



## ЛАБОРАТОРИЈСКА ИНСТАЛАЦИЈА ЗА ХИДРАУЛИЧКА ИСПИТИВАЊА БРОДСКИХ ПРЕВОДНИЦА

(НАЗИВ ТЕХНИЧКОГ РЕШЕЊА)

### ОСНОВНИ ПОДАЦИ О ТЕХНИЧКОМ РЕШЕЊУ

Назив техничког решења	Лабораторијска инсталација за хидрауличка испитивања бродских преводница
Аутори	Миодраг Јовановић, Никола Росић, Ивана Дмитровић
Категорија тех. решења (М80)	М83 (ново лабораторијско постројење, ново експериментално постројење)
Инвеститор	Грађевински факултет Београд
Корисници	Грађевински факултети из Србије
Година израде	2010
Начин верификације резултата	Прва верзија лабораторијске инсталације проверена је кроз израду и одбрану магистарске тезе Иване Дмитровић: "Анализа хидрауличког режима бродске преводнице применом физичког и математичког модела", Грађевински факултет, Београд, 2002. Функционалност нове инсталације која се користи од априла 2010. године је проверена, а у току је инсталација и провера нових мерних уређаја. Коначна верификација биће дата кроз научне и квалификационе радове.
Начин примене резултата	Лабораторијска инсталација се може користити у настави базичне хидраулике и хидраулике објеката (система цевастих проводника воде са контролисаним протоком помоћу затварача, система проводника са успутном променом протока и преводница). У истраживачком смислу, инсталација служи за унапређење знања о хидрауличком режиму пуњења и пражњења бродских преводница, са циљем унапређења пројектантске праксе.
Област на коју се решење односи	грађевинарство, хидротехника, хидраулика објеката, пловна инфраструктура
Проблем који се решава	Хидраулички режим пуњења и пражњења бродских преводница и стабилност пловних објеката у преводници током њиховог превођења
Стање решености проблема у свету	У свету се лабораторијски модели бродских преводница намењени граде за потребе пројектовања конкретних објеката. Из литературе није познато да постоји лабораторијски пилот модел преводнице, опремљен свим типовима хидрауличког система пуњења/пражњења, који је намењен искључиво настави и научном истраживању специфичних хидрауличких појава оваквих објеката.
Објашњење суштине техничког решења	Лабораторијска инсталација представља пилот модел бродске преводнице у размери 1:50. Инсталација је намењена испитивању хидрауличког режима пуњења и пражњења преводница са чеоним и подеоним системима пуњења. Испитивања могу обухватити и стабилност брода, кроз његова померања у току пуњења/пражњења преводнице. С обзиром на димензије модела које обезбеђују очување пуне Фрудове сличности, резултати мерења, прорачуна и хидрауличких анализа, могу се поуздано екстраполовати на објекте у природи (прототип објекте), што је од значаја за унапређење метода пројектовања у пракси. Међутим, ова инсталација омогућава и фундаментална хидрауличка истраживања низа феномена, као што су на пример конвергентна и дивергентна струјања у сабирним / дистрибутивним системима проводника, локални и линијски губици енергије дуж проводника са променљивим протоком, интеракција вертикалних потопљених млазева и др.

## ДЕТАЉАН ОПИС ТЕХНИЧКОГ РЕШЕЊА

**Историјат.** Прва верзија лабораторијског пилот модела бродске преводнице конципирана је и изграђена 2002. год. као монтажно-демонтажна инсталација у великом каналу Хидрауличке лабораторије Грађевинског факултета у Београду. На овој инсталацији, која је била намењена настави из предмета Пловни путеви и пристаништа, као и базичним истраживањима хидраулике бродских преводница, обављена су мерења за потребе израде једног магистарског рада (Дмитровић Ивана, 2002).

У току 2009 године, обављено је „препројектовање“ овог лабораторијског пилот модела, са циљем да се изгради трајна - самостална инсталација, са независним рециркулационим системом и знатно напреднијом мерном опремом. Почетком 2010. године завршена је изградња нове инсталације у којој је су задржани неки елементи првобитног модела, а изграђена је сопствена носећа челична конструкција, главни сабирни резервоар и два помоћна резервоара са покретним преливима (Слика 1). Нова инсталација снабдевена је вишестепеном пумпом, као и капацитивним сондама за континуално мерење нивоа са одговарајућим динамичким одзивом (конструктивни детаљи модела и приказ опреме дати су у наставку).

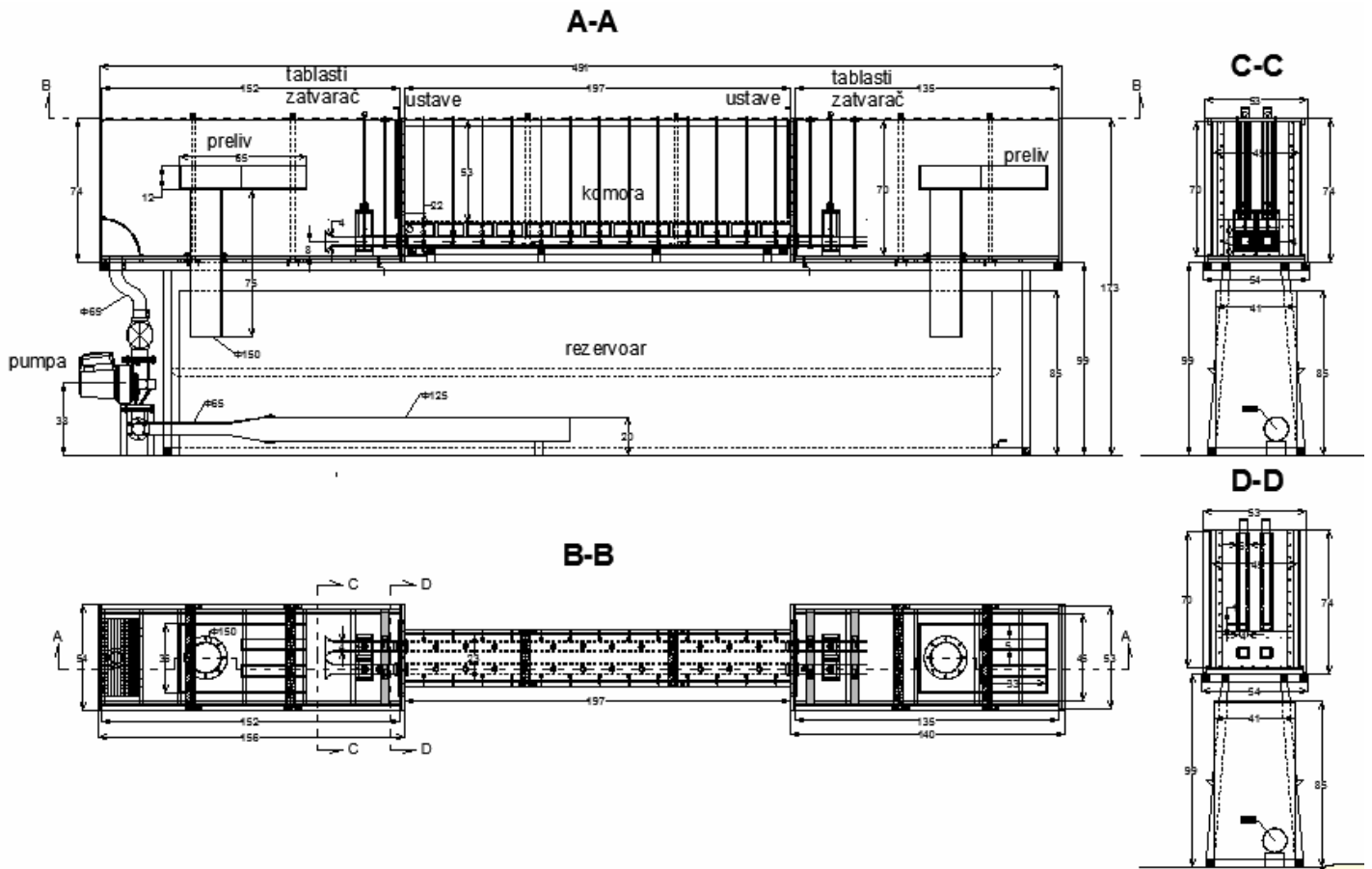


Слика 1. Изглед лабораторијске инсталације за хидраулично испитивање бродских преводница (Хидрауличка лабораторија Грађевинског факултета у Београду)

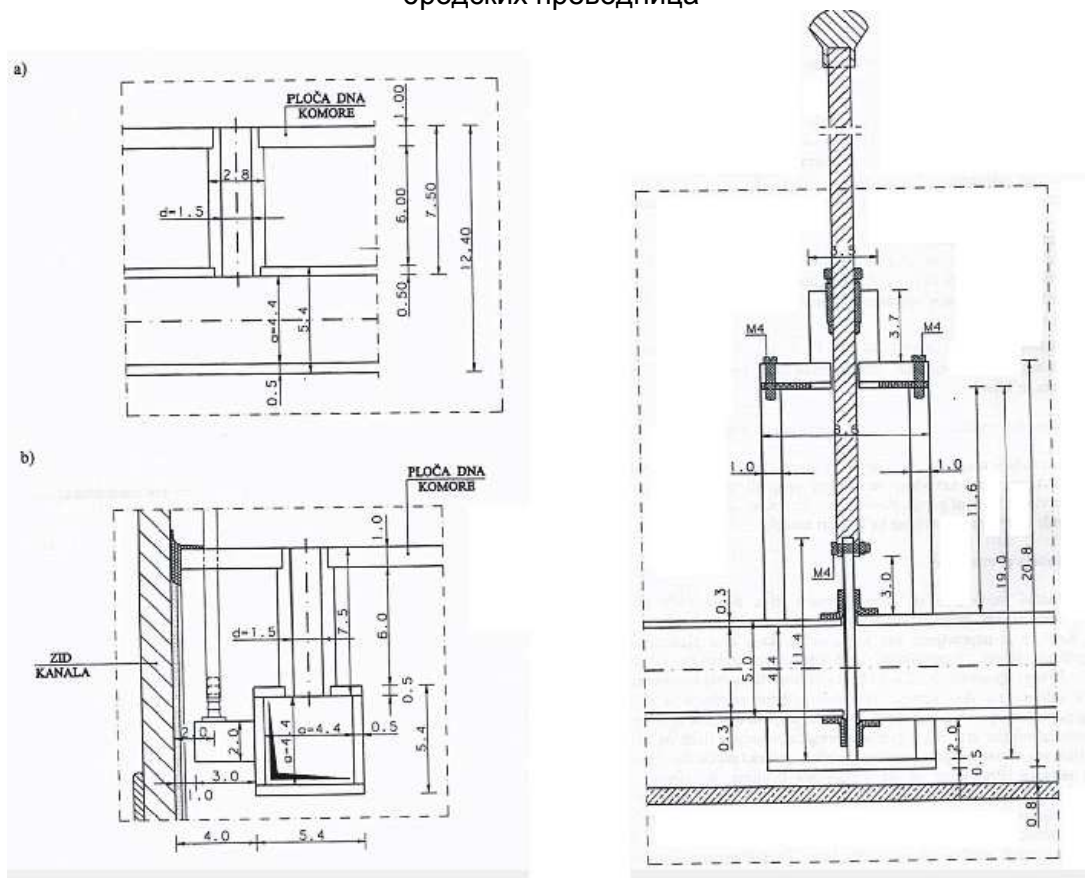
**Карактеристике лабораторијске инсталације.** Инсталација о којој је реч представља лабораторијски пилот модел бродске преводнице у размери 1:50. Ова размера дозвољава поуздану екстраполацију резултата на објекте у природи, очувањем пуне Фрудове сличности. Лабораторијски модел је тако пројектован да се по жељи могу испитивати чеони и подеони системи пуњења. Чеони систем омогућава пуњење кроз отворе у капији, истицањем испод капије и кроз кратке галерије. Подеони систем се састоји од две главне подужне галерије са вертикалним отворима. Укупан број отвора дуж сваке галерије је 12, а тај број се, као и распоред, може мењати. Контрола протока у систему обавља се помоћу табластих затварача.

На Слици 2 је приказан технички цртеж лабораторијске инсталације, са подужним пресеком, основом и два карактеристична попречна пресека, док су на Слици 3 приказани извођачки детаљи главних подужних проводника (галерија) са вертикалним отворима и пијезометарским прикључцима, као и детаљи табластих затварача.

Дуж главних подужних галерија дужине 2 m, између отвора, као и код затварача, постављене су пијезометарске цеви за мерење локалних и линијских губитака енергије у систему. Промена нивоа у комори мери се системом капацитивних сонди, док се константност нивоа у резервоарима (узводног/низводног) одржава помоћу кутијастих помичних прелива. За пуњење коморе користи се сопствени рециркулациони систем са вишестепеном пумпом капацитета до 10 l/s и резервоаром запремине 1,4 m<sup>3</sup>. Поједини делови инсталације, снимљени пре њене монтаже, приказани су на Слици 4.

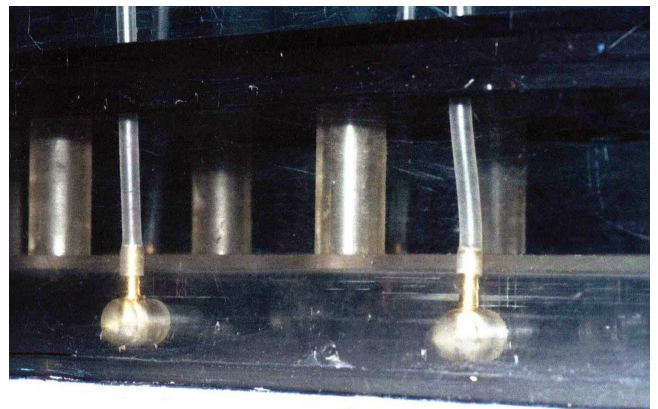
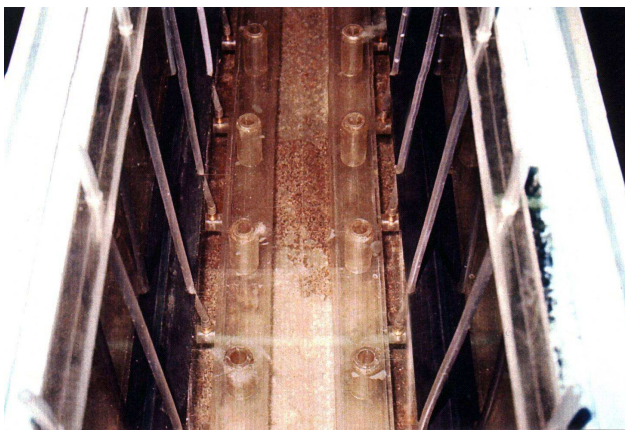
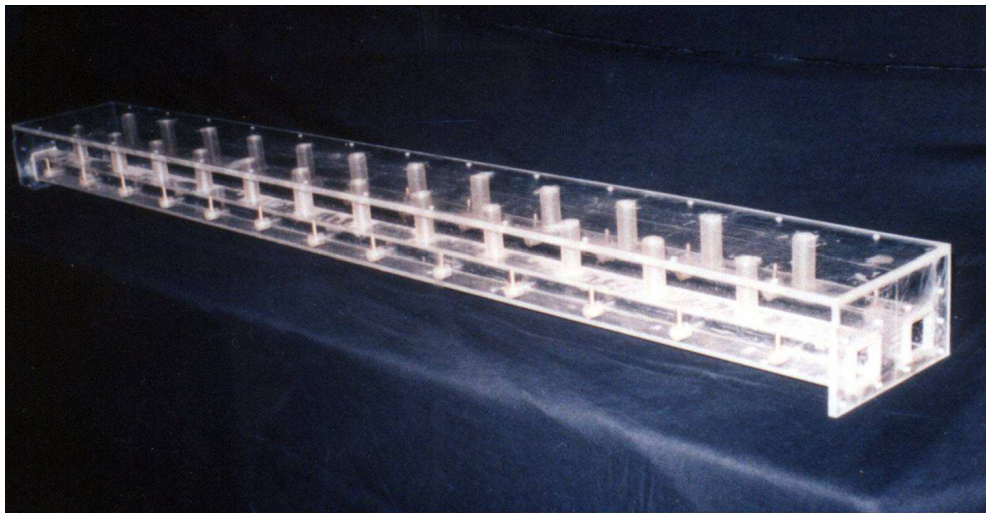
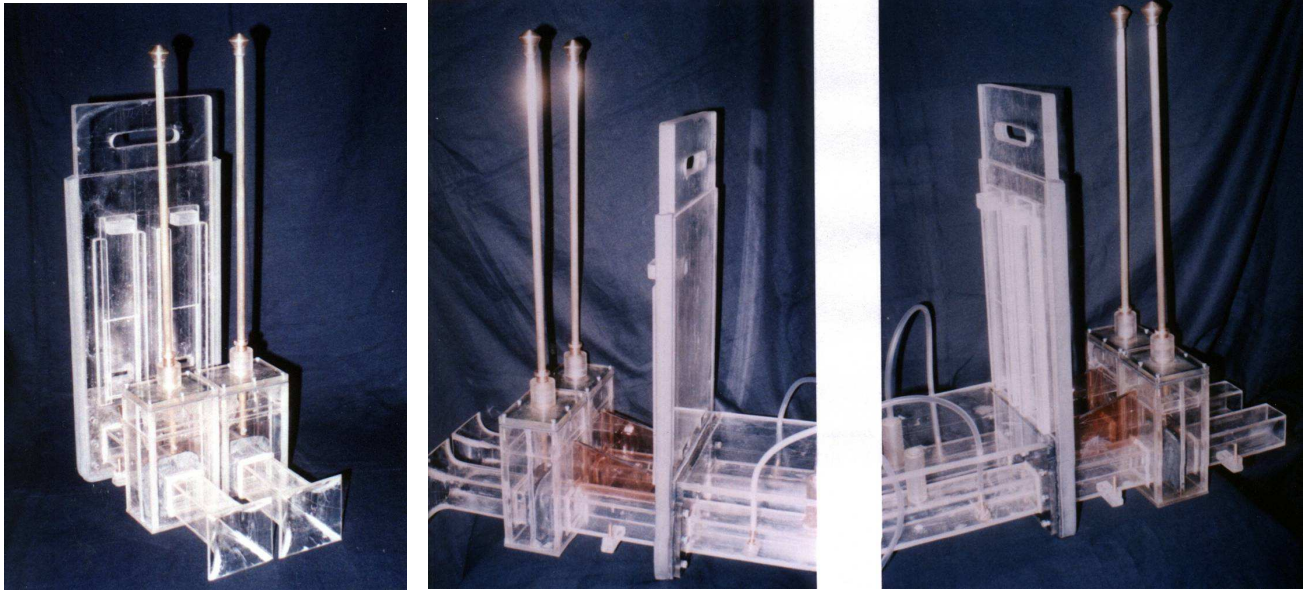


Слика 2. Технички детаљи лабораторијске инсталације за хидрауличко испитивање бродских преводница



Слика 3. Извођачки детаљи; лево: а) спој главна подужна галерија - истицајни отвор - плоча дна коморе у подужном пресеку; б) спој главна подужна галерија - истицајни отвор - плоча дна коморе у попречном пресеку; десно: табласти затварач на узводном и низводном крају главне подужне галерије





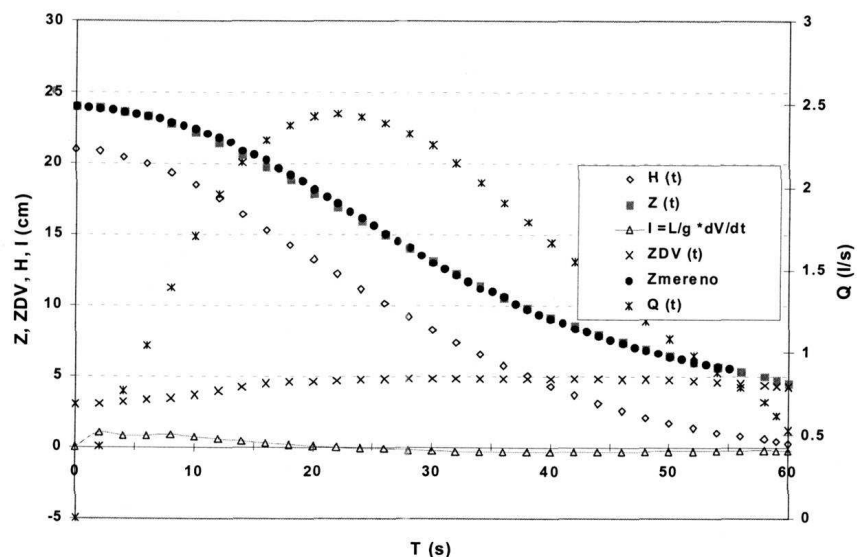
Слика 4. Фотодокументација израде лабораторијске инсталације; одозго на доле: улазна грађевина са уставом и табластим затварачима; дно модела са главним подужним проводницима (галеријама) и вертикалним отворима за пуњење / пражњење преводнице; пијезометри између отвора и њихови прикључци

**Програм експерименталних испитивања.** Експериментална истраживања на пилот моделу преводнице могу се сврстати у две категорије, у зависности да ли се експерименти обављају у условима устаљеног или неустаљеног течења.

При *устаљеном режиму течења* обављају се експерименти у циљу одређивања: (а) локалних и линијских губитака енергије дуж главних подужних галерија модела када су сви отвори у комори затворени; (б) губитака енергије на једном отвору или на групи отвора, као и вредности коефицијента протока система дивергентних токова у дистрибутивним проводницима и (в) губитака на једном отвору или групи отвора, као и вредности коефицијента протока система конвергентних токова у сабирним проводницима.

При *неустаљеном режиму течења* обављају се експерименти пуњења и пражњења коморе са разним почетним и граничним условима, као и законима отварања затварача.


**Програм развоја нумеричких модела.** Експериментални резултати служе за калибрацију математичких модела неустаљеног течења у коморама бродских преводница. Ови модели могу бити на разним нивоима сложености, а њихова основна подела је: (а) просторни/линијски модели и (б) модели засновани на комплетним једначинама / упрошћени („неинерцијални“) модели. Резултати експеримената служе за развој и калибрацију нумеричких модела. Примера ради, на Сlici 5 приказано је поређење резултата мерења и прорачуна једног експеримента.



Слика 5. Резултати нумеричке симулације лабораторијског експеримента пражњења преводнице помоћу математичког модела заснованог на комплетним једначинама линијског неустаљеног течења; број парова активних отвора 12, почетна денивелација 20 cm, отварање затварача константном брзином, трајања 30 s.

**Погонска и мерна опрема.** Рециркулациони систем ове лабораторијске инсталације заснован је на вишестепеној пумпи чије су техничке карактеристике дате у наставку.

Основни мерни уређаји су капацитивне сонде за неприкидно регистровање нивоа воде у динамичким условима. Техничка спецификација ових уређаја је такође дата у наставку. У току је пројектовање система за континуално мерење померања брода у току пуњења/пражњења коморе. Користиће се мерне траке и видео снимања. За управљање експериментом и аквизицију података користе се data logger-и са PC рачунском и графичком подршком.

Position	Qty.	Description	Single Price
	1	<p data-bbox="432 282 568 309"><b>UPS 65-60/4 F</b></p>  <p data-bbox="751 633 1187 660"><b>Note! Product picture may differ from actual product</b></p> <p data-bbox="432 680 639 703">Product No.: 96402227</p> <p data-bbox="432 703 858 797">The pump is of the canned rotor type, i.e. pump and motor form an integral unit without shaft seal and with only two gaskets for sealing. The bearings are lubricated by the pumped liquid.</p> <p data-bbox="432 819 858 891">In order to avoid problems in connection with disposal, great importance has been attached to using as few different materials as possible.</p> <p data-bbox="432 913 719 936"><b>The pump is characterized by:</b></p> <ul data-bbox="461 938 836 1126" style="list-style-type: none"> <li>* Three-speed motor.</li> <li>* Ceramic radial bearings.</li> <li>* Carbon axial bearing.</li> <li>* Stainless steel rotor can, bearing plate and rotor cladding.</li> <li>* Aluminium alloy stator housing.</li> <li>* Cast iron pump housing.</li> <li>* Stator with built-in thermal switch.</li> </ul> <p data-bbox="432 1149 699 1171">The motor is a 1-phase motor.</p> <p data-bbox="432 1193 845 1288">The pump is supplied with a standard module in the terminal box. The standard module is to be connected to the mains supply via external contactor.</p> <p data-bbox="432 1310 523 1332"><b>Controls:</b></p> <p data-bbox="432 1335 842 1357">Relay: without relay</p> <p data-bbox="432 1379 501 1402"><b>Liquid:</b></p> <p data-bbox="432 1404 842 1426">Liquid temperature range: -10 .. 120 °C</p> <p data-bbox="432 1449 533 1471"><b>Technical:</b></p> <p data-bbox="432 1473 868 1496">Approvals on nameplate: CE,B,VDE,TSE</p> <p data-bbox="432 1518 528 1541"><b>Materials:</b></p> <p data-bbox="432 1543 935 1615">Pump housing: Cast iron EN-JL1040 DIN W.-Nr. 35 B - 40 B ASTM</p> <p data-bbox="432 1617 895 1688">Impeller: Stainless steel 1.4301 DIN W.-Nr. 304 AISI</p> <p data-bbox="432 1711 544 1733"><b>Installation:</b></p> <p data-bbox="432 1736 815 1758">Range of ambient temperature: 0 .. 40 °C</p> <p data-bbox="432 1760 788 1783">Maximum operating pressure: 10 bar</p> <p data-bbox="432 1785 762 1807">Flange standard: DIN</p> <p data-bbox="432 1809 788 1832">Pipe connection: DN 65</p> <p data-bbox="432 1834 847 1856">Pressure stage: PN 6 / PN 10</p> <p data-bbox="432 1859 804 1881">Port-to-port length: 340 mm</p>	Price on request

Position	Qty.	Description	Single Price
		<p><b>Electrical data:</b></p> <p>Number of poles: 4</p> <p>Power input in speed 1: 400 W</p> <p>Power input in speed 2: 510 W</p> <p>Max. power input: 640 W</p> <p>Mains frequency: 50 Hz</p> <p>Rated voltage: 1 x 230-240 V</p> <p>Current in speed 1: 2.1 A</p> <p>Current in speed 2: 2.75 A</p> <p>Max. current: 3.15 A</p> <p>Cos phi in speed 1: 0,83</p> <p>Cos phi in speed 2: 0,81</p> <p>Cos phi: 0,88</p> <p>Capacitor size - run: 20 muF/400 V</p> <p>Enclosure class (IEC 34-5): IP44</p> <p>Insulation class (IEC 85): H</p> <p><b>Others:</b></p> <p>Net weight: 35.7 kg</p> <p>Gross weight: 37 kg</p> <p>Shipping volume: 0.055 m<sup>3</sup></p> <p>Energy label: E</p>	

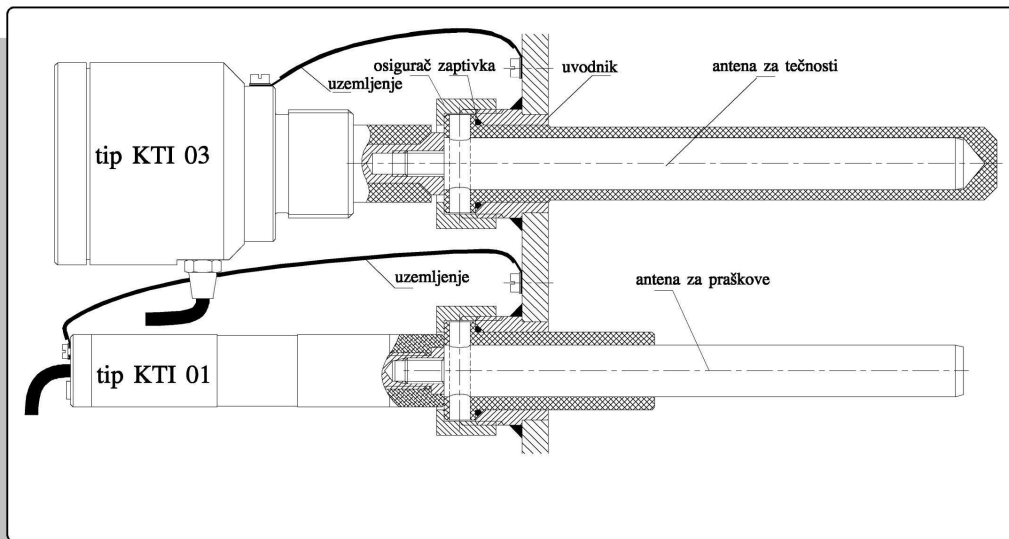


## RF NIVOINDIKATORI KTI-01E i KTI-03

**Kratkotalasni (RF) indikatori nivoa, pogodni za sve materijale:**  
praškaste, tečne, kašaste, zrnaste, komadne, neprovodne i provodne...

**Idealni za indicaciju maksimuma, minimuma i alarmnih nivoa u:**  
silosima, koševima, rezervoarima, za detekciju prisustva tečnosti u cevovodima...

**Signalizacija na osnovu dielektričke konstante i količine materijala**



### TEHNIČKI PODACI

- Napajanje 8-30VDC/35mA
- ON/OFF ("open-colector") izlaz
- Galvanski izolovan izlaz
- 50V/200mA prekidačka svojstva
- 1-20MHz radna učestanost
- Radne temperature:-40C..65C
- Podesiva osetljivost
- Podesiv histerezis
- Podesiva odgoda (0, 1s, 5s)
- Fabrički prag prekidanja: 4pF
- Kapacitivna nestabilnost<100ppm

#### DOPUNSKO NAPAJANJE:

- P3.5 220V/3.5W/12DC
- 220V/8A relejni drajver
- 5 m pripadajući kabl

#### ZAŠTITA:

- IP68 model KTI01-L
- IP65 model KTI01-E
- IP67 model KTI03-E

#### MATERIJAL KUĆIŠTA:

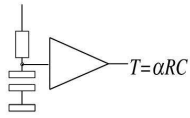
- 150xΦ32 Polietilen KTI01L
- 150xΦ32 Prokron KTI01E
- 120xΦ74 AlMg3 KTI03 E

#### ANTENE:

- Štap, izolacija PE ili PTFE
- Štap prokron
- Disk prokron
- Žičana sa PE ili PTFE izolacijom
- Radne temperature:  
40°C..80°C ili 55°C..150°C
- M10 spoj sa indikatorom
- M4 (M3) uzemljenje
- Posebne konstrukcije
- Dužina do par metara



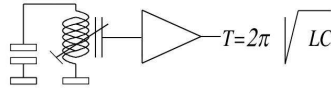
### RC CAPACITIVE



1960-1975

**PREDNOSTI:** jednostavna šema  
**MANE:** potrebna apsolutna izolacija merne antene, temperaturna osetljivost, osetljivost na vlagu

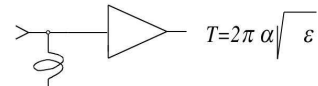
### RADIO FREQUENCY (RF)



1975-1990

**PREDNOSTI:** nije potrebna izolacija antene, dobar temperaturni koeficijent, imunos na vlagu  
**MANE:** predugačka sonda za pojedine aplikacije, često razdvojeni prijemnik i predajnik

### ADVANCED RF

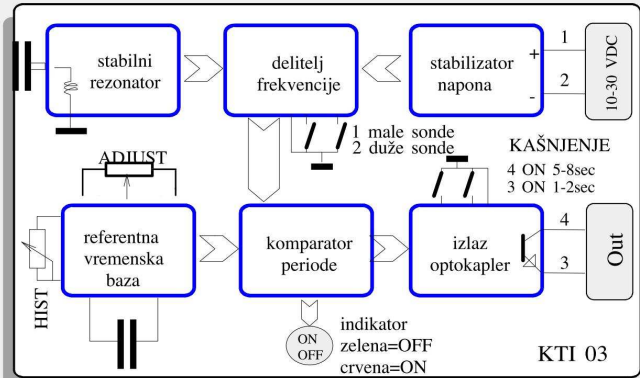


1990-1995

**PREDNOSTI:** nije potrebna izolacija antene, odličan temperaturni koeficijent, imunos na vlagu, veća osetljivost  
**MANE:**

Kapacitivni indikatori nivoa su u industrijskoj primeni prošli više razvojnih faza, a danas su se u svetu odo-maćili kao tzv. Radio Frekventni (RF) nivopokazivači. RF kapacitivni nivopokazivači poseduju radnu antenu. Uranjanjem antene u supstancu ili približavanjem predmeta menja se radna učestanost antene, što transmitterska elektronika indikatora detektuje. Mere samo doprinos dielektričke konstante i količine materijala. Temperaturno su izuzetno stabilni. Od svih nivopokazivača imaju najšire polje primene.

Podesiva osetljivost, histerzis, ugrađen vremenski relej i različita geometrija radnih antena omogućuju korisniku da uspešno iskoristi ovaj uređaj na mnogim mernim pozicijama. Njihova osobina da dojavu vrše na osnovu dielektričke konstante i količine materije omogućuju im da "ignorišu" manja taloženja na anteni.



Nivoidikatori KTI 01 i KTI 03 se ugrađuju u sud najčešće u horizontalnoj ravni. Pri horizontalnoj montaži, na sudu, u nivou na kome se želi indikacija, izbušiti otvor prema dimenzijama antene nivopokazivača. Zavariti uvodnik i ukrutiti antenu. Zavrnuti indikator na antenu, a oklop indikatora širmom spojiti sa masom suda. Vertikalno se montira polietilenski model KTI01L, koji se nosećim kablom uranja na tačku indikacije. Na posudama od izolacionog materijala (staklo, kvarc, plastika) najpodesnija je bezkontaktna indikacija disk antenama. Osetljivost indikatora se podešava potencijetrom "ADJUST" a histerzis potencijetrom "HIST". Izbor vremenske ogode je fiksna kod svih modela (nema odgoda, mala odgoda, odgoda od par sekundi).

