

Универзитет у Београду
Грађевински факултет
одсек за хидротехнику и водно-еколошко
инжењерство



Експериментално изучавање могућности
умирења струјног поља у наставној инсталацији за
предмет Мерења у хидротехници

Ментор: проф. др Душан Продановић

Кандидат: Никола Перић 513/14

Садржај:

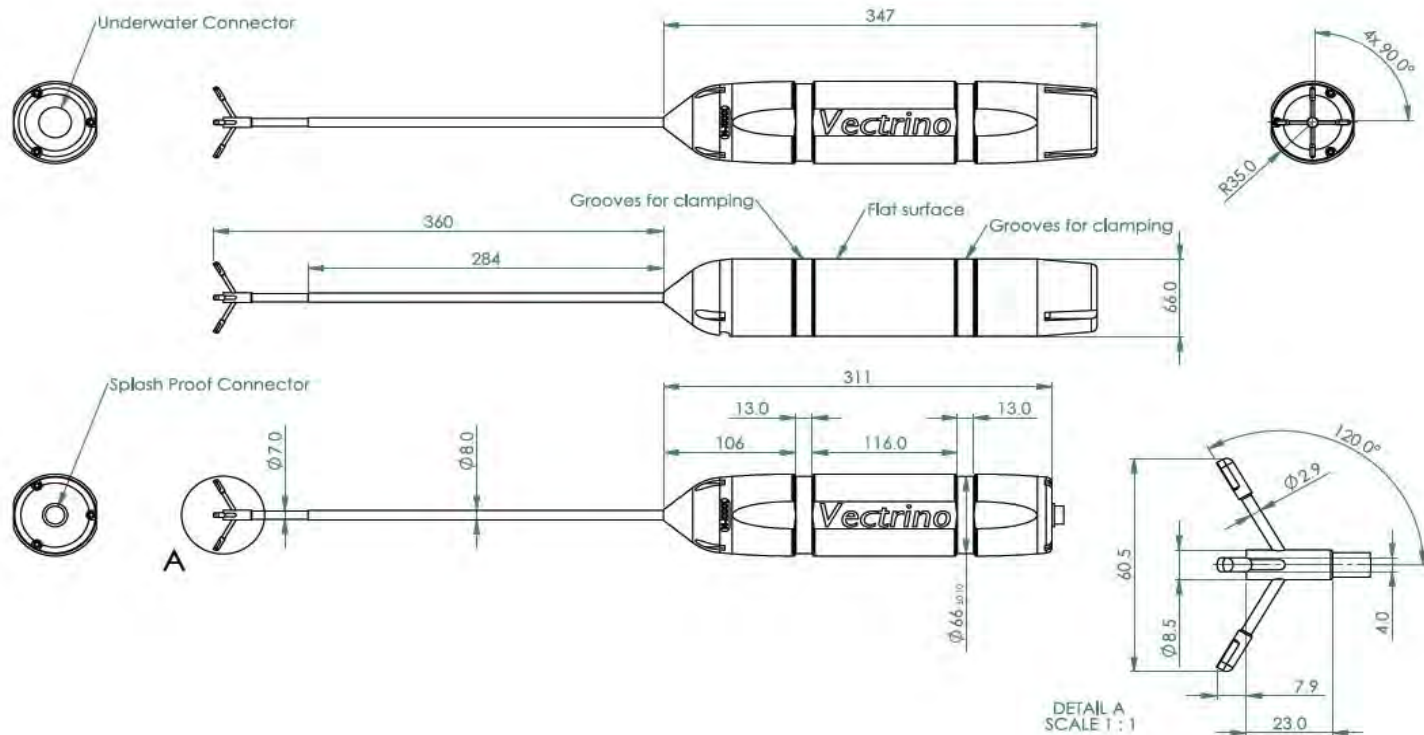
- Увод
- Методологија
- Опис диспозиције система
- Резултати
- Дискусија о добијеним резултатима
- Закључци и даље смернице за рад
- Прилози
- Литература

Увод

- Сврха мастер рада – изучити услове воде у сложеним геом,етријским условима (подциљ: да се разради нова вежба за студенте мастер студија)
- Надоградња постојеће инсталације и провера мерењем у истим тачкама као пре модификација
- Инсталација се састоји од „каде“ у којој је монтиран преградни зид а воду покреће ванбродски електрични мотор
- Димензије каде су 1.5 x 0.5m
- Дубина воде у кади на почетку мерења била је 35cm
- Мотор је радио у другој брзини при напону од 12V

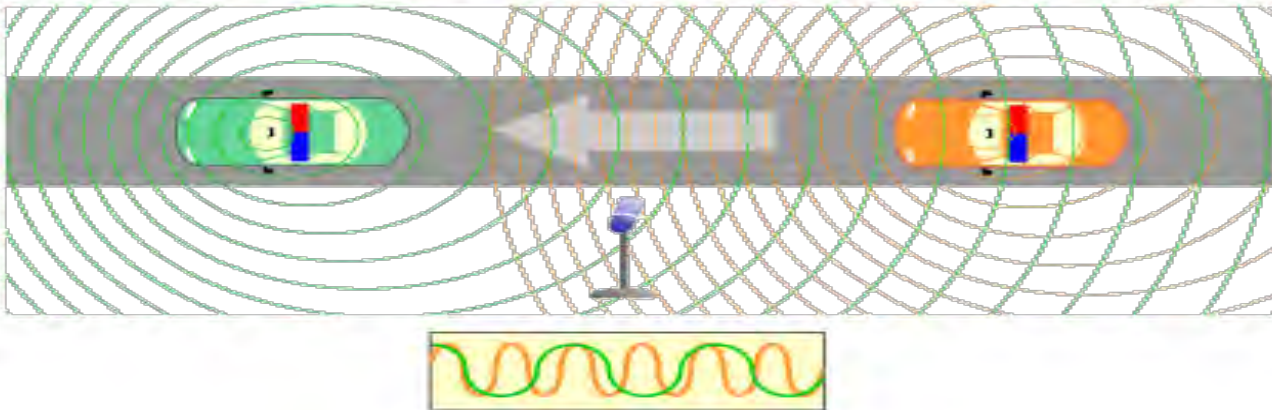
Методологија УЗВ

- Ултразвучни мерачи протока
- Сонда која се користила у раду је Vectrino Acoustic Doppler Velocimeter



Методологија УЗВ

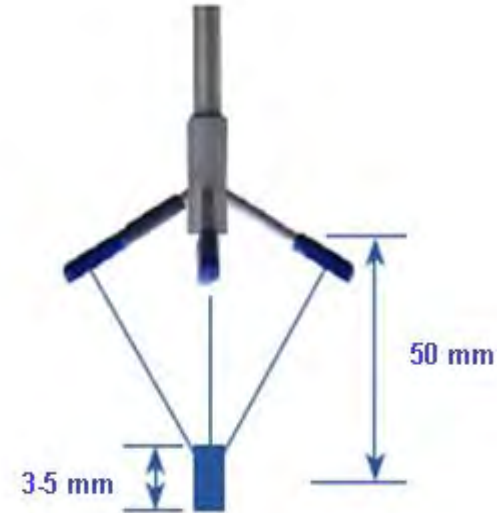
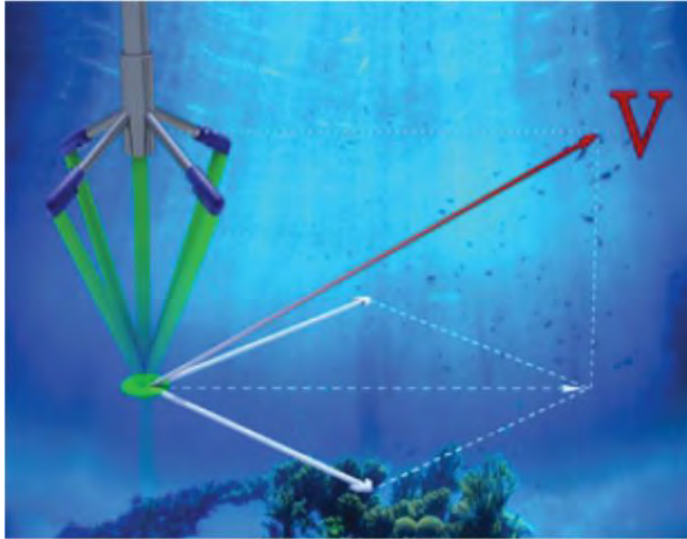
- Ради на принципу Доплеровог ефекта



Вектрино ултразвучна сонда користи рефлексију звука од **делића** који се крећу заједно са флуидом, и који праве Доплеров помак фреквенције звука. Мерењем фреквентног помака ултразвука од делића који се креће заједно са флуидом, могуће је одредити брзину тих делића.

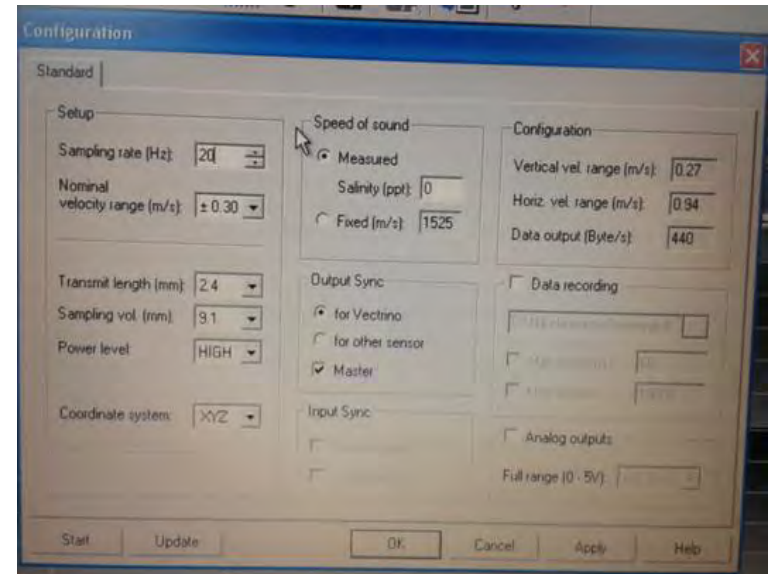
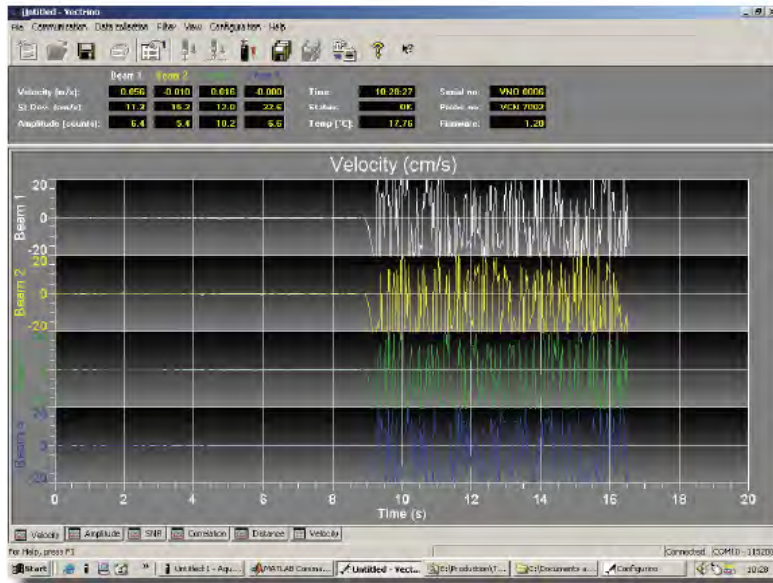
Seeding је битан!

Методологија УЗВ



Предајник шаље таласе ка замишљеној запремини која се налази 50 mm од врха сонде. Унутар запремине долази до сударања ултразвучних таласа и честица након чега одбијене таласе прихватају пријемници, који су сви усмерени ка тој замишљеној запремини.

Методологија УЗВ



На сликама је приказан главни прозор, где се могу видети дијаграми и вредности брзина у сва три правца, док се на другој види прозор за подешавање параметара мерења.

Могу се варирати брзина узорковања, номинални опсег брзина, висина мерне запремине, брзина звука кроз флуид.

Методологија УЗВ

- **Предности:**

- Геометрија сонде омогућава да се што мање утиче на мерену брзину (мерна запремина испод саме сонде)
- Електроника стаје унутар основног инструмента
- Поседује четврти пријемник за побољшање мерења
- Има интегрисани сензор температуре у сонди
- Одвојени пријемници од предајника, што повећава број узорака

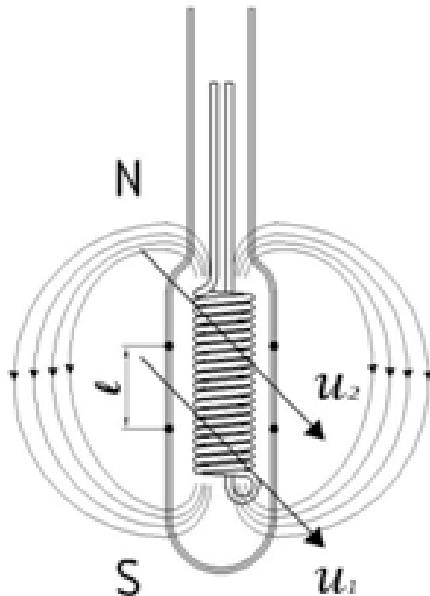
- **Мане:**

- Велика осетљивост рецептора на удар.
- У превише чистој води не показује добре резултате.
- Проблеми код мерења при површини и при дну
- Због карактеристичног распореда пријемника немогуће је мерити брзине уз сам зид

Методологија ЕМ

- Електромагнетна сонда
- Користи се само као контролна
- Принцип се заснива на Фарадејевом закону, по коме се на крајевима крутог проводника дужине L индукује **електромоторна сила E** уколико се тај проводник креће у магнетном пољу B , брзином V .

$$E = \vec{B} \times \vec{V} \cdot L$$



Принцип електромагнетне индукције се може искористити и да се измери брзина флуида „у тачки“ односно, средња брзина флуида у релативно малој запремини.

Методологија ЕМ

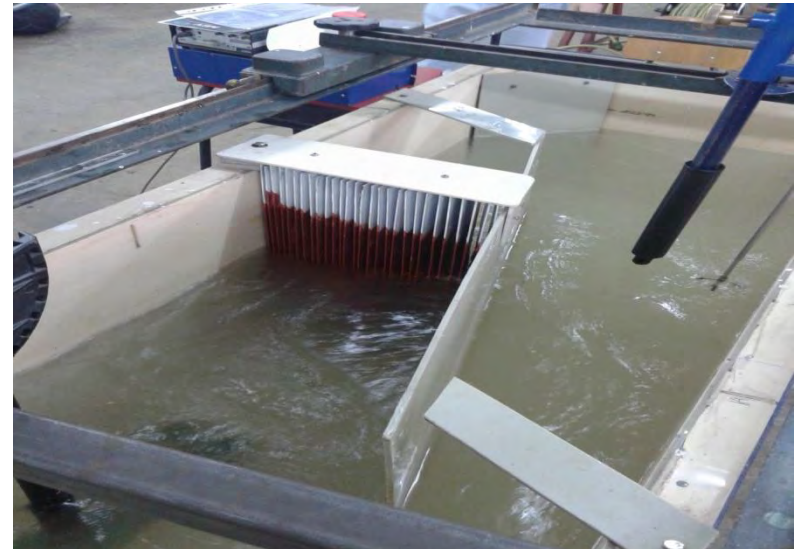
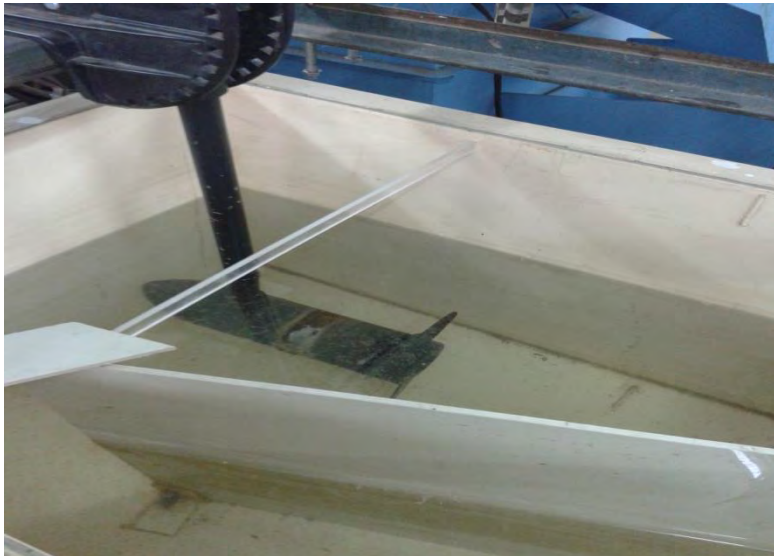
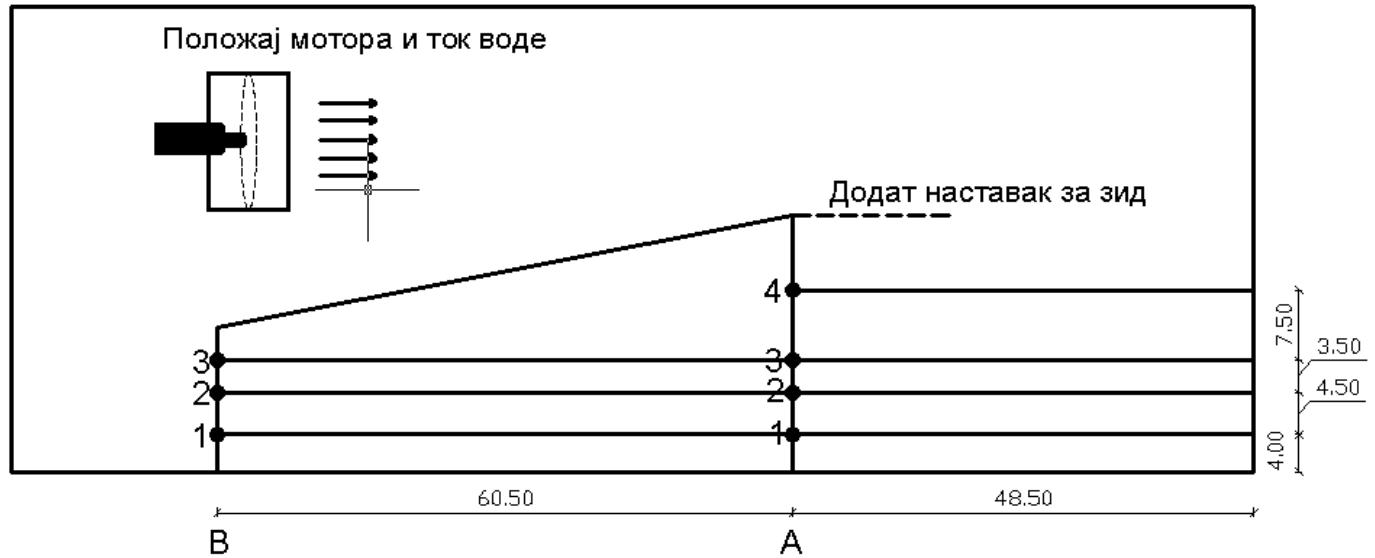
- **Предности:**

- Мери заиста брзину воде а не делића
- Може да мери јако мале брзине (од пар mm/s)
- Робусна сонда, може да ради и у чистој води и у прљавој води
- Мерење не зависи од температуре воде
- Могуће је направити разне геометрије, 1D, 2D, разне величине

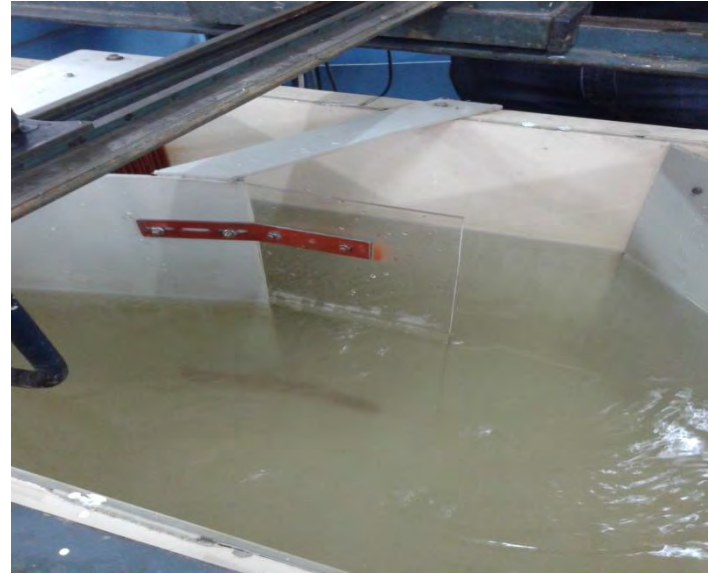
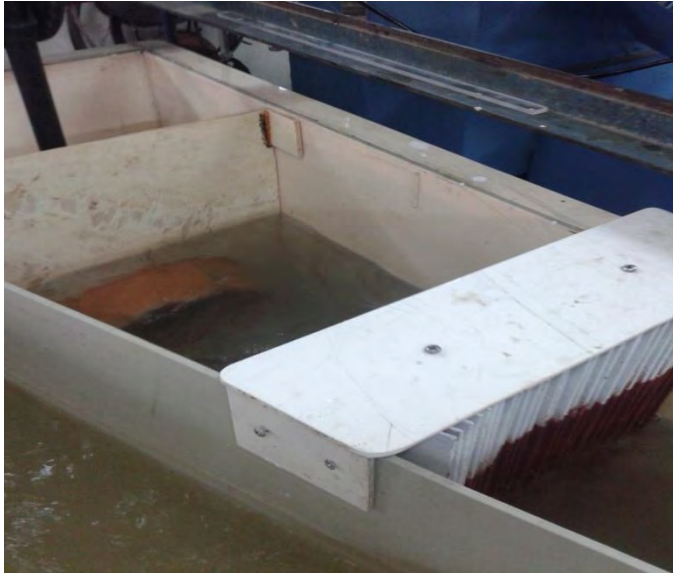
- **Мане:**

- Својим присуством ремети ток воде (сонда да буде што мања – а мања сонда значи већи шум у мерењу)
- Вода мора да буде електропроводна (не може да се користи у дестилованој ни деми води)
- Проблеми код мерења при површини и при дну
- Не треба мерити брзине уза сам зид (1.5 cm се одмаћи!)

Опис диспозиције система

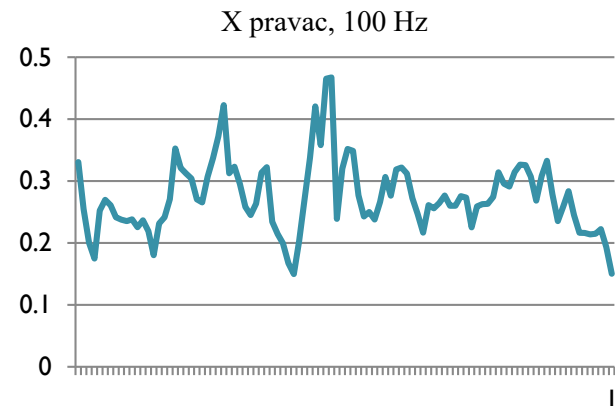
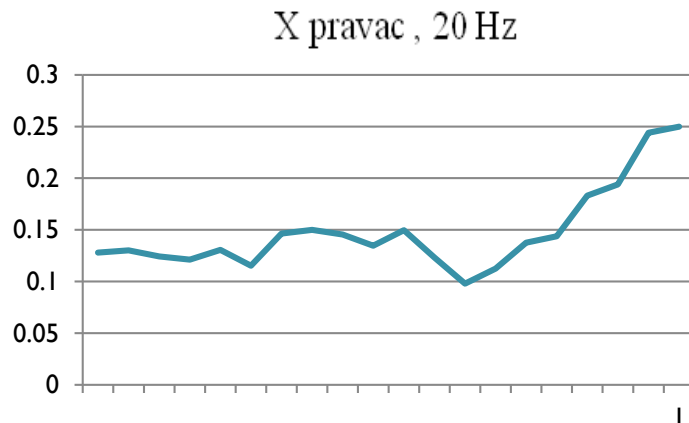


Опис диспозиције система

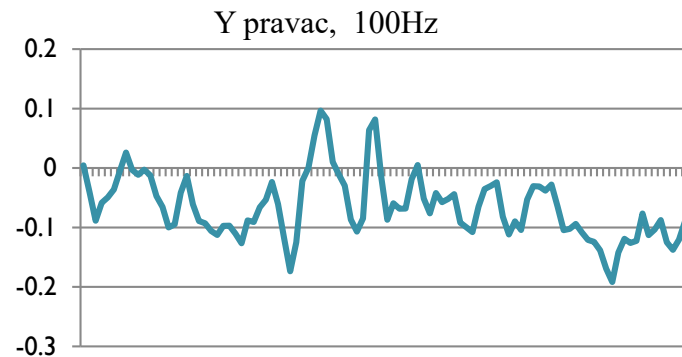
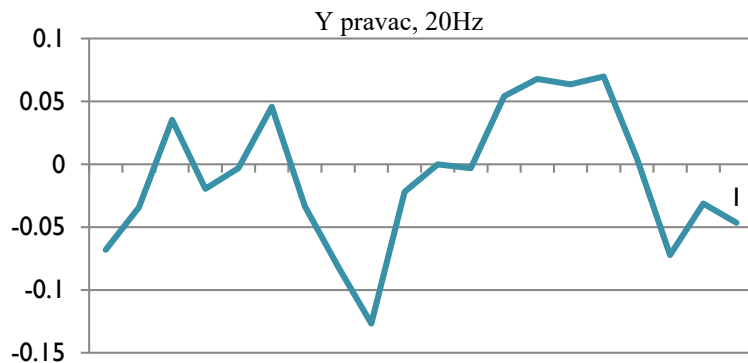


Резултати мерења

- Избор брзине мерења (sample rate) помоћу ултразвучне сонде
- Пробна мерења да би се што боље упознало са радом сонди
- Овладавање обрадом података који су сређивани у програмима Excel и Matlab.
- У датим тачкама мерило се на дубинама од 135mm, 185mm и 245mm. Мотор у другој брзини, напон мотора 12 V.



Резултати мерења

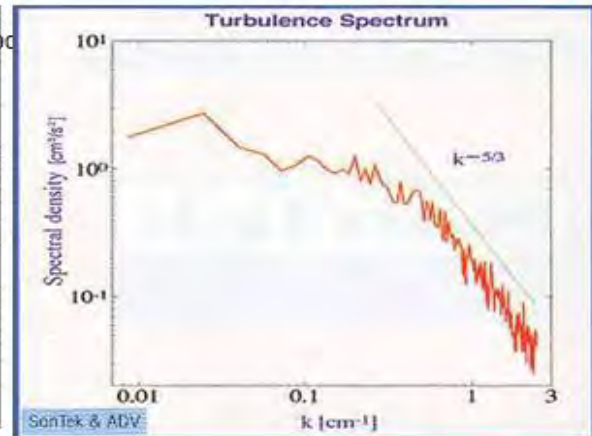
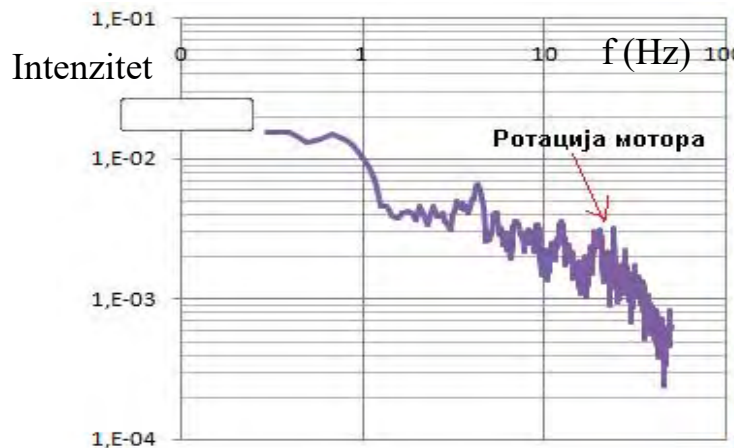
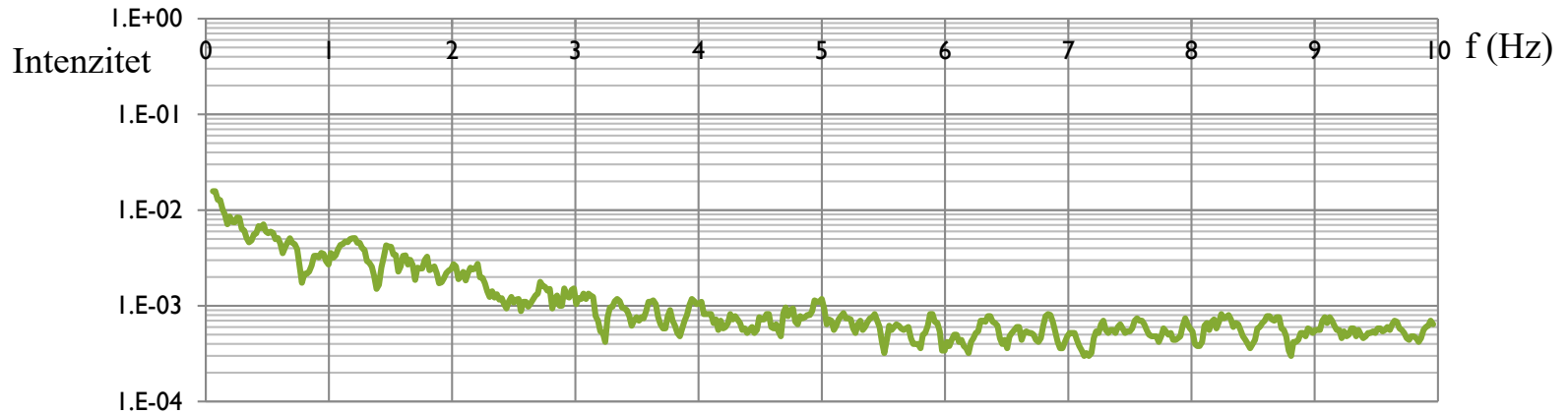


Упоредивањем графика (од 20 и од 100Hz), утврђено је да се и са фреквенцијом од 20 Hz хватају сва битна дешавања која се одигравају у мерној тачки.

Одлучено је да се сва даља мерења раде са фреквенцијом узорковања од 20 Hz.

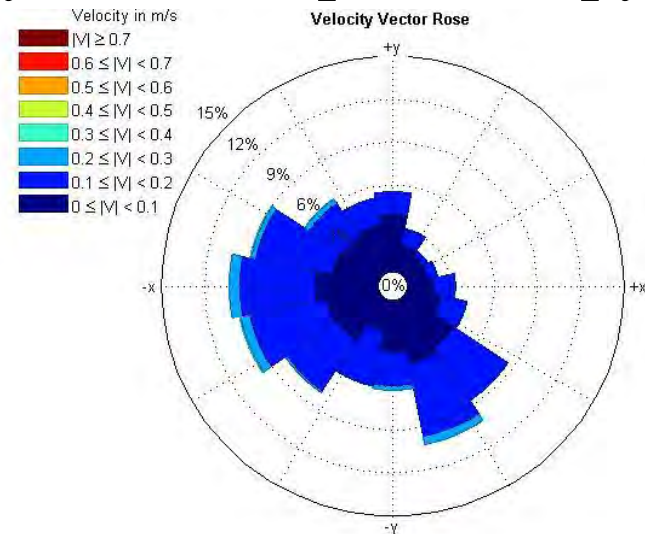
Резултати мерења

- Приказ добијених резултата – спектрална анал.



Резултати мерења

- Приказ добијених резултата – правац струјања



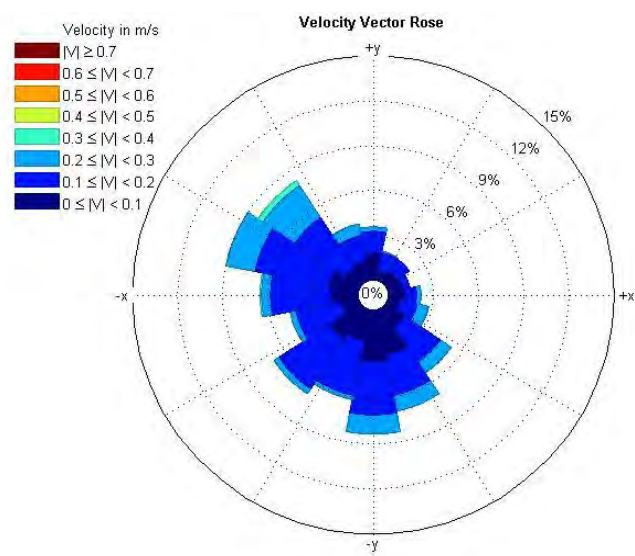
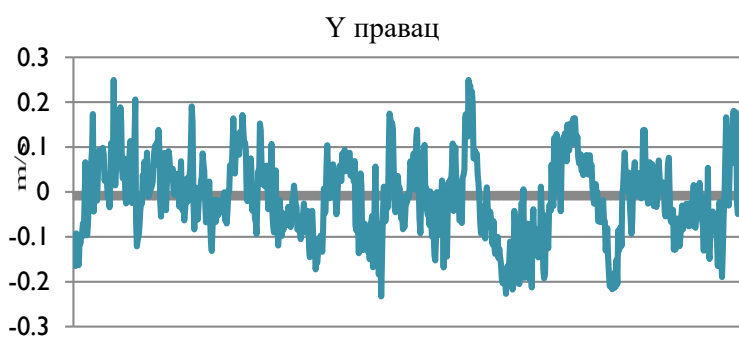
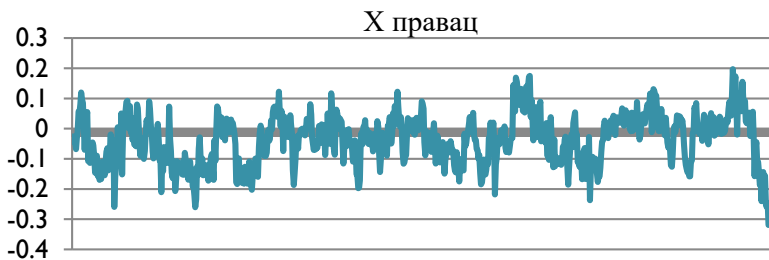
Интерпретација дијаграма:

- Дужина „штапова“ од центра круга: учесталост појаве вектора брзина у том опсегу углова (на слици најзаступљенији опсези 150° - 300°)
- Боја: различите брзине, односно, интензитети вектора

Са дијаграма се види учесталост појаве одређеног опсега интензитета брзина у одређеном опсегу углова (на слици, у доминантном опсегу углова 150° - 300° најчешћи, скоро 65 %, је интензитет вектора од 0.1 до 0.2 m/s - плава боја, а око 30% су биле заступљене брзине од 0 до 0.1 m/s – тегет боја.

Дискусија о добијеним резултатима

Тачка А4-185 (почетно стање)

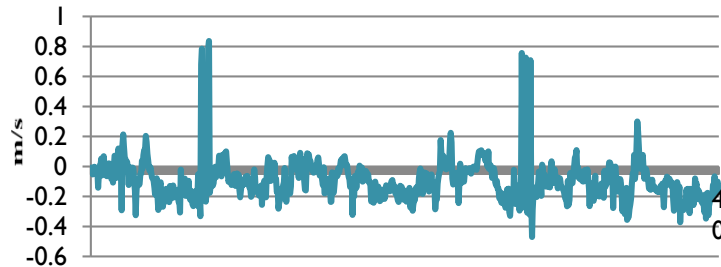


Тачка се налази у
самом вртлогу

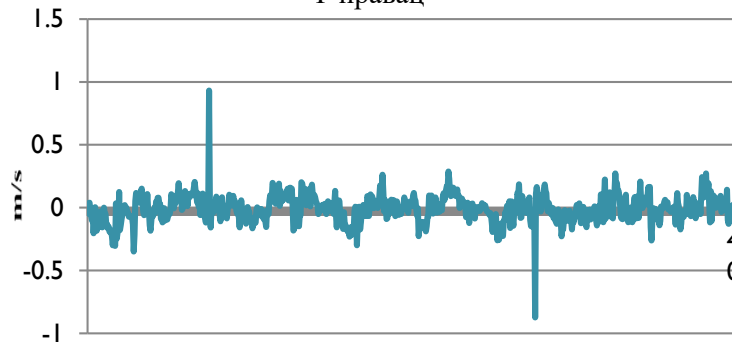
Дискусија о добијеним резултатима

Тачка А4-185-4

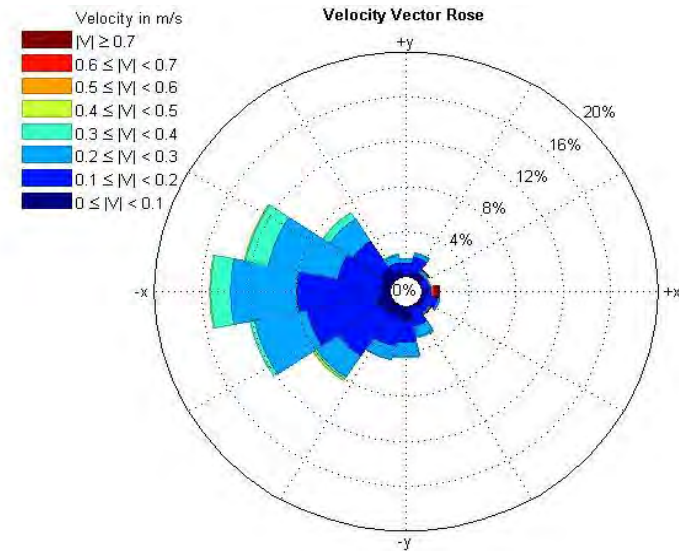
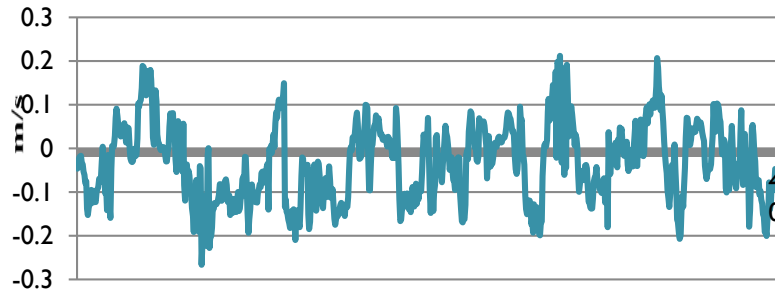
X правац



Y правац



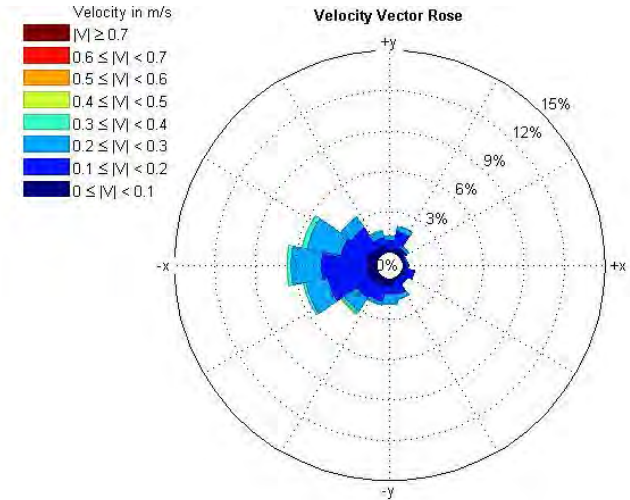
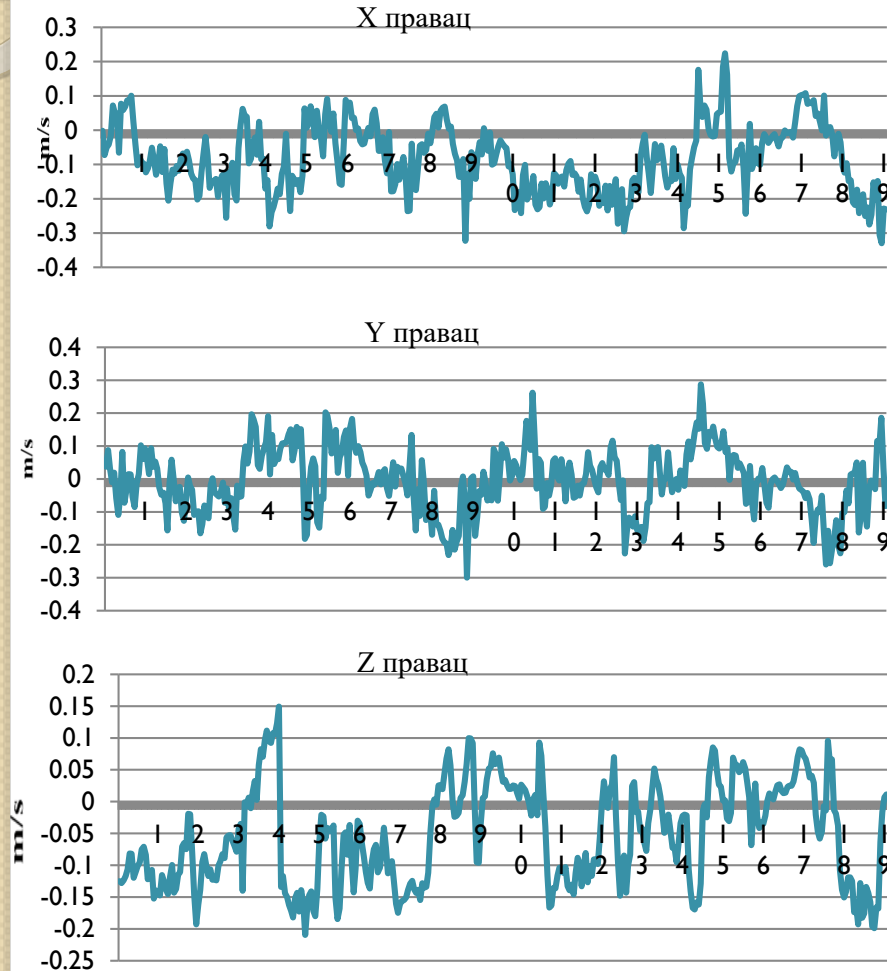
Z правац



Брзине су се повећале у односу на почетно стање

Дискусија о добијеним резултатима

Тачка А4-185-4 (сређена)



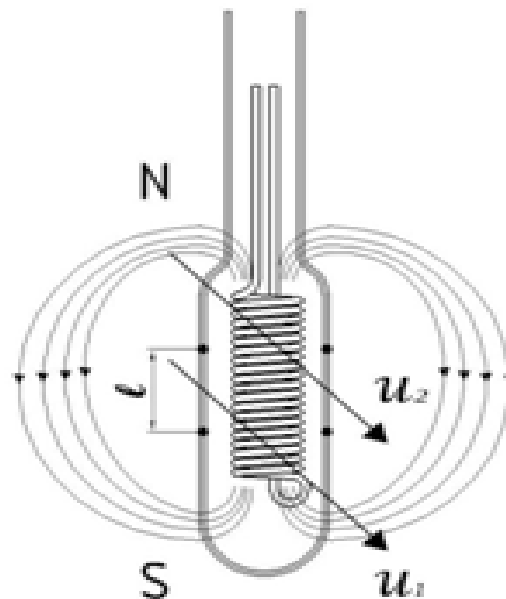
Стварно стање брзина у мерној тачки

Резултати мерења

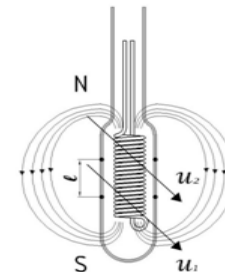
УЗВ има доста проблема ...

Да ли мерења могу да се ураде са ЕМ која је осетљивија на мале брзине и робуснија?

Поређење ЕМ сонде са УЗВ сондом – где и шта мере?



Резултати мерења



Поређење ЕМ сонде са УЗ сондом

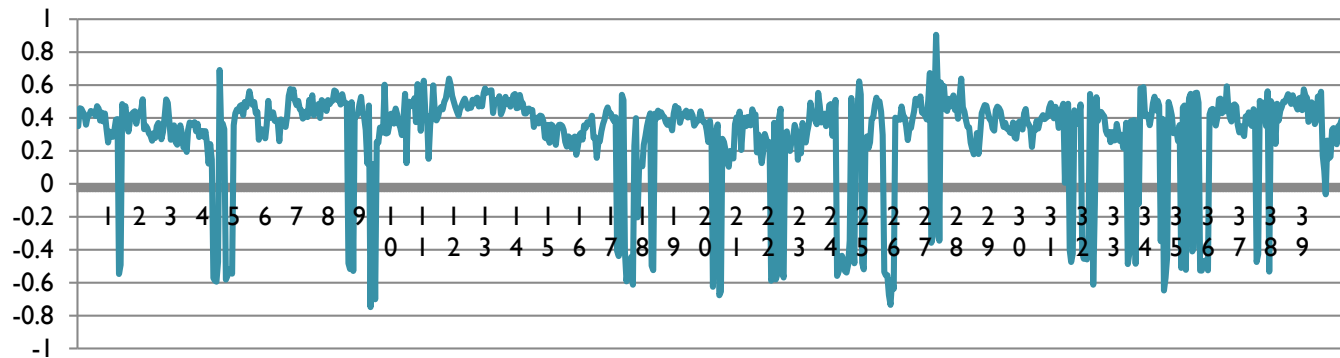
A1-185-6							
Srednja vrednost				Stand. Devijacija			
X pravac		Y pravac		X pravac		Y pravac	
EM	UZ	EM	UZ	EM	UZ	EM	UZ
-0.03	0.46	-0.8	-0.069	0.09318	0.197	0.08231	0.186
A4-185-6							
Srednja vrednost				Stand. Devijacija			
X pravac		Y pravac		X pravac		Y pravac	
EM	UZ	EM	UZ	EM	UZ	EM	UZ
-0.1	0.12	0.08	0.093	0.11024	0.145	0.08856	0.188
B2-135-6							
Srednja vrednost				Stand. Devijacija			
X pravac		Y pravac		X pravac		Y pravac	
EM	UZ	EM	UZ	EM	UZ	EM	UZ
-0.03	0.24	-0.6	-0.057	0.10597	0.075	0.0939	0.067

Због високе турбуленције (вртлога) битно је где се осредњава у простору!

Закључци и даље смернице за рад

- Контра ефекат ламинатора

Х правас, А1-135-3



Задржава на себи велику количину сидинга и повремено пропушта мање, а некад више што није добро за резултате

Закључци и даље смернице за рад

- Ажурирање софтвера
- Мерења и обраду резултата радити парцијално (једно по једно)
- Прво проверити фреквенцију пропелера па тек онда изабрати фреквенцију узорковања

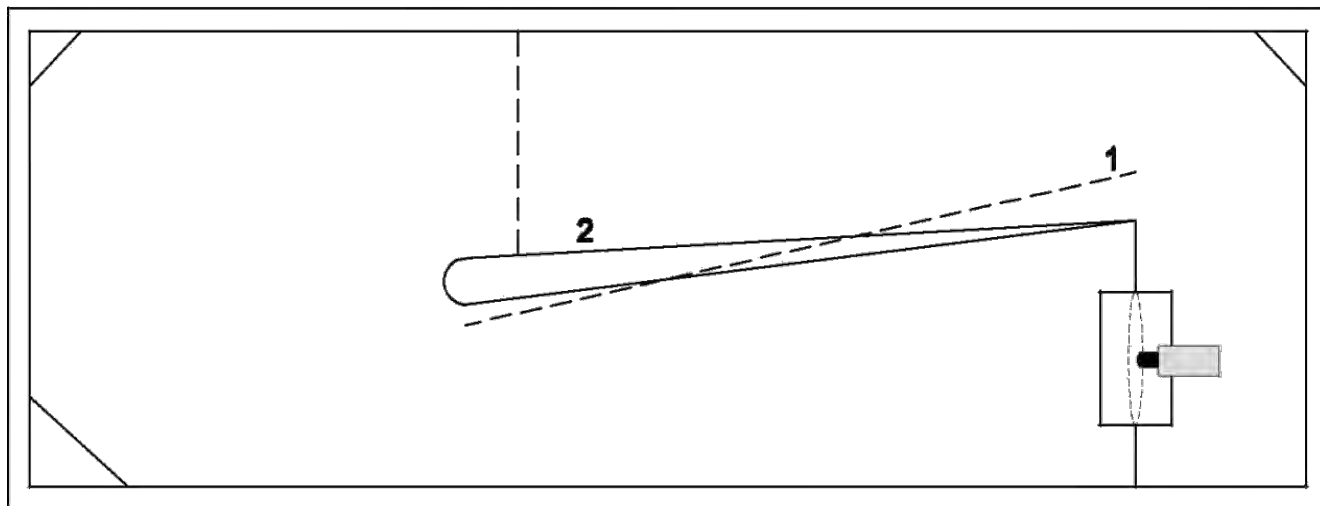
	Panther Martin 34 lbs thrust		
	12 V	10 V	8 V
1. <u>brzina</u>	1450 (25Hz)	1190 (20Hz)	845 (14Hz)
2. <u>brzina</u>	1560 (26Hz)	1290 (21,5Hz)	940 (16Hz)
3. <u>brzina</u>	1670 (28Hz)	1380 (23Hz)	1030 (17Hz)

Стробоскопским светлом измерена фреквенција пропелера у ваздуху

Закључци и даље смернице за рад

- Као лоша показала се и тренутна инсталација (**ипак је превише кратка!!!**).
- Предлог како би се можда мало побољшали услови:

Мерни профил



Литература

- [1] Д. Продановић – *Скрипта са предавања из предмета Мерења у хидротехници*
http://hikom.grf.bg.ac.rs/web_stranice/KatZaHidr/Predmeti/Merenja/Literatura/Skripta/Tekst/Skripta.html
- [2] Сајт произвођача мерне опреме Nortek
www.nortek.com
- [3] „Проблеми мерења брзине проводне течности у тачки електромагнетном методом и предлог решења”
Здравко Ристић, Душан Продановић, Марко Иветић, Владимир Вујичић
- [4] Семинарски рад студената на тему: „Распоред брзина у лабораторијском каналу за праг”, 2014.
- [5] Семинарски рад студената на тему: „ Мерење брзине ADV Vectrino ултразвучном сондом,, 2012.
- [6] Адреса за објашњења за WindRose :
<http://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/17748-wind-rose>



Хвала на пажњи