

# Hidroakustika

## Skaņas izplatīšanās ūdenī

Hidroakustiskā sistēma rada un noraida spiediena viļņus ūdenī noteiktā virzienā impulsu veidā ar noteiktu biežumu jeb frekvenci. Daļa noraidītās enerģijas tiek izkliedēta, daļa absorbēta un daļa, sastopot savā ceļā dažādus šķēršļus, tiek atstarota. Atstarotie signāli nonāk raiduztvērējā, kur analīzes rezultātā tiek iegūta informācija par objektu atrašanās vietām un attālumiem no raiduztvērēja.

Skaņas jeb akustisko viļņu ātrums ūdenī ir apmēram 1500 m/s (precīzā vērtība variē atkarībā no ūdens parametriem, piemēram, sāļuma). Tas ir apmēram 200 000 reizes lēnāk kā elektromagnētisko (EM) viļņu izplatīšanās ātrums, tomēr skaņas viļņu priekšrocība ir tāda, ka skaņa ūdenī izplatās daudz tālāk kā EM viļņi (t.sk. redzamā gaisma), jo EM viļņi ļoti ātri "dziest" galvenokārt izkļiedes ūdenī esošajās daļiņās dēļ, bet lielākiem EM viļņu garumiem (radiofrekvenču diapazonā) ūdens elektrovadītspējas dēļ efektīvi samazinās EM viļņa elektriskās komponentes amplitūda.

Tā kā akustiskie viļņi ūdenī izplatās krietni tālāk kā gaisma (it īpaši duļķainā ūdenī, kas ir raksturīgi Latvijas apstākļiem), tad ar hidroakustiskajām sistēmām iespējams "redzēt" lielos attālos zemūdens apstākļos.

Hidroakustikā izmanto dažādas frekvences, robežās no dažiem kiloherciem (1 kHz = 1 000 Hz) līdz vairākiem megaherciem (1 MHz = 1 000 000 Hz), tātad daļa no izmantotajām frekvencēm ir cilvēka dzirdamības diapazonā, kas ir apmēram no 20 Hz līdz 20 kHz.

Parasti, jo lielāka izmantotā frekvence, jo labāka objektu atrašanās vietas noteikšanas precizitāte, bet arī mazāks darbības attālums.

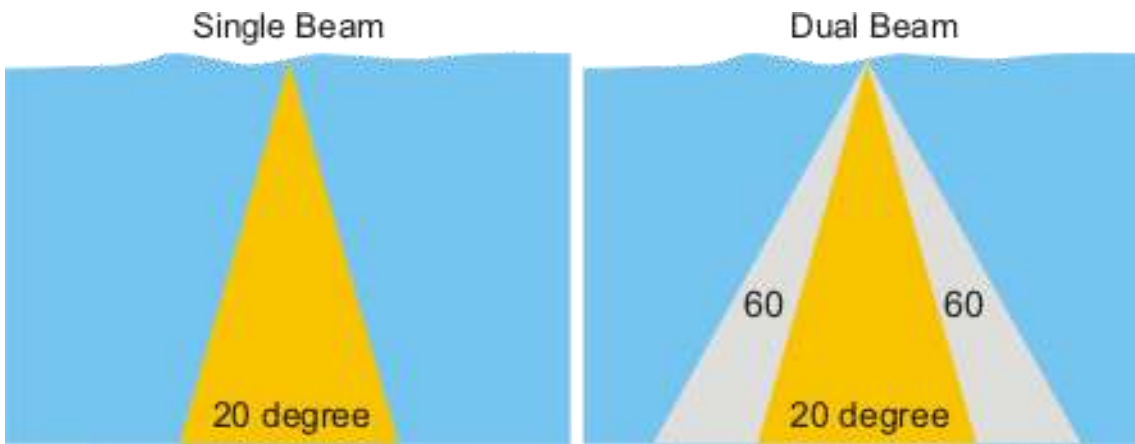


### Būtiski zināt:

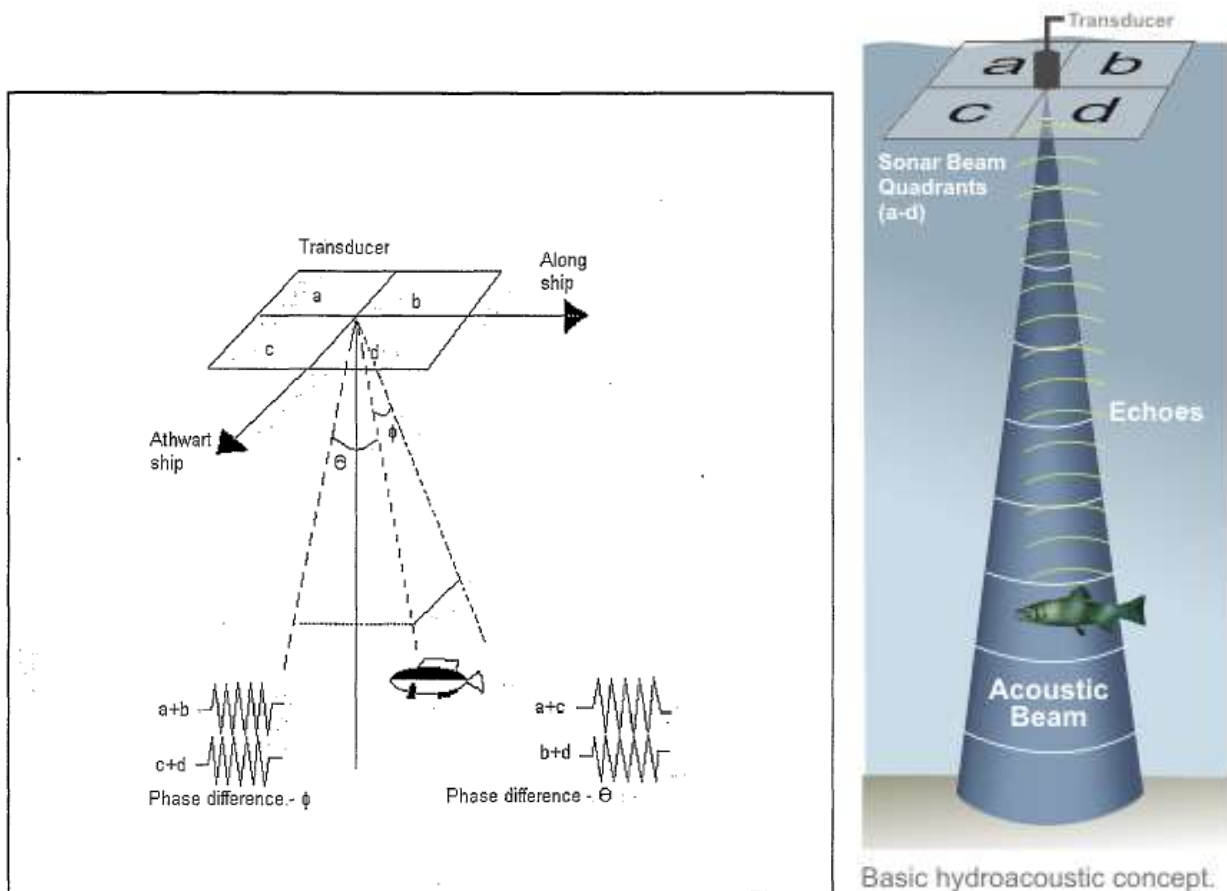
- akustiskie viļņi ūdenī atstarojas no objektiem ar no ūdens atšķirīgu blīvumu (zivis, dzīvnieki, dažādi priekšmeti, augi, akmeņi, smiltis, gaiss u.c.gāzes, utt.).
- jo lielāka objekta blīvuma starpība ar ūdens blīvumu, jo lielāks objekts un jo lielāka objekta virsma orientēta perpendikulāri raiduztvērējam, jo spēcīgāks atstarotais signāls un attiecīgi labāka iegūtās informācijas kvalitāte.
- jo zemāka akustiskā frekvence, jo lielāks izplatīšanās attālums (jeb signāla iegūšanas attālums), bet attiecīgi arī sliktāka izšķirtspēja (mazi objekti vairs nav "redzami").

## Tehnoloģija

Vēsturiski hidroakustiskās sistēmas ir attīstījušās no vienkāršām sistēmām, kas ļāva noteikt tikai attālumu līdz objektam (**vienstara** jeb single beam), līdz sistēmām, kas ļauj noteikt precīzu objekta atrašanās vietu (**divstaru** jeb dual beam un **dalītā stara** jeb split beam) un pat redzēt tos (**daudzstaru** jeb multi beam sistēmas).



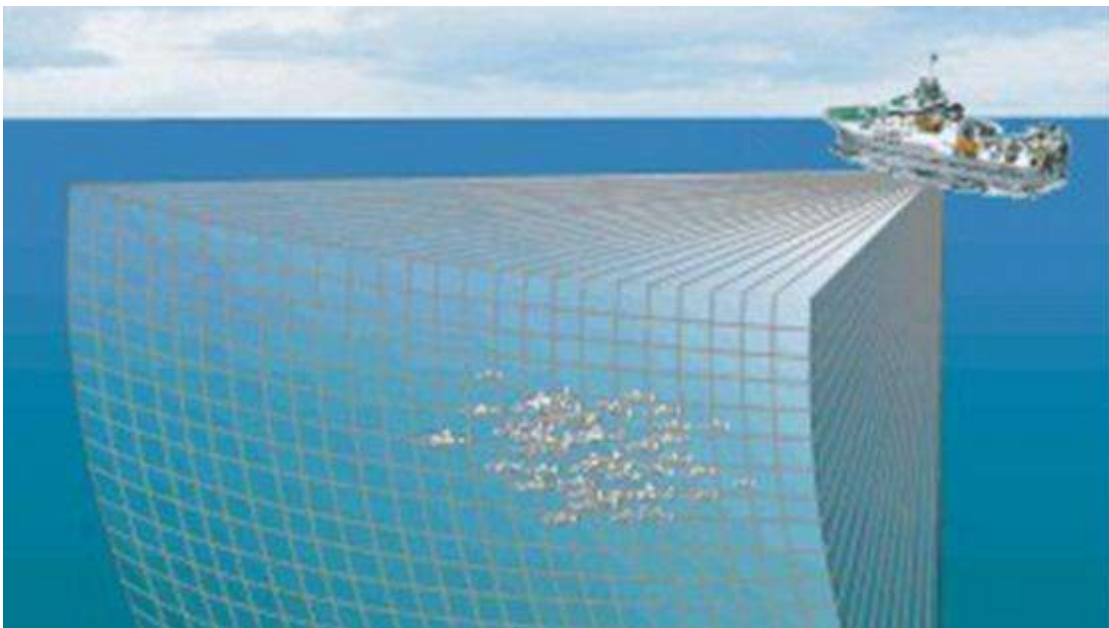
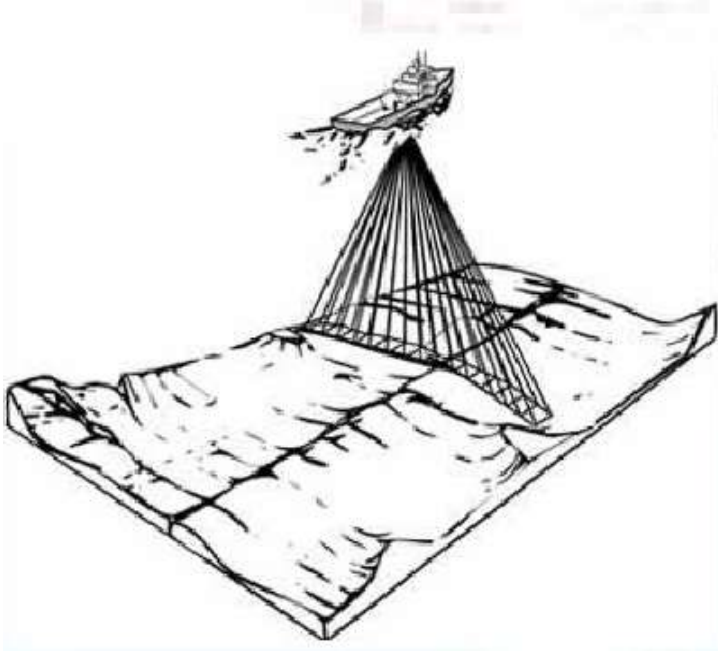
## Split beam

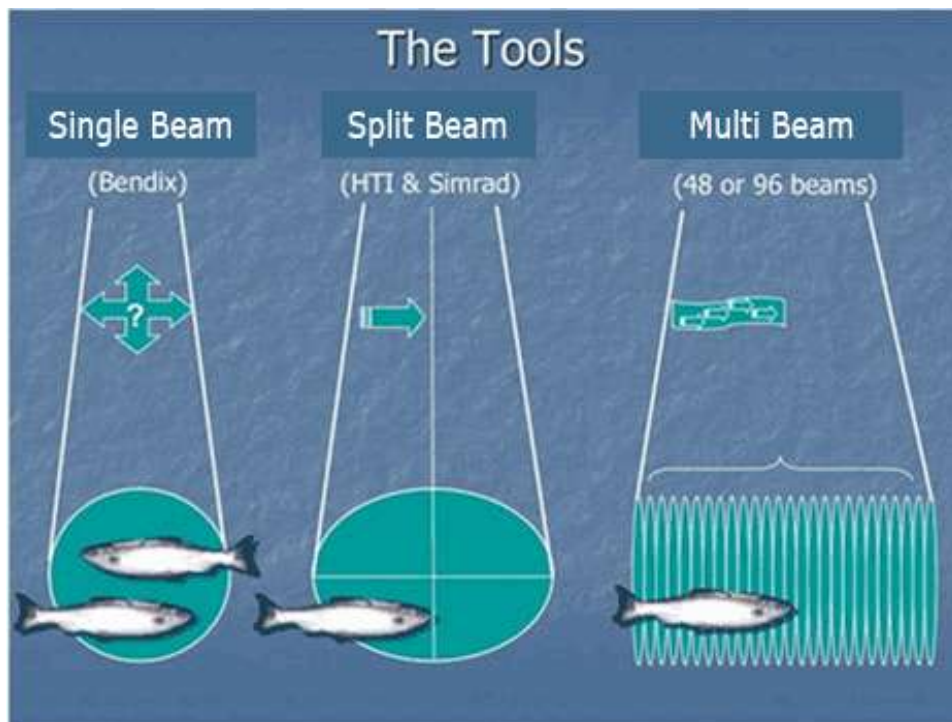


## Daudzstaru (multi beam) sistēmas

Pēdējo 10 gadu laikā, lielā mērā pateicoties informācijas tehnoloģiju attīstībai, ir būtiski attīstījušās vismodernākās hidroakustiskās sistēmas – **daudzstaru jeb multi beam sistēmas**.

Daudzstaru sistēmas izmanto daudzus ( $\sim 100-500$ ) šaurus ( $\sim 1^\circ$ ) akustiskos starus ar vienu vai vairākām frekvencēm, kas "pārklāj" taisnstūrveida apgabalu, un ar kurām iegūtais signāls jau izskatās pēc sliktas kvalitātes videoattēla (vai līdzīgi kā ultraskaņas attēls).





## Hidroakustikas priekšrocības

- Datu ieguve notiek reālā laikā.
- Plaša apgabala izpēte reālā laikā, dati tiek iegūti uzreiz par visiem objektiem "pārklājuma" ietvaros.
- Ne-invazīva metode, ar retiem izņēmumiem, kas pārsvarā attiecas uz jūras zīdītājiem (kas sazinās ar akustisko signālu palīdzību). Tas ir būtiski, piemēram, pētot zivis, jo ļauj tās pētīt dabiskos apstākļos.
- Datu ieguve iespējama attālināti, kas ļauj ievērojami samazināt izmaksas.
- Var veikt pētījumus vietās, kur ar citām metodēm to liedz gan dabiski, gan cilvēka radīti šķēršļi - HES, intensīva peldlīdzekļu satiksme, utt.
- Iekārtas iespējams izmantot visdažādākajiem mērķiem – zivju pētīšanai un uzskaiti, gultnes kartēšanai, nogrimušu/iegremdētu priekšmetu meklēšanai, identificēšanai, glābšanas operācijās, zemūdens struktūru apsekošanai, redzamības nodrošināšanai nirstot, u.c.
- Var pētīt ne tikai zivis, bet arī planktonu, zemūdens veģetāciju, iegūt informāciju par ūdenstilpņu gultnēm, utt.

## Hidroakustikas trūkumi

- Jūtība pret trokšņiem no ūdens virsmas - akustiskie stari gandrīz pilnībā atstarojas no robežas ūdens-gaiss, līdz ar ko sistēma jāiergulē tā, lai akustiskie stari būtu vai nu paralēli virsmai vai vērsti uz leju. Šis trūkums, piemēram, neļauj 100% detektēt tās zivis un nelielus objektus, kas kustas tuvu ūdens virsmai. Dalītā stara sistēmām būtiskus trokšņus rada arī pamatnes reljefs un tā struktūra, daudzstaru sistēmām pamatnes radīto trokšņu ietekmu uz signālu nav tik liela.
- Akustiskie stari izplatās taisnā virzienā, bet reālie pamatnes reljefi tādi nav, līdz ar to veidojas kabatas/zonas, no kurām dati netiek iegūti. Līdz ar to grūti detektēt objektus, kas atrodas/kustas tuvu gruntij, ūdens virsmai vai atrodas zālēs.
- Salīdzinoši slikta detalizācijas pakāpe. Nelielos (pāris metri) attālumos redzamība ar precīzākajām daudzstaru sistēmām ir ļoti laba, tuva redzamībai gaisā, bet, palielinoties detektēšanas attālumam, detalizācijas pakāpe samazinās.
- Dārga aparatūra – jāreķinās vismaz ar vairākiem desmitiem tūkstošu EUR, labas izšķirtspējas daudzstaru sistēmu cena sasniedz un pārsniedz pat 100 000 EUR.

## Soundmetrics daudzstaru hidroakustiskās sistēmas

No komerciāli pieejamām daudzstaru hidroakustiskajām sistēmām vislabākā izšķirtspēja tirgū ir ASV kompānijas Soundmetrics ražotājiem produktiem – **to izšķirtspēja vairākas reizes pārsniedz jebkura cita ražotāja daudzstaru sistēmu izšķirtspējas rādītājus.**

Tātad ar Soundmetrics iekārtām iegūtie dati ļauj izšķirt tik mazas reālā attēla detaļas, kā nespēj neviena cita sistēma pasaulē.

Piemēram, Soundmetrics labākās izšķirtspējas sistēma – ARIS 3000 – 5 metru attālumā ļauj izšķirt objektus ar izmēriem 2-3 cm robežās, kamēr tuvāko konkurentu izšķirtspēja šādā pašā attālumā ir virs 10 cm.

Tā kā Soundmetrics specializējas uz augstas izšķirtspējas hidroakustiskajām sistēmām, kas iegūst un attēlo datus reālā laikā, tad Soundmetrics produkti tiek izmantoti gadījumos, kad ļoti būtiska ir vismaz viena no sekojošiem kritērijiem izpilde:

- nepieciešams piekļūt tuvu mērķim. Citu ražotāju sonāri ir pārsvarā domāti navigācijas mērķiem, un to attēlu kvalitāte nelielos attālumos (<1 m) ir krietni sliktāka kā Soundmetrics produktiem.
- augsta izšķirtspēja reālā laikā, kad nepieciešams ātri pieņemt lēmumus kritiskās situācijās.
- kad izšķirtspēja ir svarīgāka par detektēšanu lielos attālumos (>80 m).
- nepieciešams precīzi identificēt/klasificēt mērķi => piemēram, sprādzienbīstamu priekšmetu meklēšana.

Ja nepieciešams tikai noskaidrot kādu priekšmetu atrašanās vietas ūdenī, bet nav svarīgi zināt, kas tieši ir šie priekšmeti, tad var izmantot lētākus daudzstaru sonārus. Piemēram, navigācijai īsti nav jēga izmantot Soundmetrics sonārus, jo šo darbu var veikt arī lētāki sonāri, turklāt ARIS detektēšanas attālums navigācijas vajadzībām (vismaz jūrās) ir par mazu.

Bet, ja ir svarīgi ar vislielāko iespējamo ticamību noteikt, kas ir detektētie priekšmeti, tad vislabākais variants viennozīmīgi ir ARIS sonārs.

ARIS sonāri ir salīdzinoši dārgi, bet ar tiem iegūtie dati ir viskvalitatīvākie, ar lielāko izšķirtspēju. Piemēram, ASV kompānija JW Fisher, kas ir izmantojuši populārāko ražotāju (BlueView, Tritech, Soundmetrics, Reson, u.c.) produktus nesprāgušās munīcijas detektēšanai, atzina, ka ar citu ražotāju sonāriem iegūtie dati nav pietiekami labas izšķirtspējas nesprāgušās munīcijas identificēšanai, un līdz ar to šāda veida darbiem, kur ir ļoti svarīga izšķirtspēja reālā laikā, viņi izmanto tikai Soundmetrics produktus.

Būtiski arī piebilst, ka Soundmetrics sonāri ir ļoti izturīgi, dzelži tiek veidoti tā, lai sonāri izturētu lielas ārējas slodzes. Ir ļoti daudzas Soundmetrics sistēmas, kas joprojām strādā pat pēc padesmit gadu darba.

Soundmetrics radās 2002.gadā kā Vašingtonas universitātes (Sietla, ASV) spin-off kompānija, pēc tam, kad pēc vairāku gadu darba pie ASV Flotes pasūtījuma radīt augstas izšķirtspējas hidroakustisko sistēmu militāriem mērķiem, vairāki pētnieki izveidoja Soundmetrics, lai projekta ietvaros radītās tehnoloģijas izmantotu arī citiem pielietojumiem.

Daži ar Soundmetrics sistēmām iegūtie videoattēli ir redzami Optek mājaslapā, bet ļoti plašs video attēlu klāsts ir pieejams Soundmetrics mājaslapā [www.soundmetrics.com](http://www.soundmetrics.com).

### **Soundmetrics daudzstaru sistēmu modeļi:**

Soundmetrics piedāvā hidroakustiskās sistēmas ar 3 dažādiem "redzamības" diapazoniem:

- ARIS 3000: detektēšana līdz 15 m, 128 stari x 0.25° = redzes lauks 30° x 14°:
  - izmantotās frekvences: līdz 5 m 3.0 MHz, līdz 15 m 1.8 MHz,
- ARIS 1800: detektēšana līdz 35 m, 96 stari x 0.3° = redzes lauks 28° x 14°:
  - izmantotās frekvences: līdz 15 m 1.8 MHz, līdz 35 m 1.1 MHz,
- ARIS 1200: detektēšana līdz 80 m, 48 stari x 0.6° = redzes lauks 28° x 14°:
  - izmantotās frekvences: līdz 35 m 1.2 MHz, līdz 80 m 0.7 MHz.

Pārslēgšanās starp dažādām frekvencēm notiek automātiski, lietotājam izmainot "redzamības" diapazonu.

### **Soundmetrics produktus militārajā jomā un ar to saistītajā pētniecībā un izstrādē izmanto:**

- ASV armija, t.sk.:
  - Inženieru korpuss (USACE), kas nodrošina ASV armiju ar inženiertehniskiem risinājumiem,
- ASV Gaisa spēki,
- ASV flote, t.sk.:
  - Naval Surface Warfare Center (NSWC), kas ir atbildīgā institūcija par jaunāko zinātnisko pētījumu veikšanu un risinājumu ieviešanu ASV flotes militāro operāciju tehniskā aprīkojuma jomā, kā arī tehniskā atbalsta nodrošināšanu; starp citu, Soundmetrics iekārtu izstrādi sākotnēji finansēja tieši NSWC ar mērķi radīt precīzas ūdenslīdēju un mīnu detektēšanas sistēmas,
- Vācijas armija,
- Polijas militārais institūts, kas pēta un izstrādā jaunas tehnoloģijas militāriem mērķiem,
- Militārā aprīkojuma ražotājfirmas Lockheed Martin, Raytheon, u.c.,
- ASV kompānija Bluefin Robotics, kas specializējas autonomo zemūdens peldlīdzekļu un saistītā aprīkojuma izstrādē,
- u.c.

### **Soundmetrics produktu militāriem mērķiem izmantošanas piemēri:**

- zemūdens mīnu meklēšana,
- meklēšanas un glābšanas operācijas,
- kuģu daļu un piestātņu zemūdens pārbaudes,
- ostu drošības pasākumi,
- zemūdens izlūkošana un pretizlūkošana,
- nogrimušu priekšmetu apsekošana/iegūšana,
- u.c.

## **Par Soundmetrics produktu savietošanu ar attālināti vadāmām zemūdenēm (ROV)**

Vēsturiski ir izveidojusies situācija, ka daudzas ROV ražotājkompanijas uz saviem ROV-iem standarta komplektācijā piedāvā uzstādīt citu ražotāju (populārākie ir BlueView un Tritech) sonārus (jeb hidroakustiskās sistēmas).

Iemesli šim ir divi: (i) uz ROV-iem sonāri pārsvarā tika un tiek izmantoti navigācijas vajadzībām, kur svarīgs ir liels (>100 m) detektēšanas attālums nevis izšķirtspēja, (ii) ARIS priekštecis DIDSON bija salīdzinoši liels un attiecīgi to nevarēja uzmontēt uz mazākiem ROV-iem.

Līdz ar to vēsturiski Soundmetrics koncentrējās uz pielietojumiem, kur izmēram nebija tik liela nozīme, cik izšķirtspējai – zivju pētniecība, dabas zinātnes, militāristi, glābēji, policija, u.c., atstājot navigācijas un naftas&gāzes pielietojumus citiem ražotājiem. Tomēr gadījumos, kad izšķirtspēja bija būtiska, tāpat tika atrasta iespēja uz ROV uzmontēt DIDSON sistēmas.

Soundmetrics pēdējais produkts – ARIS, modeļi 3000, 1800 un 1200 – tirgū ir nonācis salīdzinoši nesen (2009-2010.gads), tas vairs nav tik liels kā DIDSON un attiecīgi to var montēt arī uz tiem ROV, uz kuriem nevarēja montēt DIDSON, līdz ar ko pēdējos gados ROV ražotāji sāk papildināt savas standarta komplektācijas arī ar Soundmetrics ARIS sonāriem.

Optek speciālisti var savietot jebkuru ROV, kura kravnesība un izmēri to pieļauj (un tādi ir praktiski visi ROV, izņemot mini-ROV), ar Soundmetrics ARIS sonāriem.

## Daudzstaru sistēmu izmantošanas piemēri

Daudzstaru sistēmas var stiprināt dažādās vietās – uz attālināti vadāmām zemūdenēm (ROV, UAV), uz/pie laivām/kuģiem, visdažādākajās vietās ūdenstilpnēs, tās var turēt rokā nirējs, utt.





