катедра за хидрауличне машине и
енергетске системе**
-МОДУЛ ЗА ХИДРОЕНЕРГЕТИКУ-

Београд
30. март 2023. год.

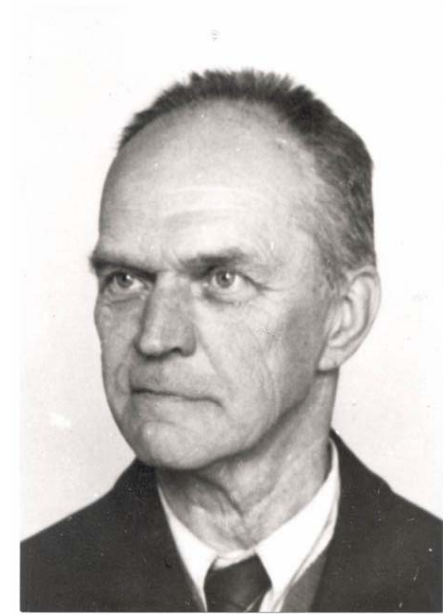
ИСТОРИЈСКИ ПРЕГЛЕД РАЗВОЈА КАТЕДРЕ

- ✓ 1873. - Зачеци наставе о хидрауличним машинама у Србији на Техничком факултету Велике школе.
- ✓ 1887. - Предавања из предмета *Механика и наука о машинама* започиње проф. Светозар Зорић.
- ✓ 1897. - Формира се посебан предмет *Грађење хидрауличких мотора са пројектовањем* (проф. С. Зорић).



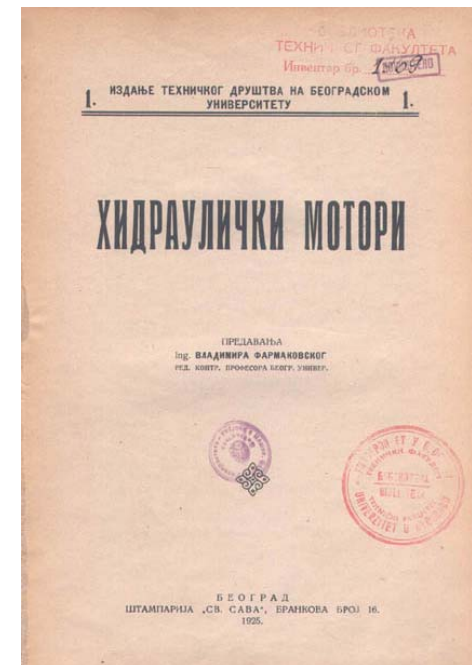
проф. Светозар Зорић
(1854 - 1931)

✓ 1924. - Предмет *Хидраулички мотори* предаје проф. Владимир Фармаковски.



проф. Владимир Фармаковски
(1880-1954), академик САНУ

✓ 1925. - Проф. В. Фармаковски издаје први уџбеник *Хидраулички мотори*



✓ 1930. - Доцент Никола Обрадовић преузима предмет *Хидраулички мотори*. Уводе се предмети *Пројектовање ротационих машина и Црпке и вентилатори*.

✓ 1931. - Формира се *Катедра за хидрауличне машине и постројења* (Службене новине Краљевине Југославије, бр. 291, од 12.12.1931., стр. 2084, Општа уредба универзитета, члан 101, ставка 22)



професор dr hс Никола Обрадовић,
академик САНУ (1900 - 1982)

- ✓ 1940. - Изграђен је *Завод за хидрауличне машине* у улици Гробљанска 1а (данас Рузвелтова 1а).
- ✓ 1948. - *Катедра за хидрауличне машине* је у оквиру новооснованог Машинског факултета.
- ✓ 1960. - Проширење *Завода за хидрауличне машине*.
- ✓ 1987. - Назив катедре се мења у *Катедра за хидроенергетику*.
- ✓ 2004. - Назив катедре се мења у *Катедра за хидрауличне машине и енергетске системе* .

ОБРАЗОВАЊЕ

✓ Изборни предмети Катедре за ХМЕС на основним академским студијама:

4.4.5 Увод у енергетику

5.5.5 Увод у пумпе и вентилаторе – проф. др Ђ. Чантрак

6.3.5 Основе турбомашина – проф. др И. Божић

6.3.5 Основе технике мерења – проф. др Ђ. Чантрак

6.5.5 Завршни реферат (B.Sc. рад)

✓ ИЗБОРНИ МОДУЛ ЗА ХИДРОЕНЕРГЕТИКУ

Услов за стицање титуле ИНЖЕЊЕР МАШИНСТВА – ХИДРОЕНЕРГЕТИКА:

- положена ДВА од три понуђена предмета,
- Завршни реферат (B.Sc. рад).

Студенти Модула за Хидроенергетику на основним и дипломским академским студијама стичу знања на основу осмишљеног и савременог програма, који их оспособљава за успешан рад у следећим областима:

- ✓ пројектовање пумпних постројења, хидроелектрана и вентилаторских система са пратећом хидромашинском и аеродинамичком опремом;
- ✓ пројектовање и конструкција машина (пумпи, хидрауличких турбина, вентилатора, компресора);
- ✓ погонски инжењеринг на електранама и у пумпним станицама - мерења ваљаности појединих струјних параметара система (проток, напор, притисак, снага, кавитација, акустика и др.);

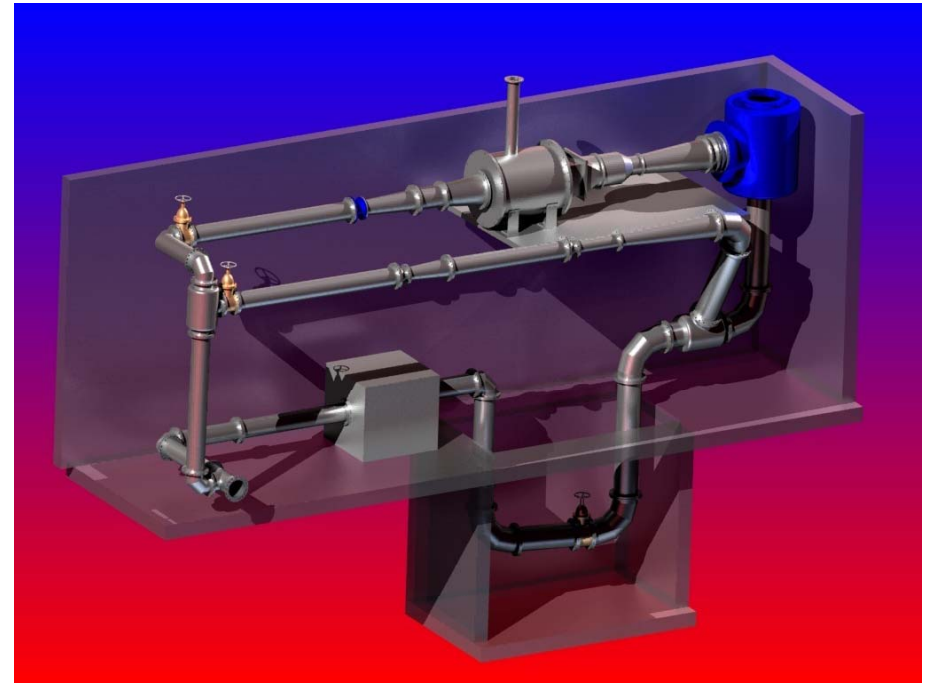
- ✓ анализа квалитета рада постројења (регулисање, заштита од хидрауличког удара, ...);
- ✓ експериментална истраживања струјних процеса;
- ✓ фундаментална и примењена истраживања проблема механике флуида уз нумеричку анализу струјних процеса у системима;
- ✓ контрола производње хидрауличних машина;
- ✓ пројектовање хидродинамичких преносника снаге у моторним возилима, транспортним уређајима, и др.;
- ✓ инжењеринг и консалтинг услуге у пројектним бироима за кориснике из области термотехнике, термоенегретике, процесне технике, ...

ОБЛАСТИ ИСТРАЖИВАЊА

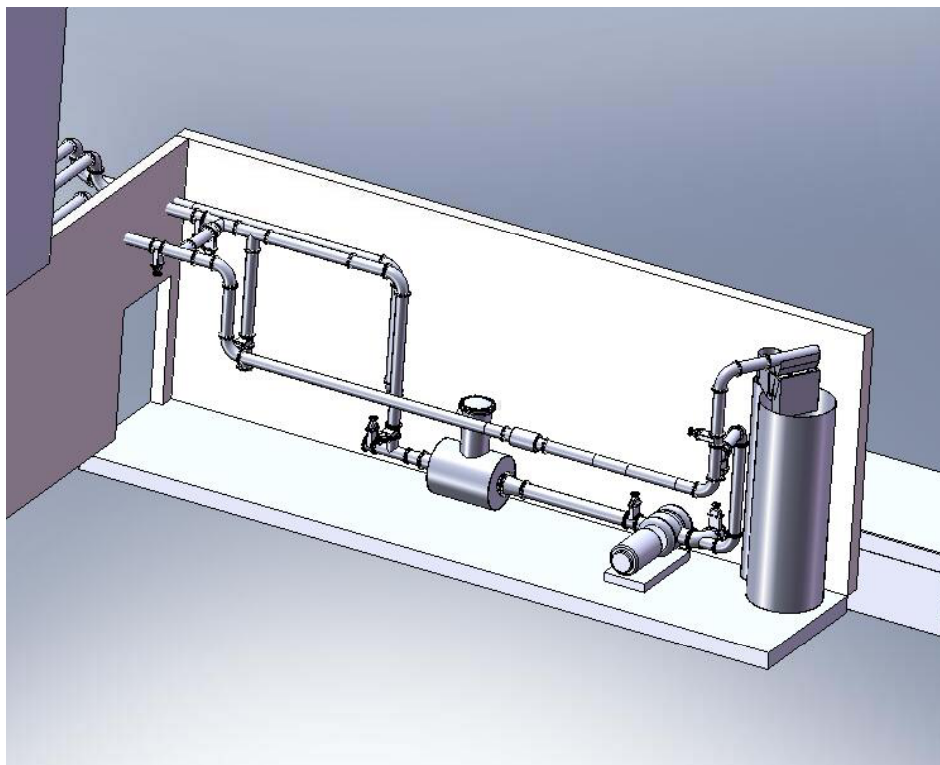
Катедра гаји све облике теоријског и експерименталног рада у областима основних, развојних и примењених истраживања. Главну основу за истраживачки рад Катедре и Модула чини Завод за хидрауличне машине са својим лабораторијама:

- ✓ Лабораторија за пумпе, хидрауличне турбине, преноснике и хидромашинску опрему.
- ✓ Лабораторија за гасну технику, компресоре и вентилаторе.
- ✓ Лабораторија за струјно-техничка мерења и моделска испитивања.
- ✓ Лабораторије за турбуленцију и мерење брзине струјања флуида.
- ✓ Лабораторија за истраживање, развој, испитивање и оптимизацију хидроелектрана.

Постројење за испитивање енергетских и кавитацијских карактеристика модела турбина (Франсисових, Капланових, цевних), малих хидроелектрана и хидромашинске опреме.



Постројење за испитивање хидрауличних пумпи, модела турбина, хидромашинске опреме и запреминских протокомера





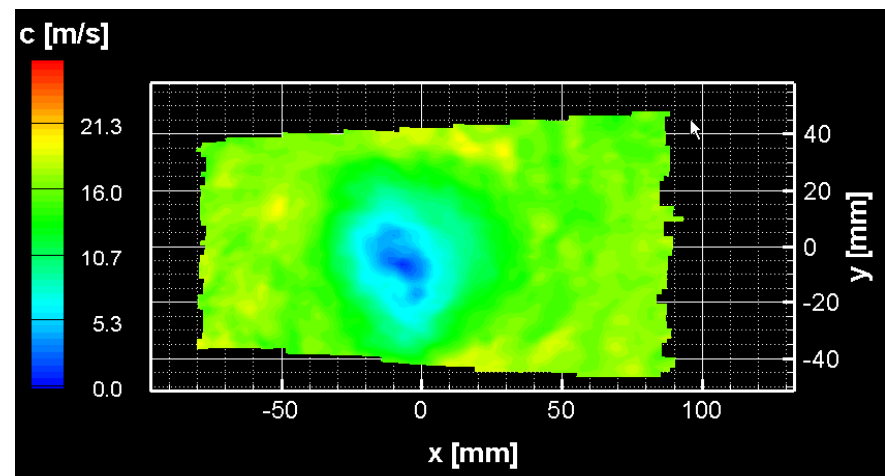
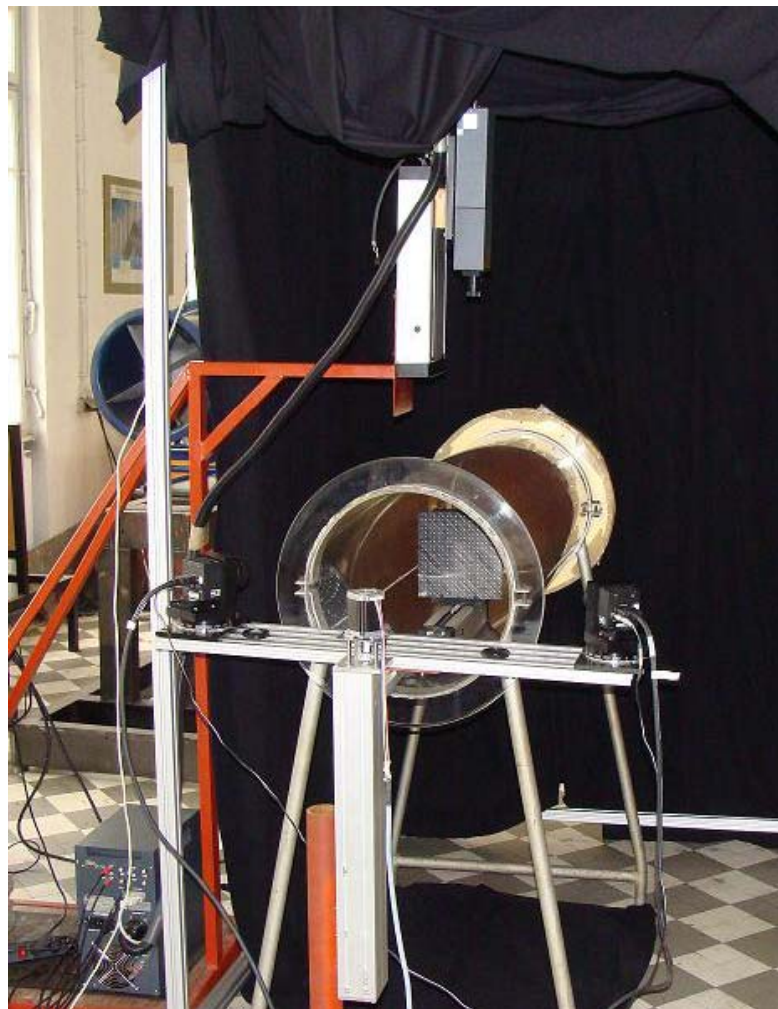
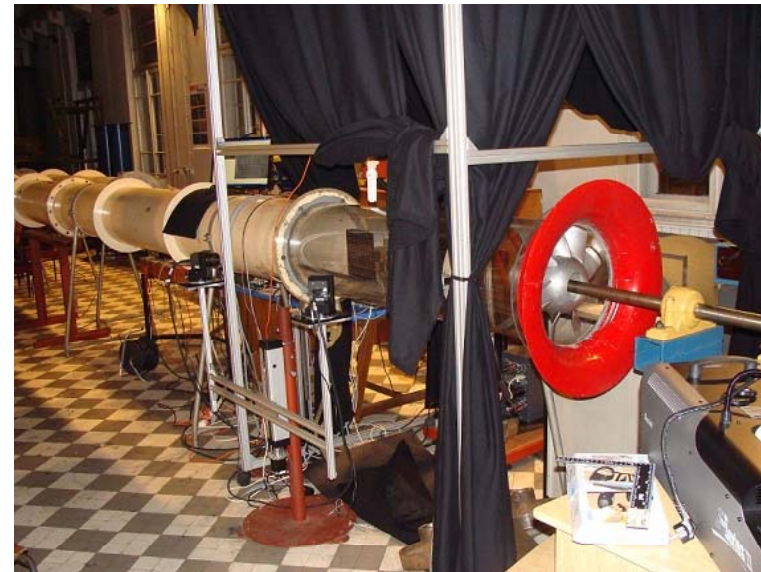
Калибрационо посторјење
за протокомере до 56 l/s.



ОСНОВНА ИСТРАЖИВАЊА

- ✓ Истраживање вихорног струјања у правим цевима, дифузорима и млазевима
- ✓ Стабилност струјања обликовањем контура струјног простора
- ✓ Истраживање губитака енергије у колима турбомашина
- ✓ Истраживање побољшане методе мерења поља брзина и притисака тродимензијских струјања Конрад сондом
- ✓ Истраживање нестационарних струјања у сложеним хидроенергетским системима.

Постројење за изучавање турбулентних вихорних струјања у правим цевима са stereo PIV (particle image velocimetry) системом.



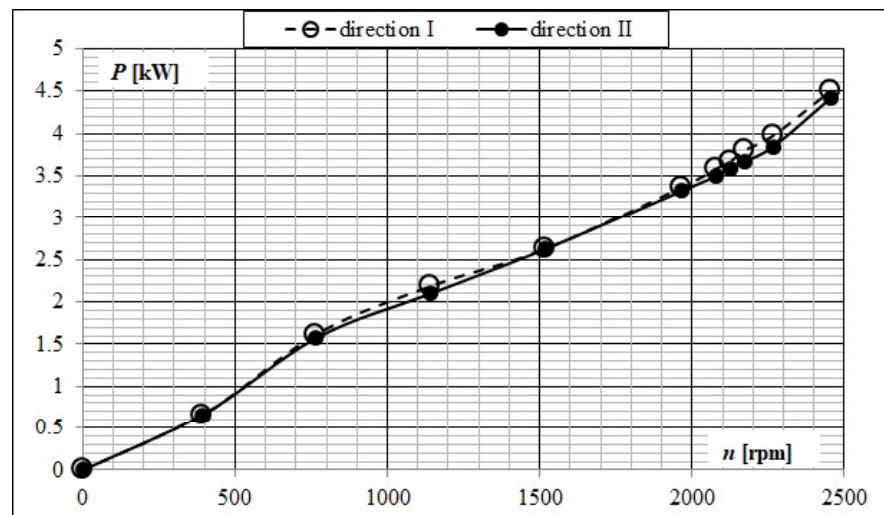
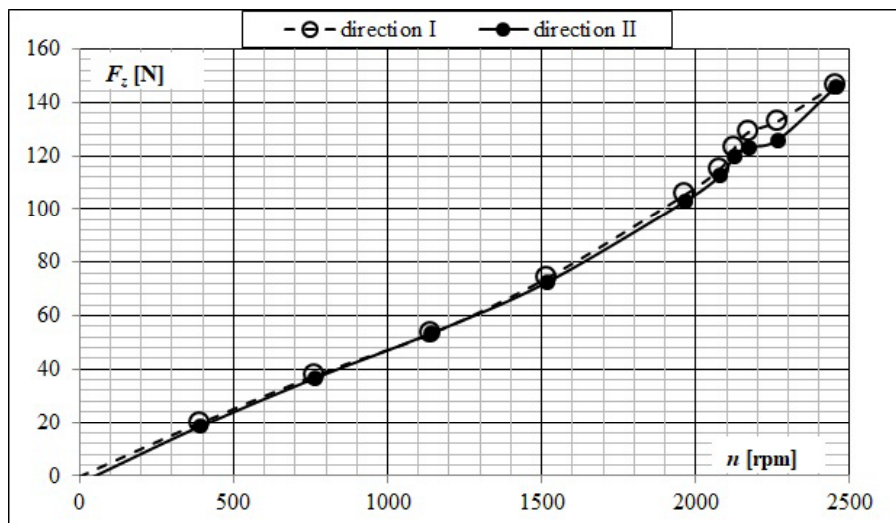
Истраживање турбулентног вихорног струјања у дифузорима



Примена једно- и
двокомпонентног
ЛДА (Ласер Доплер
анемометар)
система.

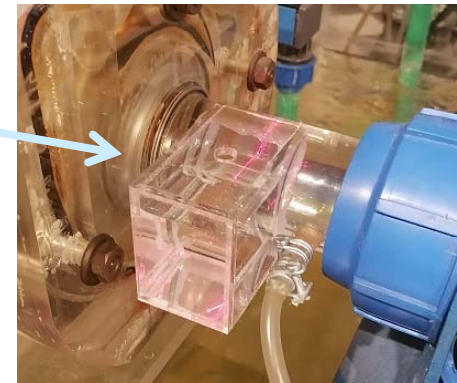
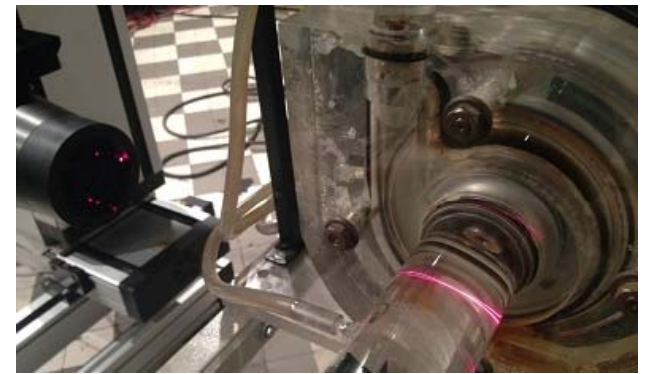
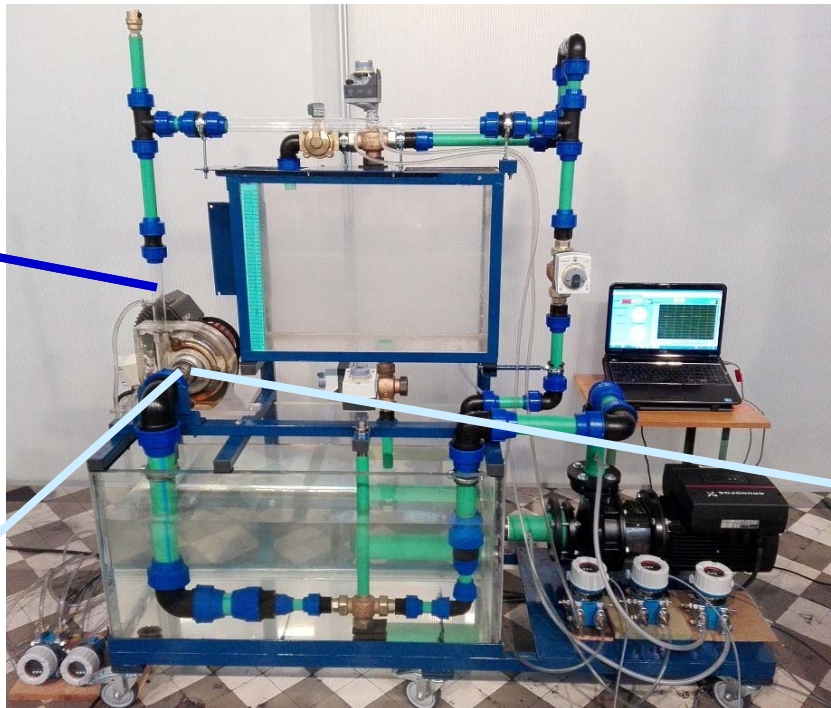
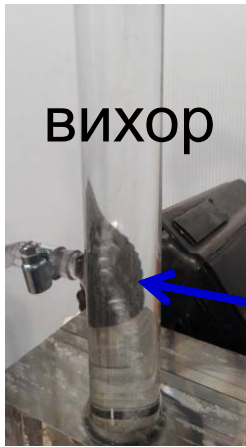


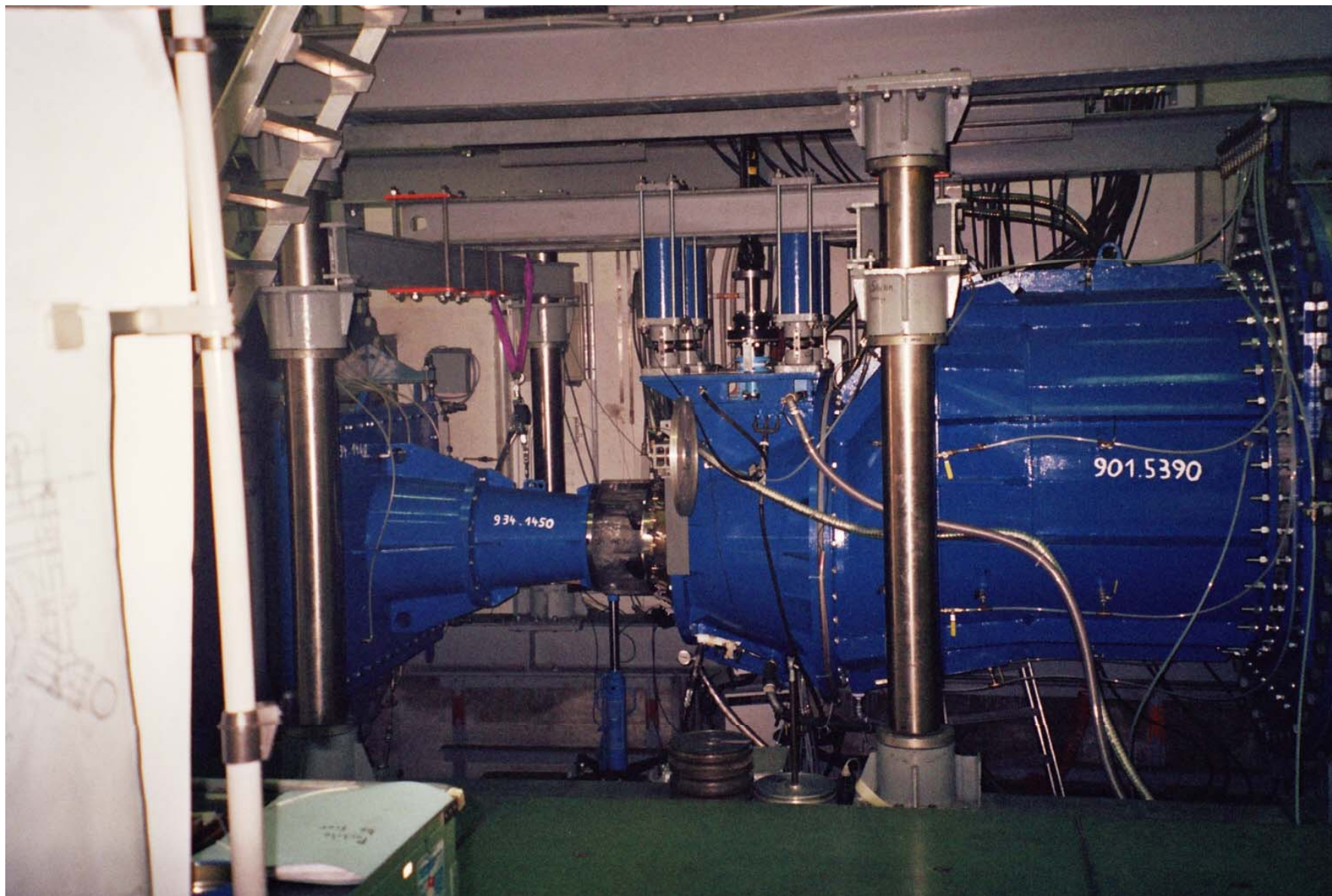
Дизајниран, произведен и тестиран реверзибилни млазни аксијални вентилатор према стандарду ISO 13350



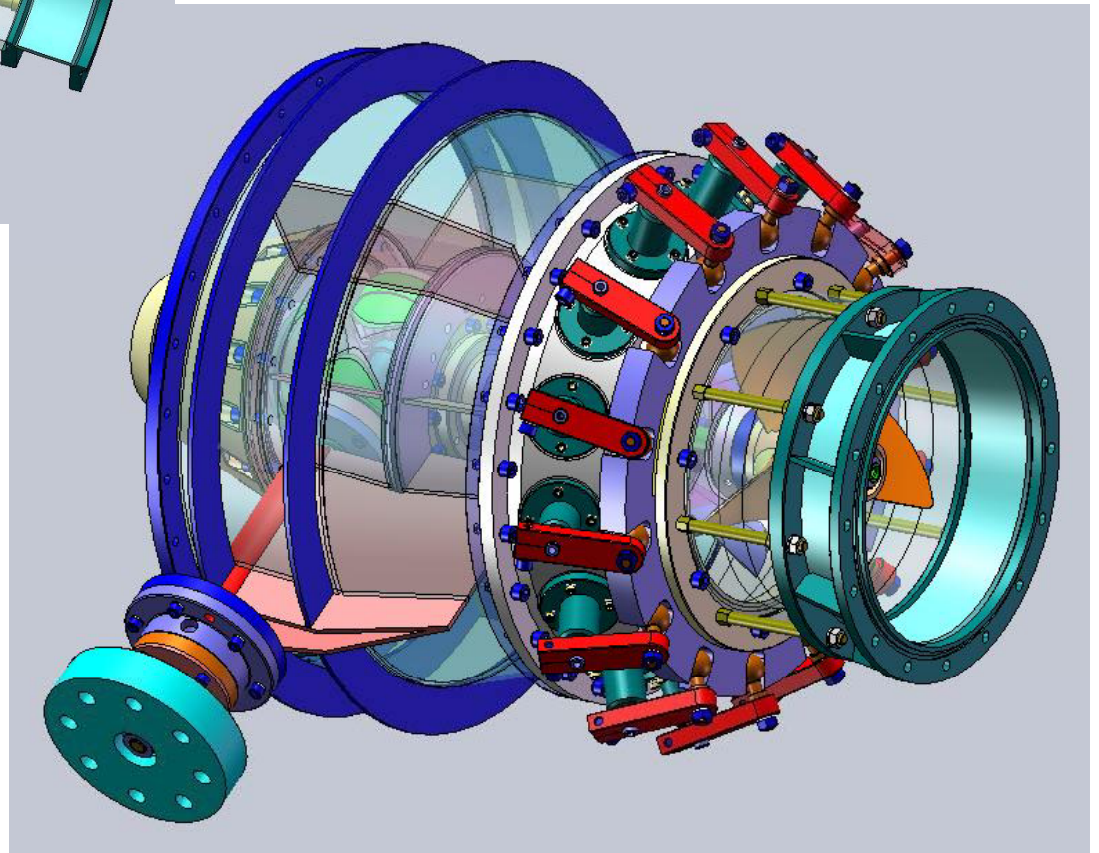
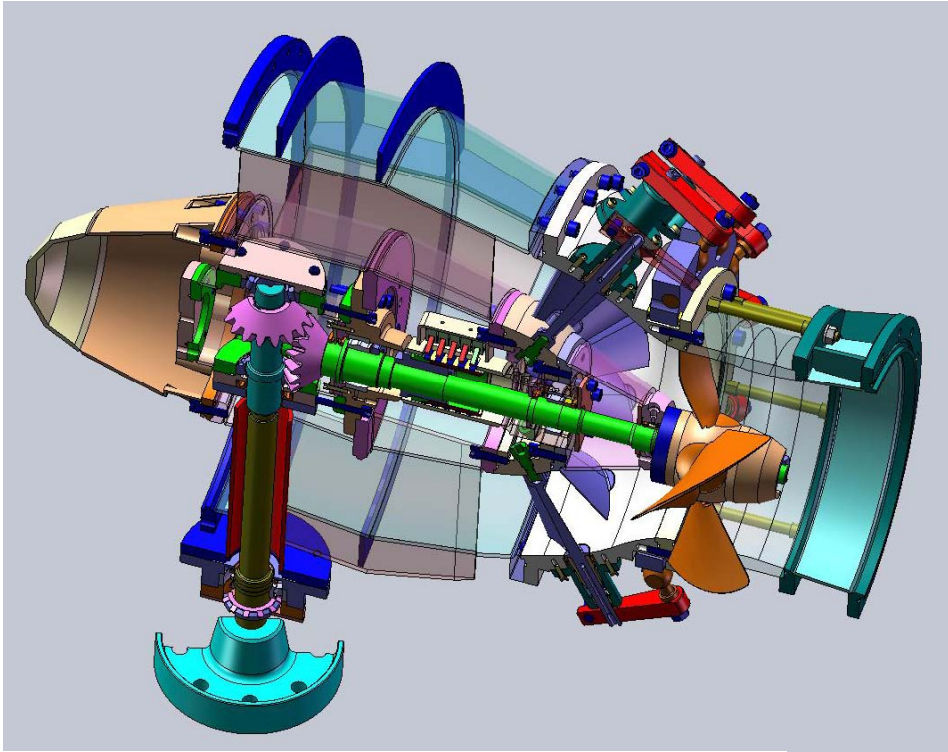
Карактеристике млазног вентилатора у функцији од брзине
обртања за оба смера: а) сила потиска и б) снага.

Инсталација за испитивање пумпи према стандарду ISO 9906 и истраживање феномена струјања у турбо пумпама са могућношћу даљинског управљања преко интернета

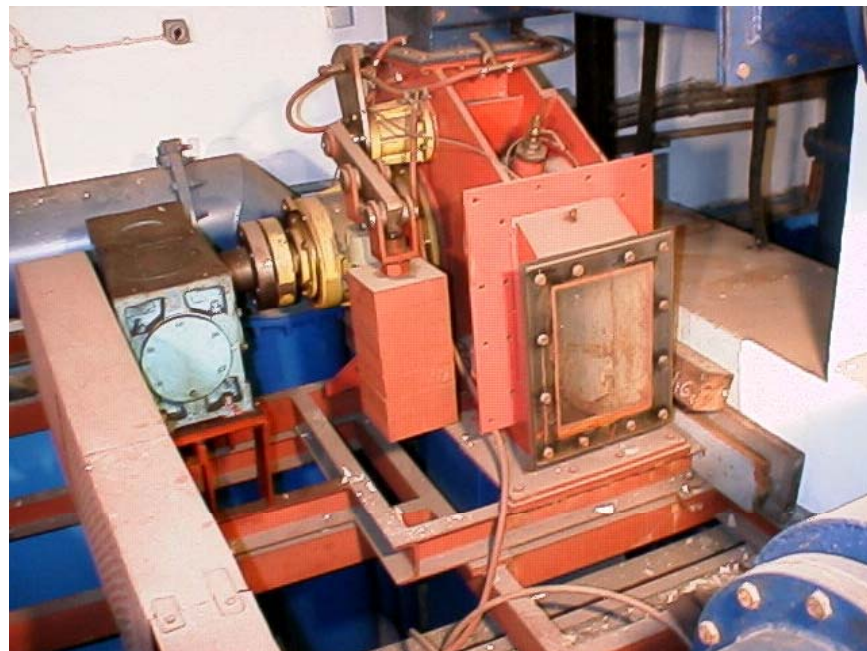
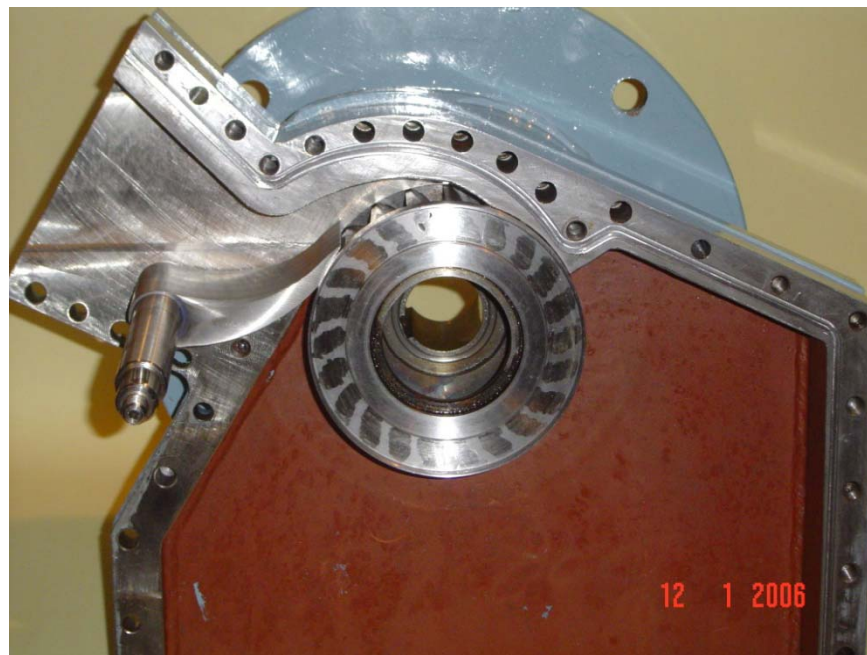
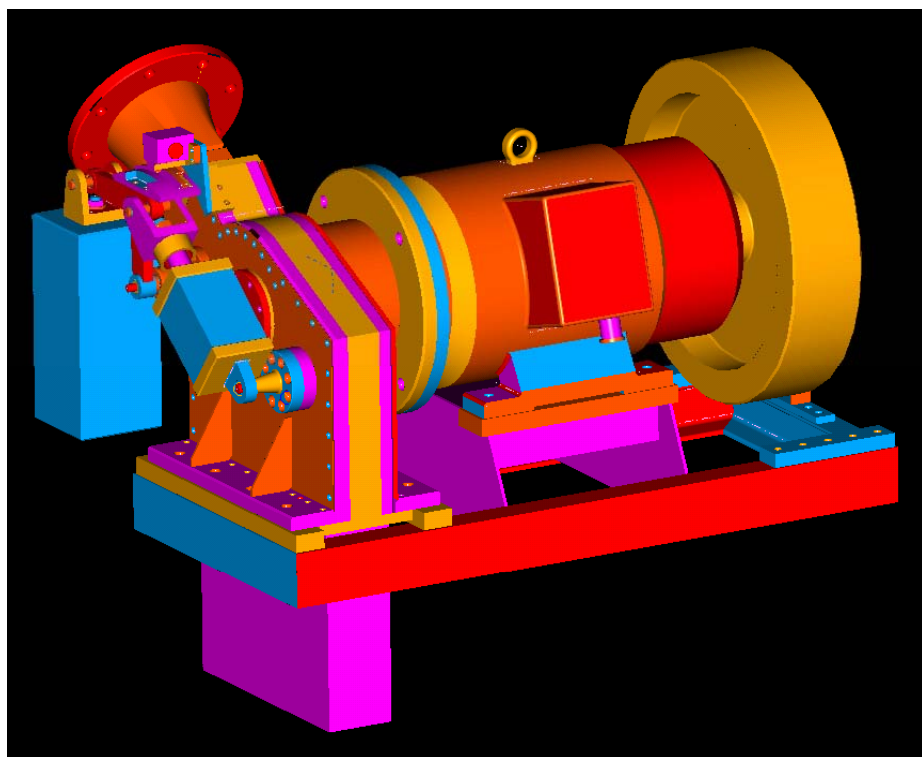




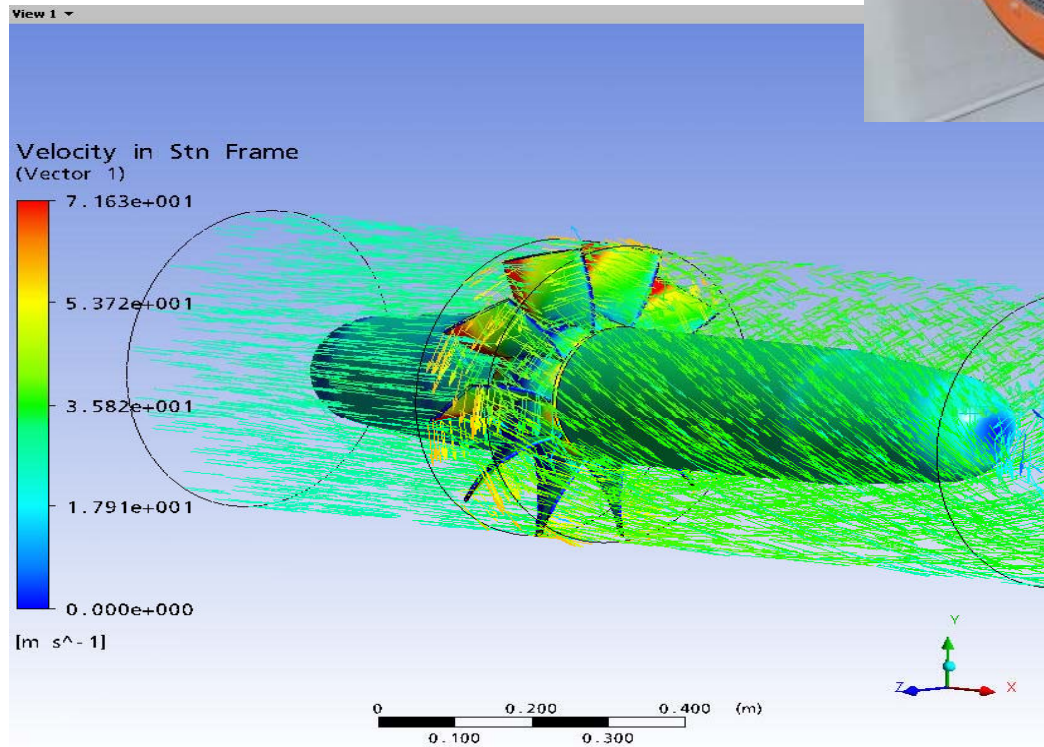
Моделска испитивања цевне турбине за ХЕ Ђердап II



Модел Банки турбине снаге 25 kW



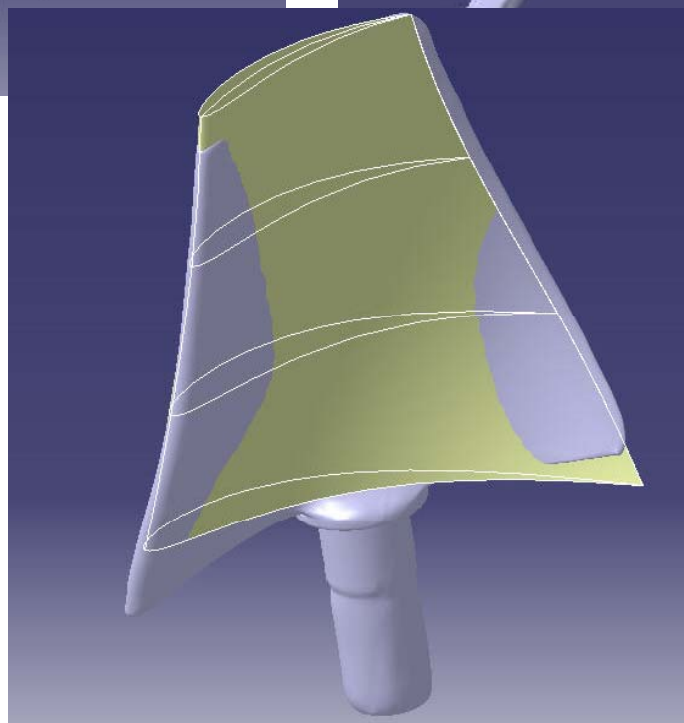
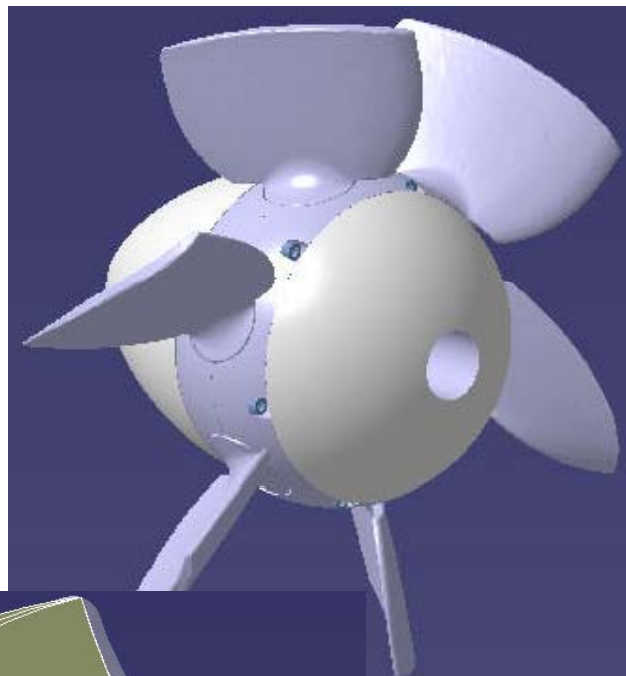
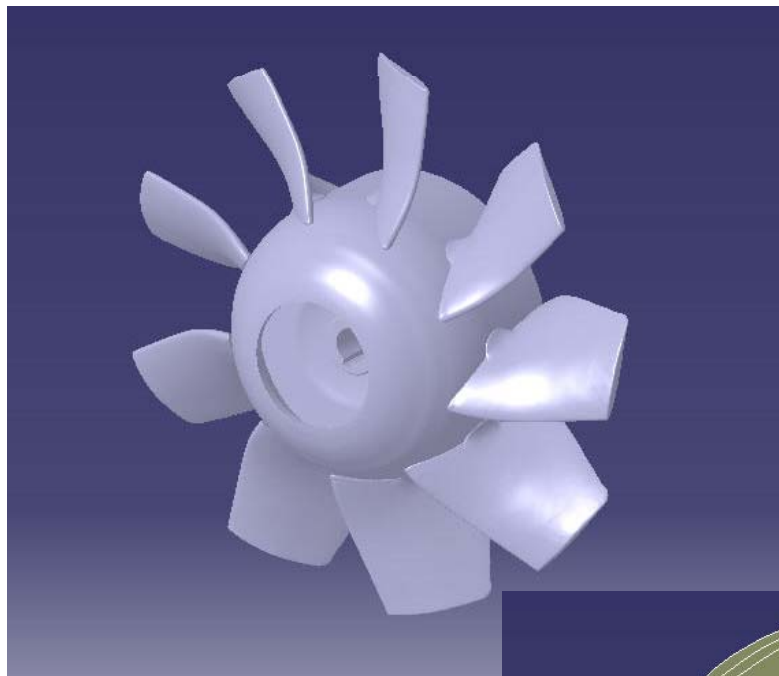
Реверзибилни млазни аксијални вентилатор



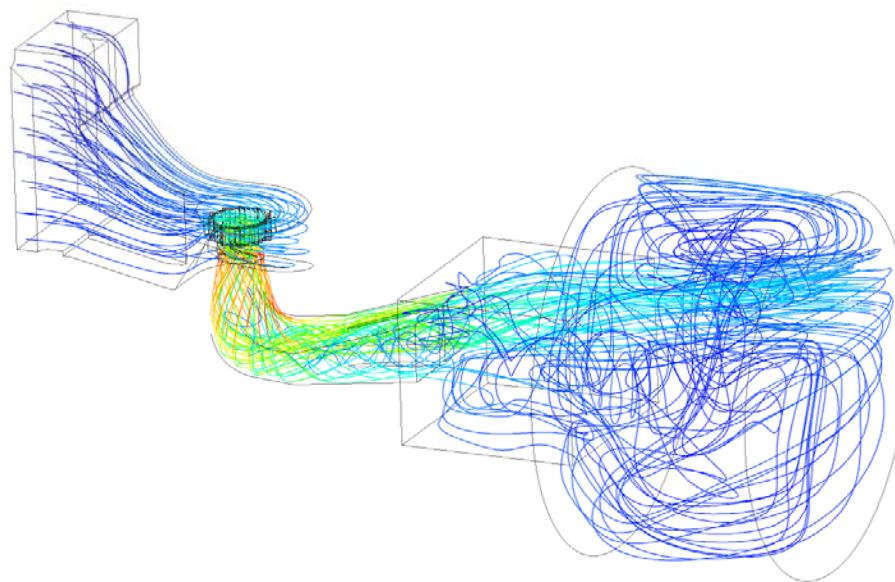
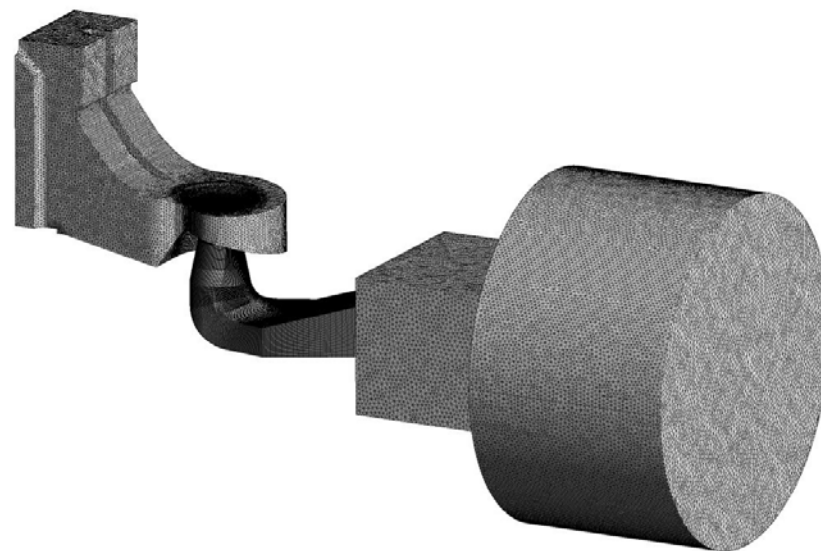
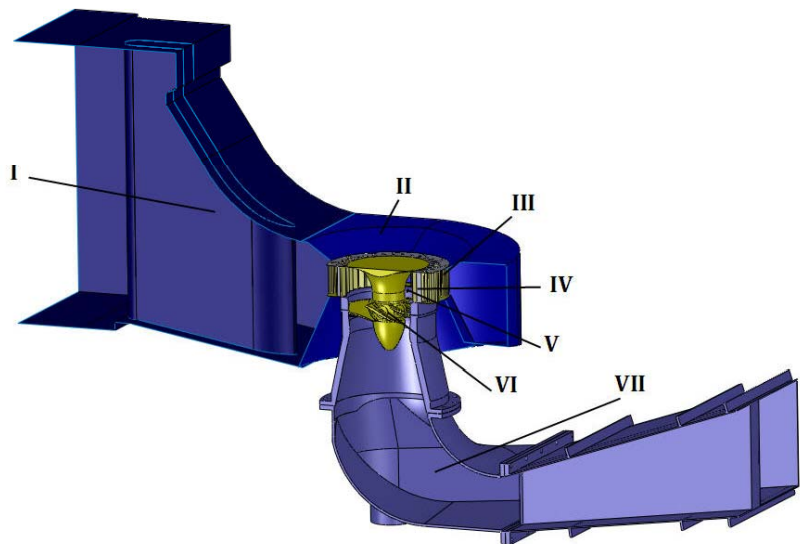
Обртно и спроводно коло пумпе за испумпавање
воде из површинског копа “Тамнава Западно поље”,
ПД РБ “Колубара”



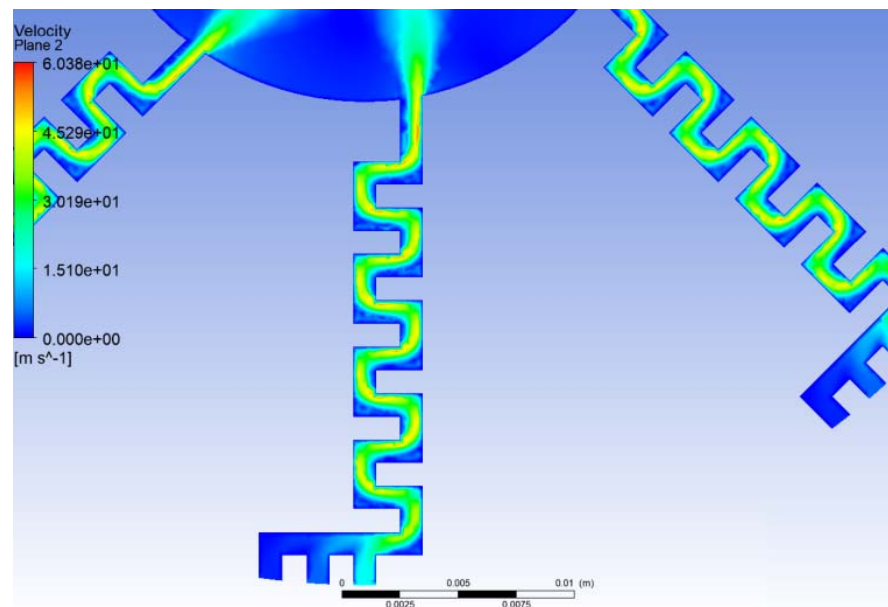
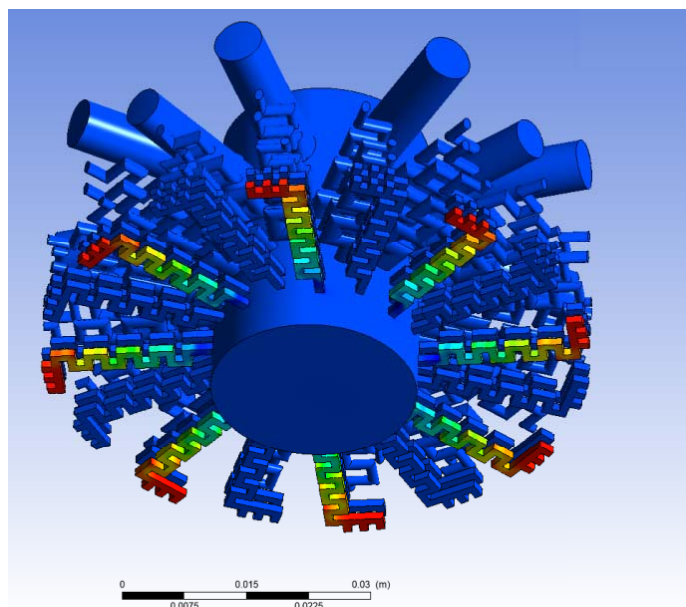
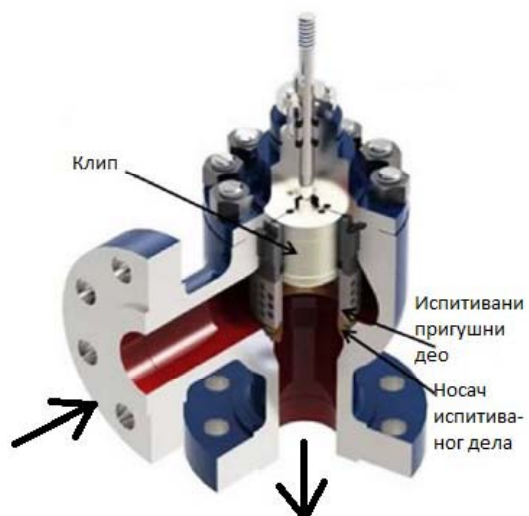
Софтвер за подршку 3Д моделирању аксијалних обртних кола.



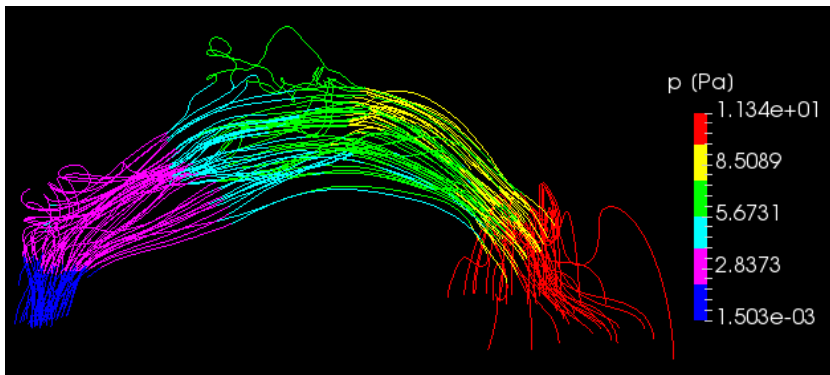
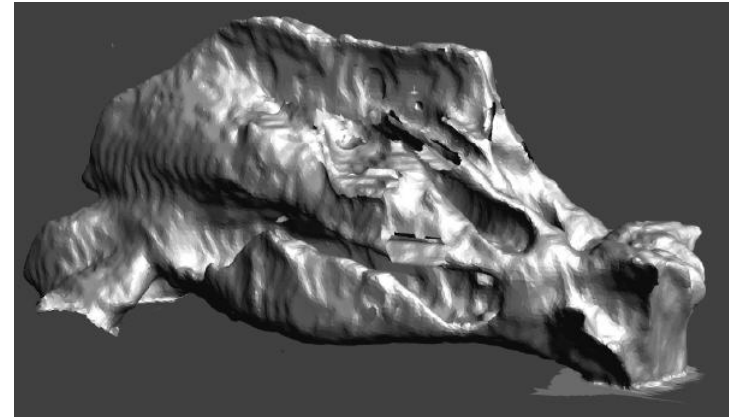
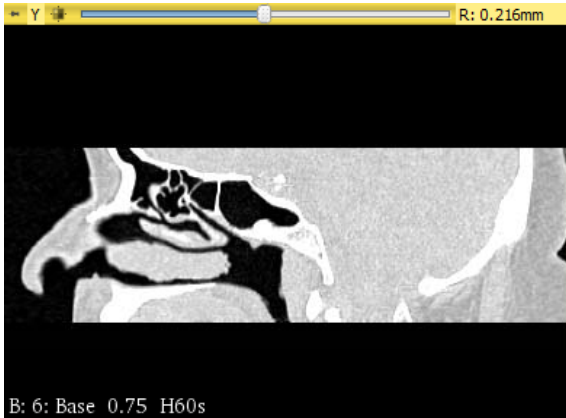
Нумеричке симулације струјања (енг. CFD, Computational fluid dynamics) у турбинама



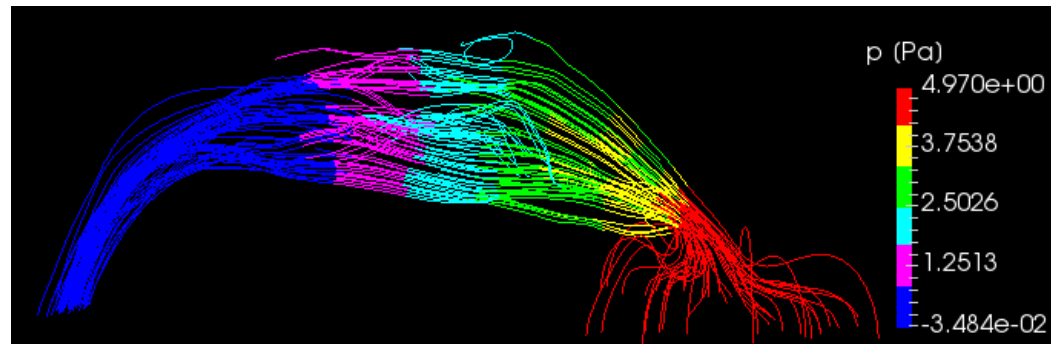
Нумеричке симулације струјања у вентилима



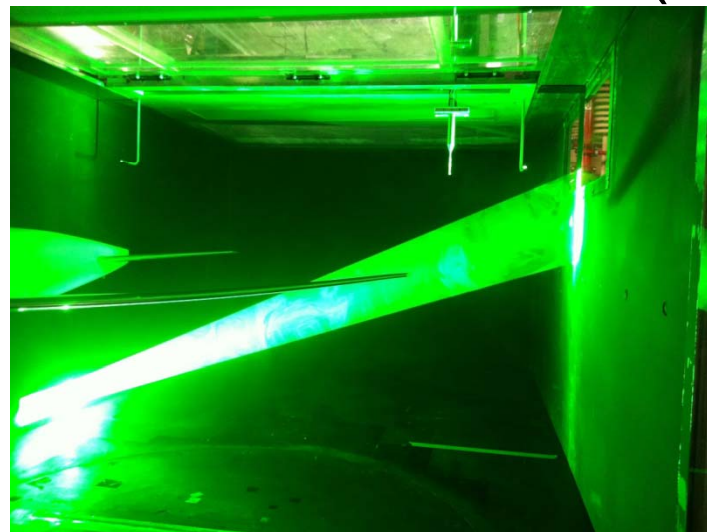
Нумеричке симулације струјања у носној шупљини



Резултати CFD прорачуна у носној дупљи без и са носном девијацијом.

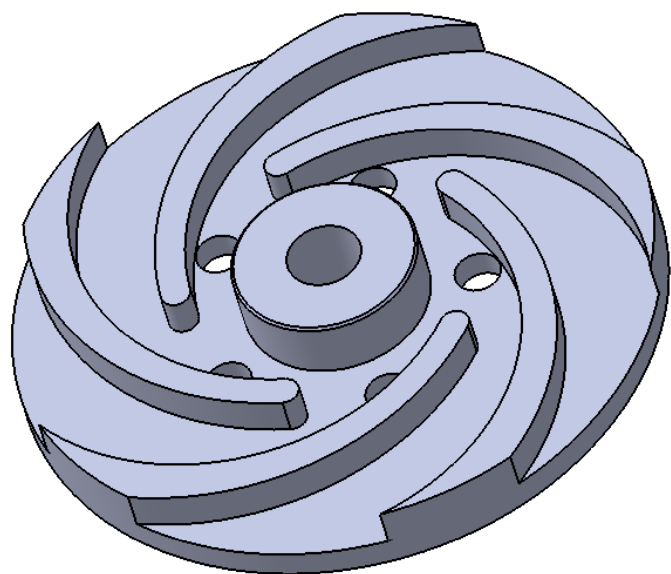


NASA Ames – Лабораторија за механику флуида, 3% Semi-Span Common Research Model (CRM)

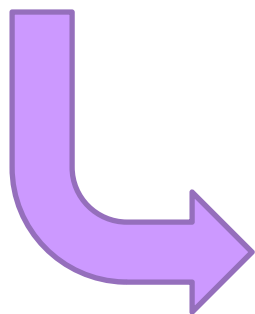


CNC машине (четвороосна и петоосна) на Катедри

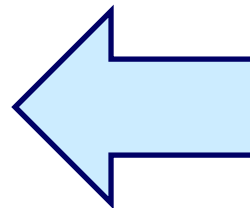
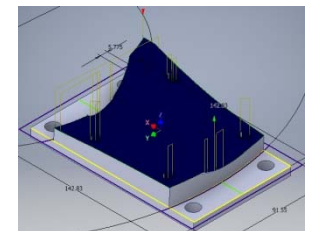
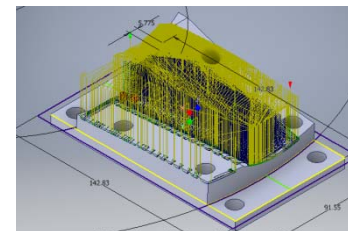
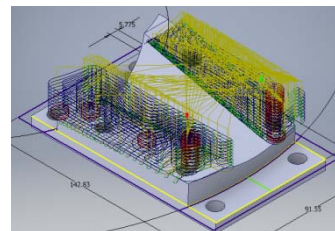
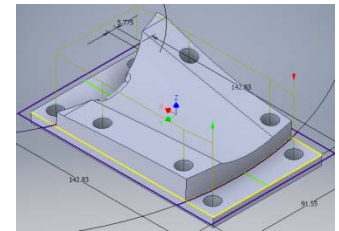
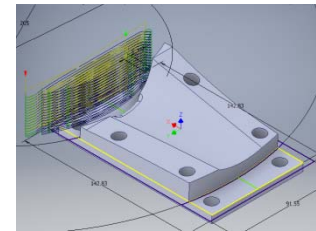
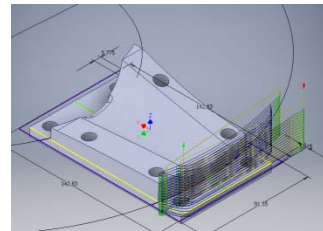
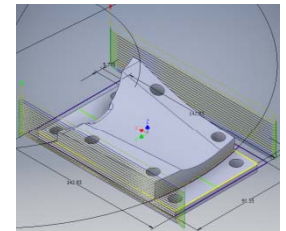
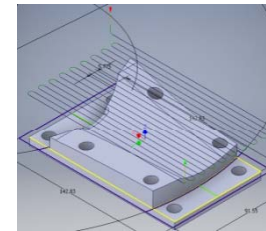
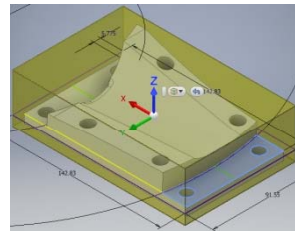
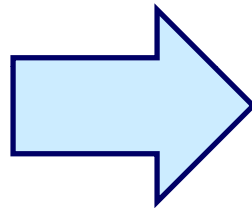
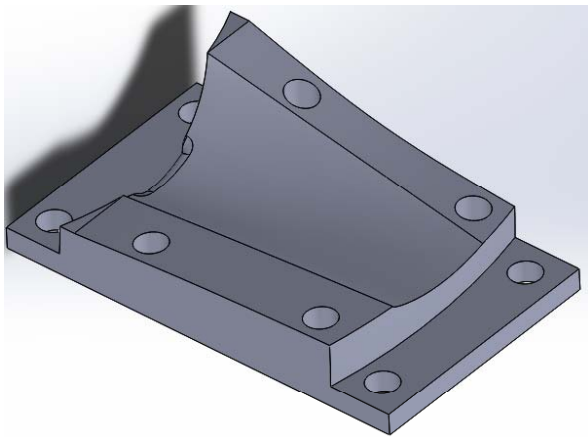




Израда пумпног кола на
4-осној CNC машини



Од 3Д модела до калупа за израду лопатице аксијалне турбомашине бризгањем пластике



- ✓ **Развој хидраулике проточних трактова малих хидроелектрана**
- ✓ **Развој софтвера за пројектовање и прорачун радијалних и аксијалних хидрауличних машина**
- ✓ **Развој софтвера за анализу хидрауличног удара и повратног хидрауличног удара хидрауличних турбина двојне регулације**
- ✓ **Развој софтвера за прорачун хидрауличких осцилација и анализу стабилности хидропостројења**

САРАДЊА СА НАУЧНИМ ИНСТИТУЦИЈАМА И ИНДУСТРИЈОМ

- ✓ Министарство науке, технолошког развоја и иновација Р. Србије (кроз научне пројекте)
- ✓ Математички институт САНУ
- ✓ Институт за нуклеарне науке “Винча”
- ✓ Електротехнички институт Никола Тесла
- ✓ Институт “Михајло Пупин”
- ✓ Институт за хемију, технологију и металургију, Центар за микроелеткронске технологије
- ✓ Институт за физику
- ✓ Институт за водопривреду “Јарослав Черни”
- ✓ Лола Институт, Београд
- ✓ Рударски институт доо, Београд
- ✓ Републички хидрометеоролошки завод
- ✓ Акредитационо тело Србије
- ✓ Дирекција за мере и драгоцене метале
- ✓ Завод за интелектуалну својину Републике Србије
- ✓ Фонд за науку Републике Србије
- ✓ Фонд за иновациону делатност и др.
- ✓ Електропривреда Србије
- ✓ Енергопројект хидроинжењеринг ад
- ✓ Енергопројект Ентел
- ✓ ЈП Водовод и канализација
- ✓ НИС РН Панчево
- ✓ LAFARGE Србија
- ✓ Инса, Земун
- ✓ Гоша-ФОМ, С. Паланка
- ✓ Rudnar Group - Минел Котлоградња, Београд
- ✓ Концерн “Бамби” ад, Пожаревац
- ✓ Занус доо, Ваљево
- ✓ Беопумпе, Београд
- ✓ Грундфос, Вило и КСБ, Београд
- ✓ Бросе Београд, Србија
- ✓ Термовент комерц
- ✓ DEC International doo, Стара Пазова
- ✓ Арматуре Стојановић
- ✓ Бројне друге приватне компаније

Меѓународна научна сарадња



Karlsruhe Institute of Technology



ÉCOLE POLYTECHNIQUE
FÉDÉRALE DE LAUSANNE



UNIVERSIDAD
DE GRANADA

По завршетку студијског програма
Модула за хидроенергетику,
студенти су оспособљени да:

- **Пројектују** енергетски ефикасне струјне машине (пумпе, вентилаторе, турбокомпресоре, хидрауличне турбине и преноснице, ветротурбине, ејекторе и др.), опрему (затвараче, решетке, цевоводе и др.) и системе (оптималан избор струјних машина и опреме за: хидроелектране, пумпне станице, водоводе, нафтоводе, гасоводе, вентилационе, компресорске, аероенергетске, хидро-пнеуматске и остале енергетске системе).
- **Раде инжењерске прорачуне**, примењујући савремене софтвере за: конструисање геометрије (CAD), прорачун струјања (CFD) и израду (CAM) турбомашина, као и прорачун стационарних и нестационарних (хидроудар) струјања у хидрауличним системима.

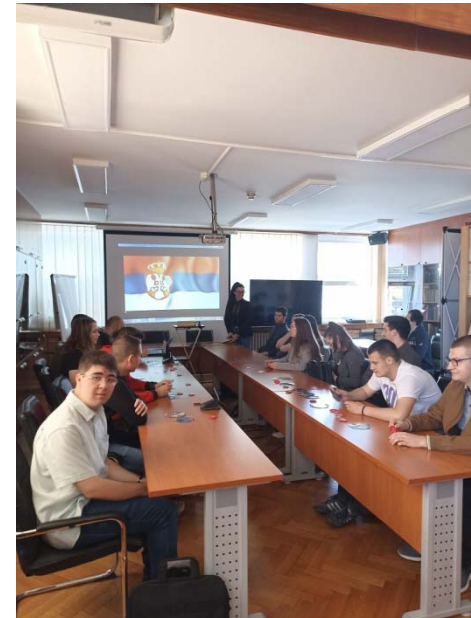
- **Планирају и спроводе струјно-техничка мерења** ради испитивања струјних машина, опреме и система, праћења њиховог рада (мониторинг) и анализе погонских услова. Употребљавају и калибришу класичну и савремену (LDA, HWA, PIV...) мерну опрему, прикупљају и обрађују мерне податке помоћу мерно-аквизиционих система.
- Прорачунавају, мере и анализирају параметре **енергетске ефикасности** објеката и енергетских система, ради њихове енергетске сертификације.
- Постигнутим знањем врше **даља истраживања** у савременим научним и инжењерским областима (турбулентна и вишефазна струјања, феномени струјања у турбомашинама, истраживања струјања у биоинжењерским системима, микроканалима и др.)
- **Имају вештине за:** рад у тимском и рачунарском окружењу, организацију пројекта, извештавање о постигнутим резултатима, анализу ризика у пројекту, предузетничке активности, основе интелектуалне својине, ...

На основу савладаних исхода, мастер инжењери модула за хидроенергетику могу да стекну следеће лиценце Инжењерске коморе Србије:

- одговорног пројектанта машинских инсталација објеката водоснабдевања и индустријских вода, хидротехнике и хидроенергетике (бр. 332)
- одговорног извођача радова машинских инсталација објеката водоснабдевања и индустријских вода, хидротехнике и хидроенергетике (бр. 432)
- одговорног инжењера за енергетску ефикасност зграда (бр. 381)

ЕКСКУРЗИЈЕ

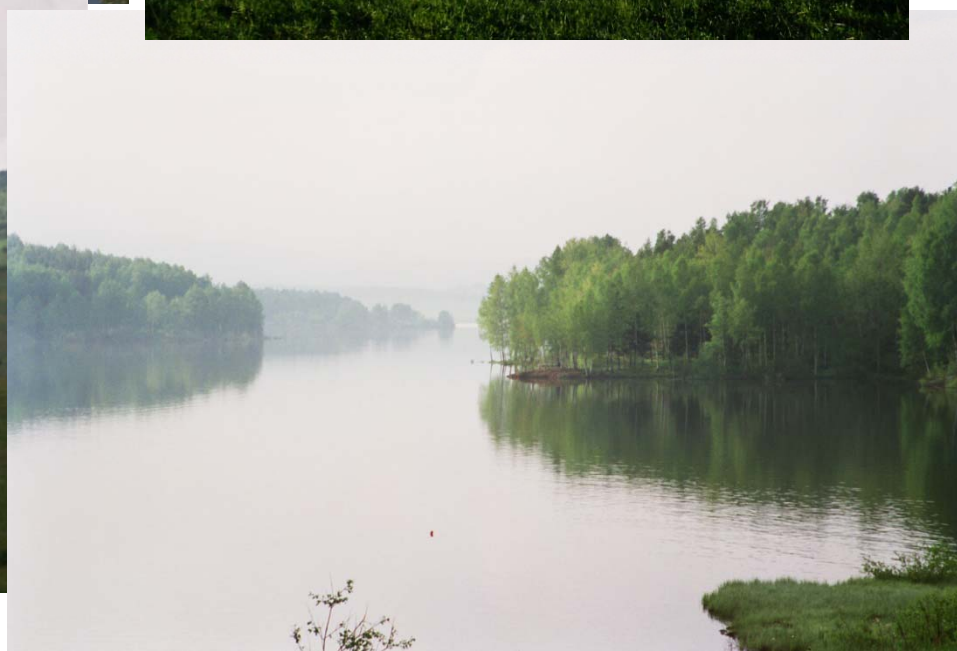
- ✓ Дирекција за мере и драгоцене метале
- ✓ Фабрика пумпи Грундфос Инђија
- ✓ Пумпни и вентилациони системи
- ✓ Хидроелектране, и др.



ЗАКЉУЧНЕ НАПОМЕНЕ

- ✓ Дугогодишња традиција,
- ✓ Добри наставни програми у областима основних, дипломских и докторских студија,
- ✓ Поседовање потребне лабораторије и опреме за научно-истраживачки рад и наставу која се стално надограђује и осавремењава,
- ✓ Плодна сарадња са електропривредом, индустријом, факултетима и институтима,
- ✓ Знатан број научно-истраживачких резултата и остварених производа,
- ✓ Студенти (хидраши) раде у бројним научним и образовним институцијама, као и компанијама широм Србије и света.

Хидроенергетика – најчистији облик производње електричне енергије





ХВАЛА ВАМ НА ПАЖЊИ!

проф. др Ђорђе Чантрак

djcantrak@mas.bg.ac.rs

доц. др Новица Јанковић

njankovic@mas.bg.ac.rs