



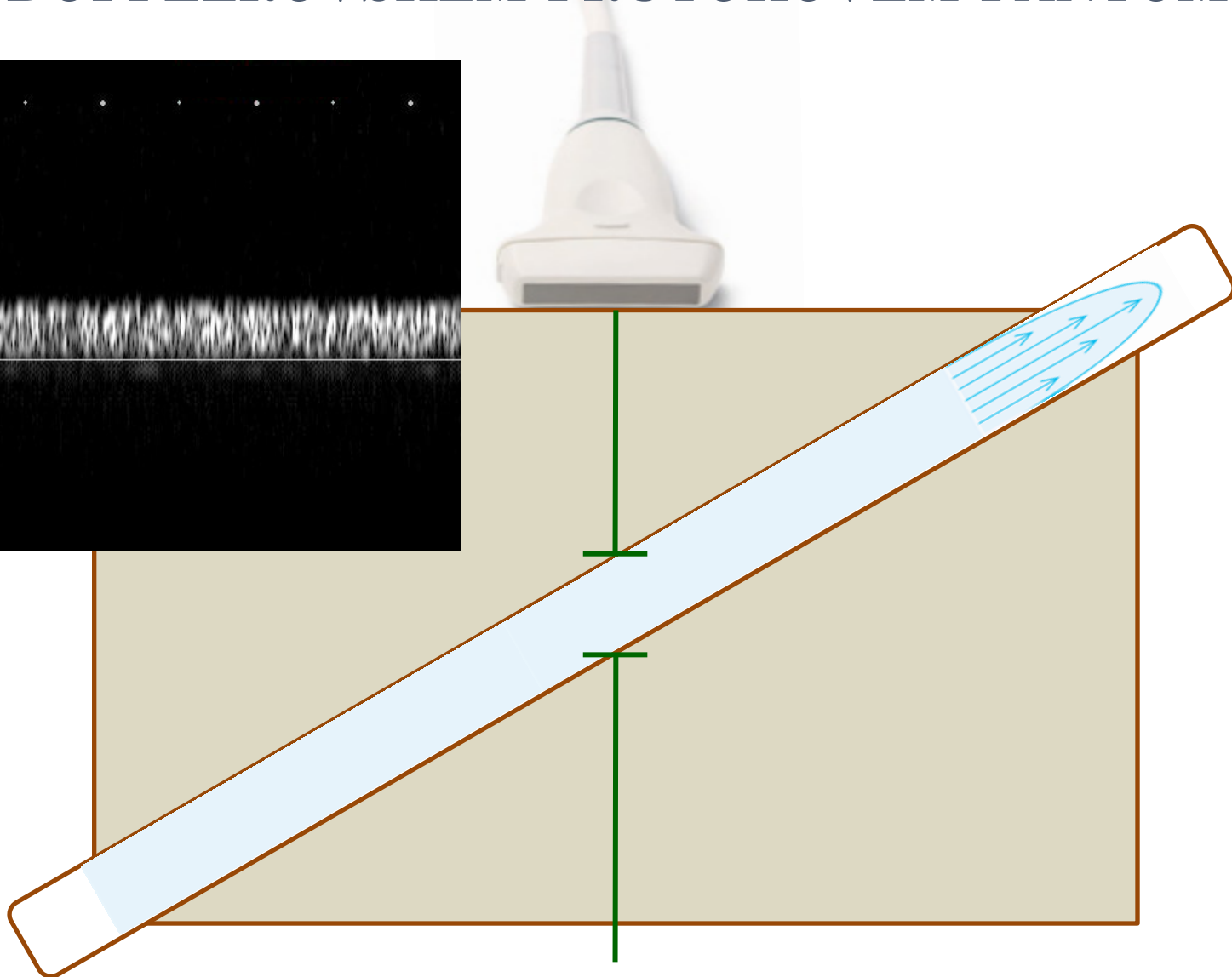
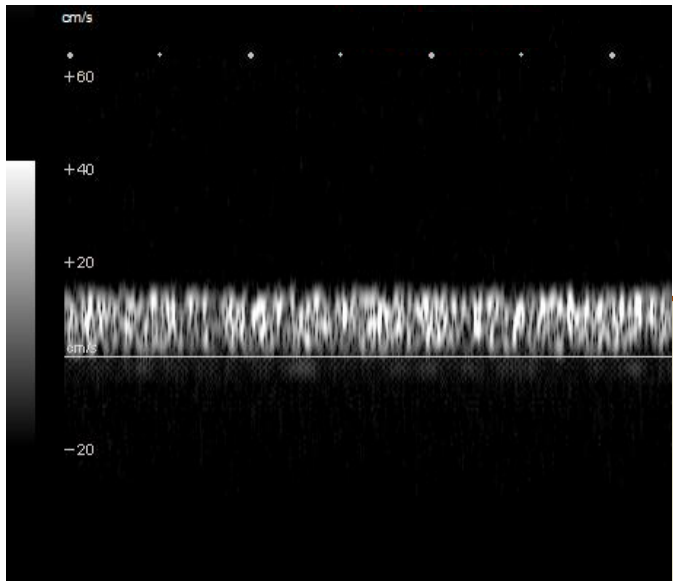
VLIV PARAMETRŮ ULTRAZVUKOVÉHO PAPERSKU NA VÝSLEDKY SPEKTRÁLNÍCH DOPPLEROVSKÝCH MĚŘENÍ

Jaromír Vachutka¹, Ladislav Doležal²

¹Ústav lékařské biofyziky, LF UP v Olomouci

²Laboratoř pro výzkum medicínských aplikací
ultrazvuku, LF UP v Olomouci

MĚŘENÍ RYCHLOSTI TOKU V DOPPLEROVSKÉM PRŮTOKOVÉM FANTOMU



PARAMETRY TOKU

$$v(r) = v_{MAX} \left(1 - \frac{r^2}{R^2} \right)$$

- ustálené laminární proudění s parabolickým profilem toku
- průměr hadice: $D = 8 \text{ mm} = 0,8 \text{ cm}$
- plošný průřez hadice: $S = 0,503 \text{ cm}^2$



$$S = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

- objemový průtok: $Q = 200 \text{ ml/min} = 3,33 \text{ cm}^3/\text{s}$
- střední rychlost toku: $v_A = 6,63 \text{ cm/s}$

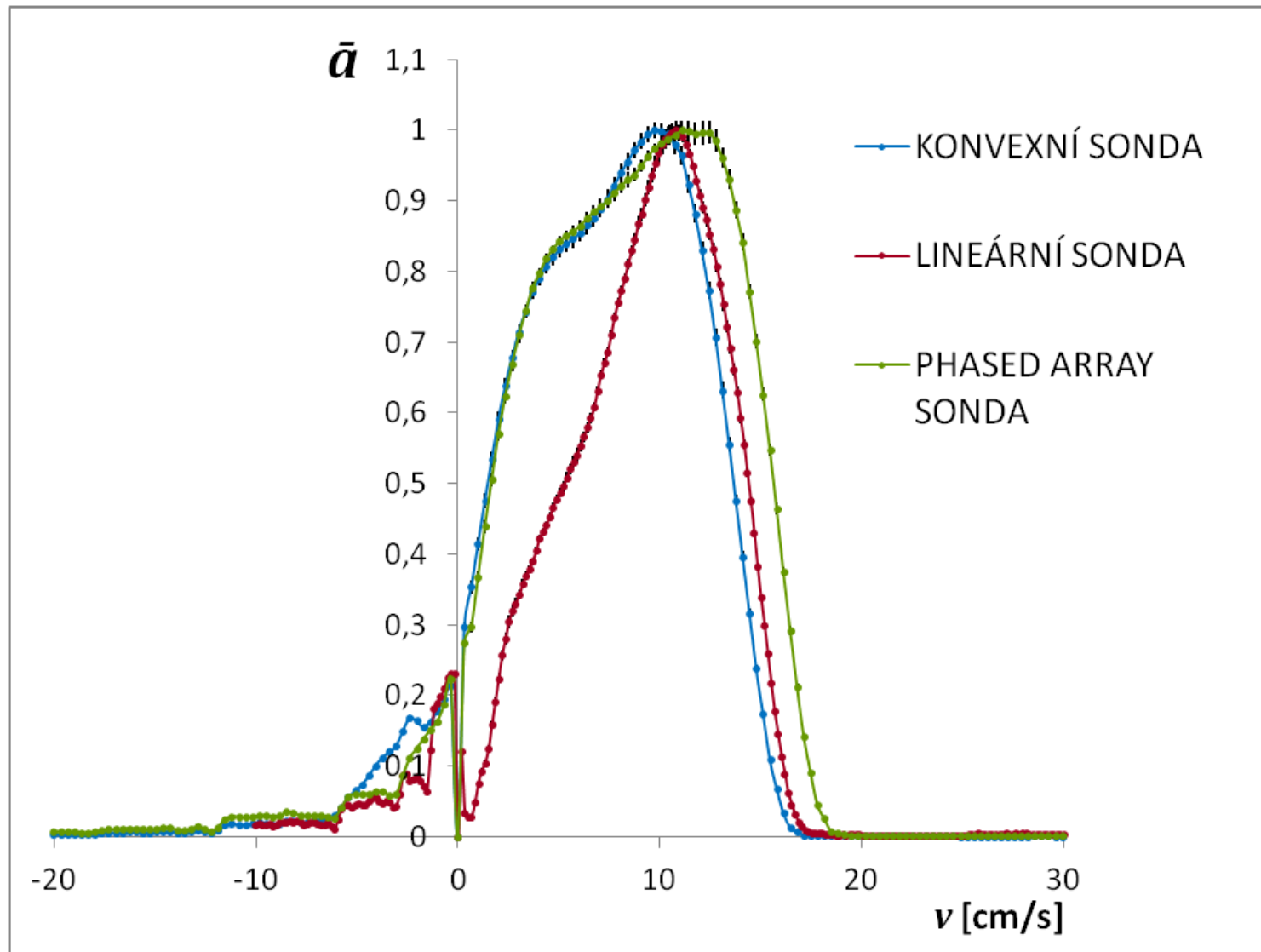
$$v_A = \frac{Q}{S}$$

- maximální rychlost toku: $v_{MAX} = 13,26 \text{ cm/s}$

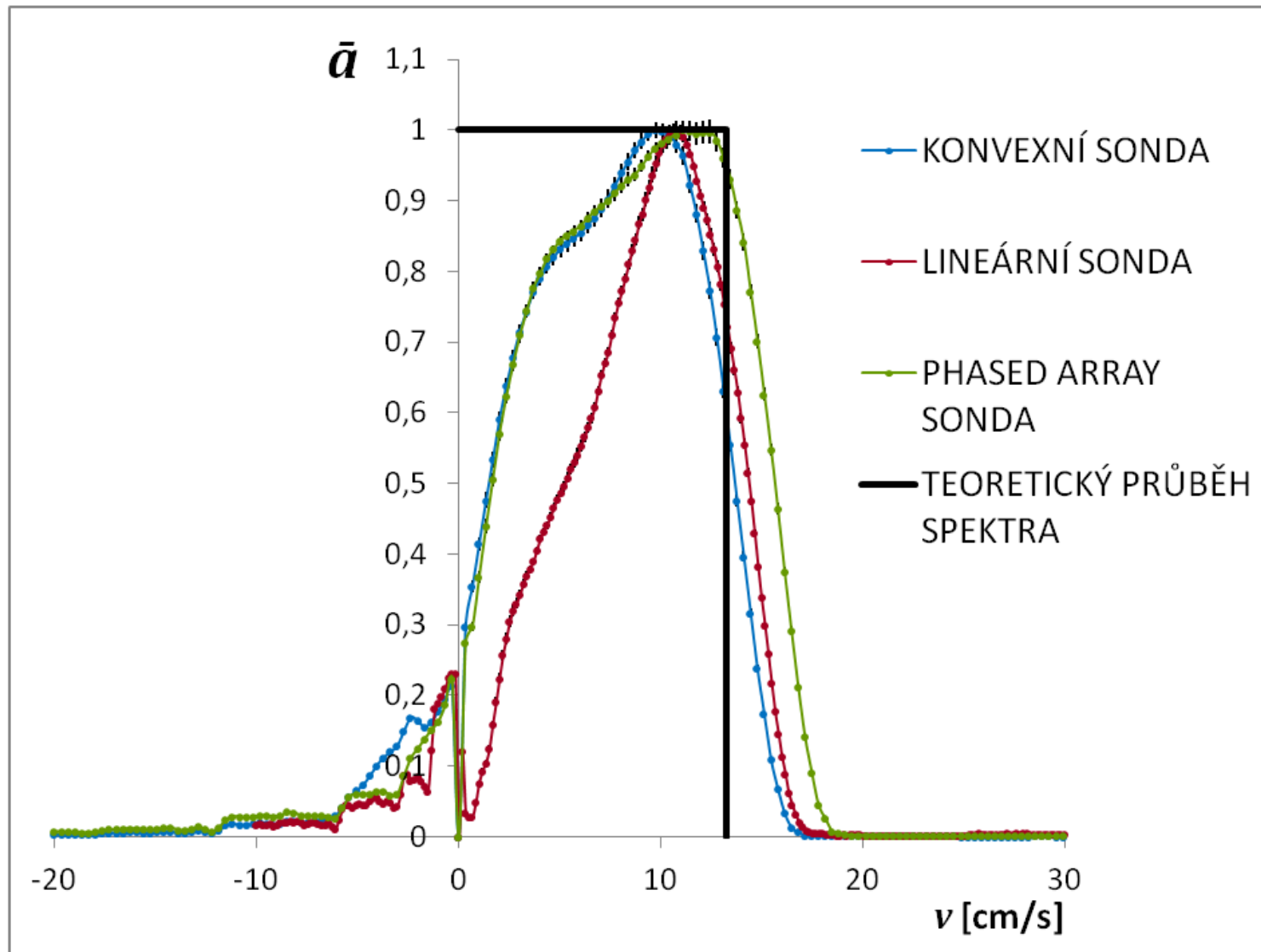
$$v_{MAX} = 2 \cdot v_A$$



NAMĚŘENÉ VÝSLEDKY DOPPLEROVSKÉ SPEKTRUM



NAMĚŘENÉ VÝSLEDKY DOPPLEROVSKÉ SPEKTRUM



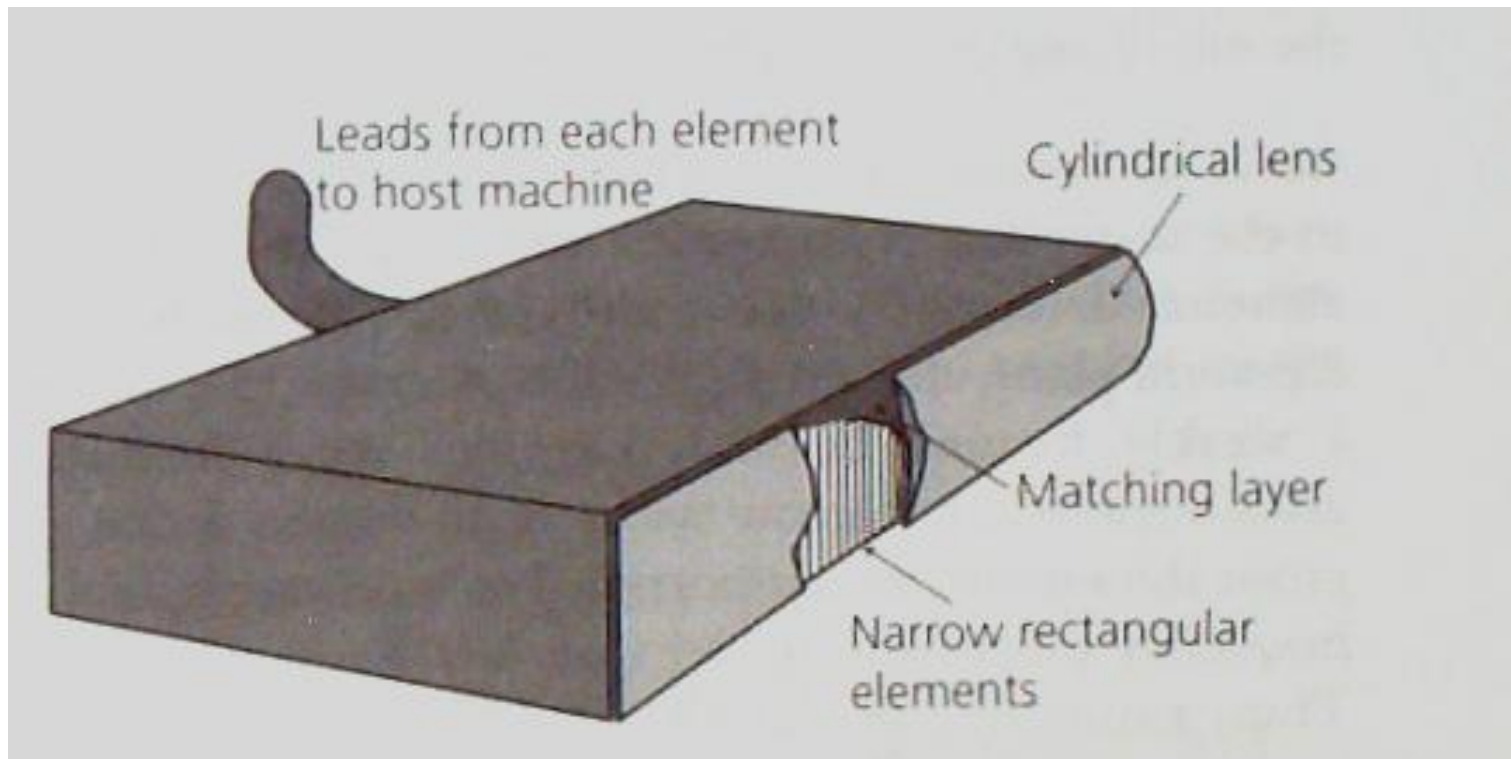
VYPOČTENÉ PARAMETRY TOKU

| | KONVEXNÍ SONDA | LINEÁRNÍ SONDA | PHASED ARRAY SONDA | SKUTEČNÁ HODNOTA |
|---------------------|-------------------|-------------------|--------------------------|---------------------|
| v_{MAX} [cm/s] | 15,8 | 16,0 | 17,5 | 13,3 |
| v_A [cm/s] | 7,27 | 8,97 | 8,53 | 6,63 |

- dochází k poměrně výraznému nadhodnocení naměřené hodnoty maximální i střední rychlosti toku
- PA sonda – nadhodnocení v_{MAX} o více než 30 %
- lineární sonda – nadhodnocení v_A o 35 %



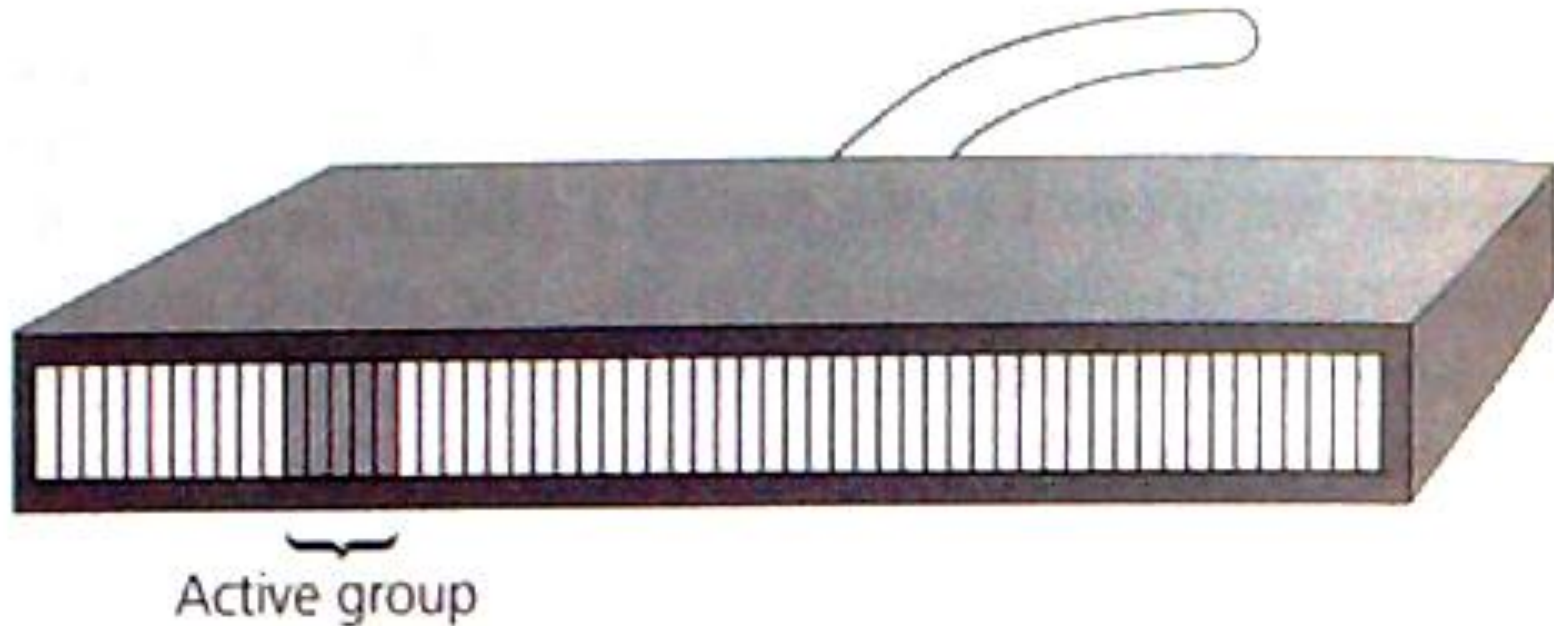
GENEROVÁNÍ ULTRAZVUKOVÉHO PAPRSKU ELEKTRONICKOU VYŠETŘOVACÍ SONDOU



- Hoskins P.R. *Diagnostic Ultrasound: Physics and Equipment*. 2003, s. 29.



GENEROVÁNÍ ULTRAZVUKOVÉHO PAPRSKU ELEKTRONICKOU VYŠETŘOVACÍ SONDOU

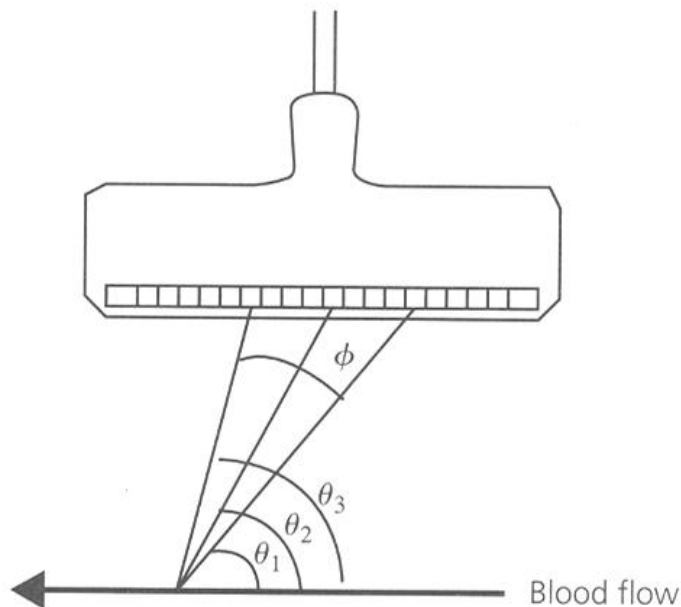


- typická velikost apertury je 32 měničů
- Hoskins P.R. *Diagnostic Ultrasound: Physics and Equipment*. 2003, s. 30.



NADHODNOCENÍ MAXIMÁLNÍ RYCHLOSTI TOKU

- intrinsic (geometric) spectral broadening
 - rozšíření dopplerovského spektra v důsledku geometrického uspořádání vyšetřovací sondy a měřeného objemu kapaliny

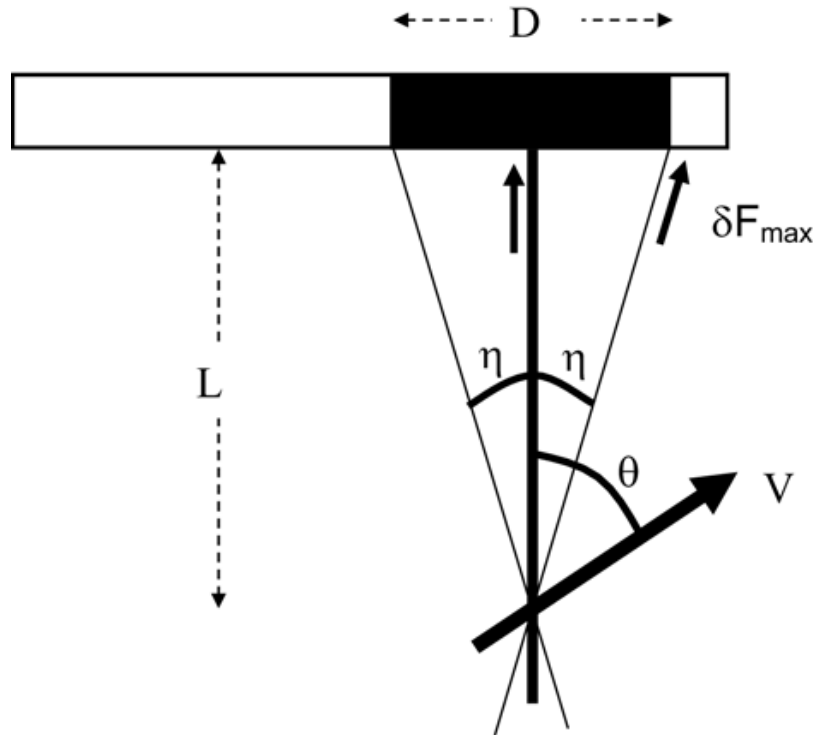


$$f_D = \frac{2 \cdot f_0 \cdot v \cdot \cos \theta}{c}$$

- Hoskins P.R. *Diagnostic Ultrasound: Physics and Equipment*. 2003, s. 122.

VELIKOST NADHODNOCENÍ MAXIMÁLNÍ RYCHLOSTI TOKU

- relativní nadhodnocení maximální rychlosti v_{err} v případě lineární sondy



$$v_{err} = \frac{v_{mer.} - v_{skut.}}{v_{skut.}}$$

$$v_{err} = \frac{D}{2L} \cdot \tan \theta$$

- Hoskins P.R. Simulation and Validation of Arterial Ultrasound Imaging and Blood Flow. *Ultrasound in Medicine and Biology*. 2008, vol. 34, no. 5, pp. 693-717.

LINEÁRNÍ SONDA – ODHAD VELIKOSTI APERTURY ZE ZJIŠTĚNÉHO NADHODNOCENÍ V_{MAX}

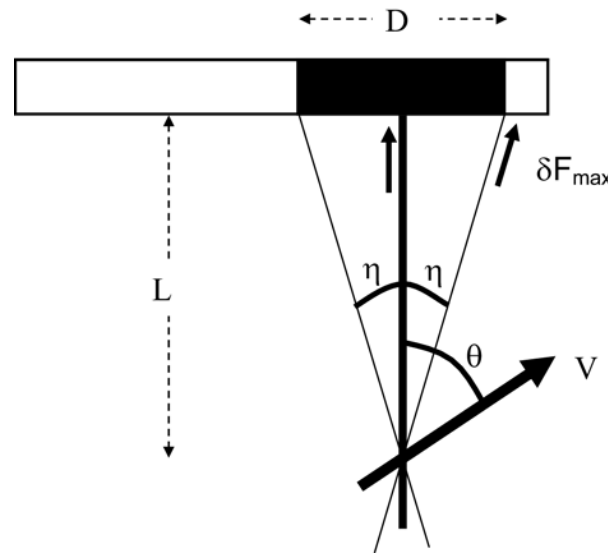
- $v_{mer.} = 16,0$ cm/s
- $v_{skut.} = 13,3$ cm/s
- $v_{err} = 0,20$ (20 %)
- $\theta = 60^\circ$
- $L = 19$ mm



- šířka apertury $D = 4,45$ mm
- osová vzdálenost měničů $x_0 = 0,3048$ mm



- apertura obsahuje minimálně 15 měničů



$$D = \frac{v_{err} \cdot 2L}{\tan \theta}$$



ODHAD VELIKOSTI APERTURY

Konvexní sonda

- $v_{err} = 0,19$ (19 %)
- $\theta = 60^\circ$
- $L = 38$ mm
- $D = 8,34$ mm
- $x_0 = 0,4792$ mm
- 18 měničů
 - vztah má omezenou platnost, protože měniče jsou uspořádány do oblouku

Phased array sonda

- $v_{err} = 0,32$ (32 %)
- $\theta = 60^\circ$
- $L = 40$ mm
- $D = 14,78$ mm
- $x_0 = 0,300$ mm
- 50 měničů
 - u PA sondy se pro generování uzv. paprsků standardně využívají všechny měniče (sonda je tvořena 64 měniči)



NADHODNOCENÍ STŘEDNÍ RYCHLOSTI TOKU

- v naměřených dopplerovských spektrech byla pro nižší rychlosti detekována relativně nižší amplituda signálu než pro vyšší rychlosti



- hypotéza: průřez hadice není ozvučen rovnoměrně a v důsledku toho je amplituda signálu detekovaná z centrální části hadice vyšší než amplituda signálu detekovaná z okrajových částí hadice

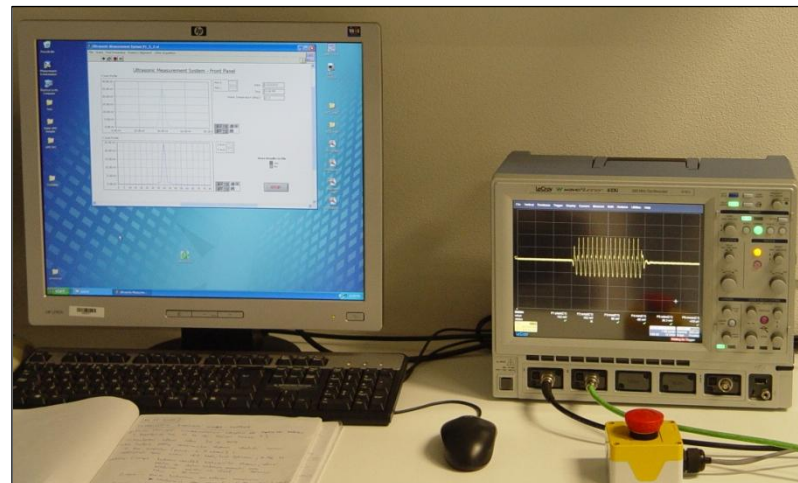
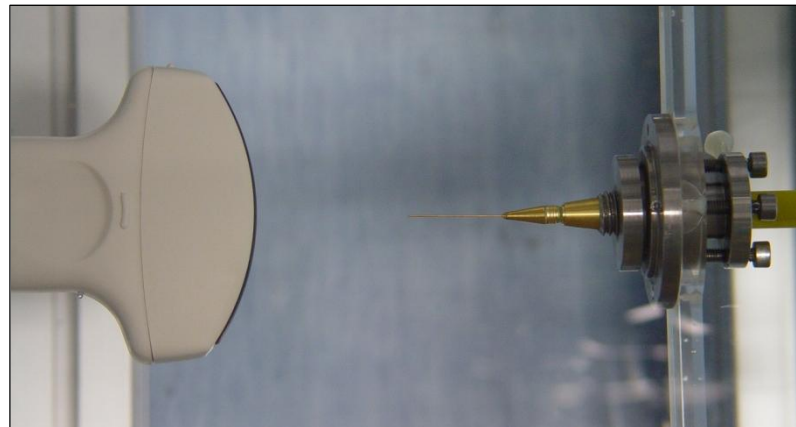
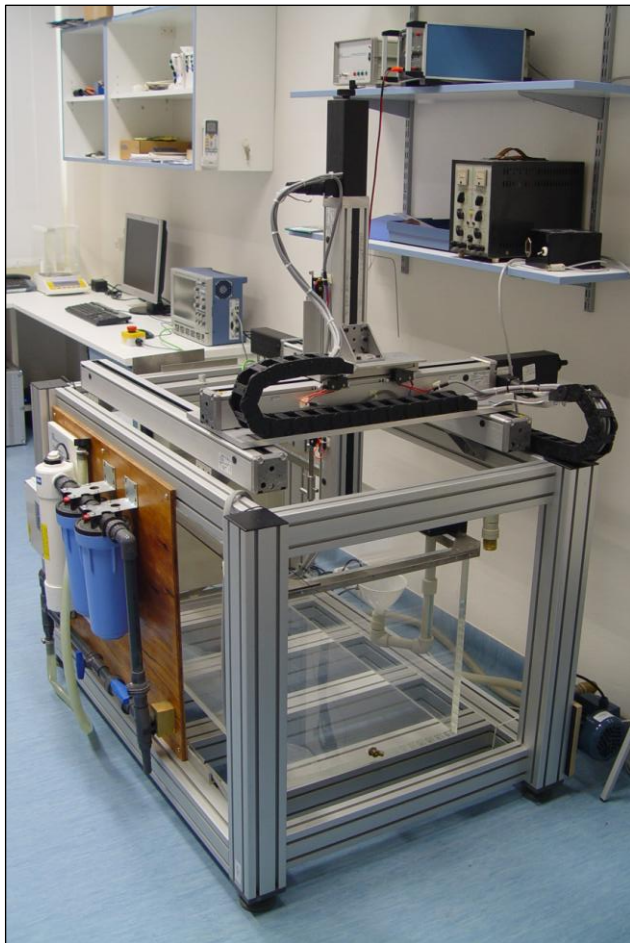


- experimentální ověření

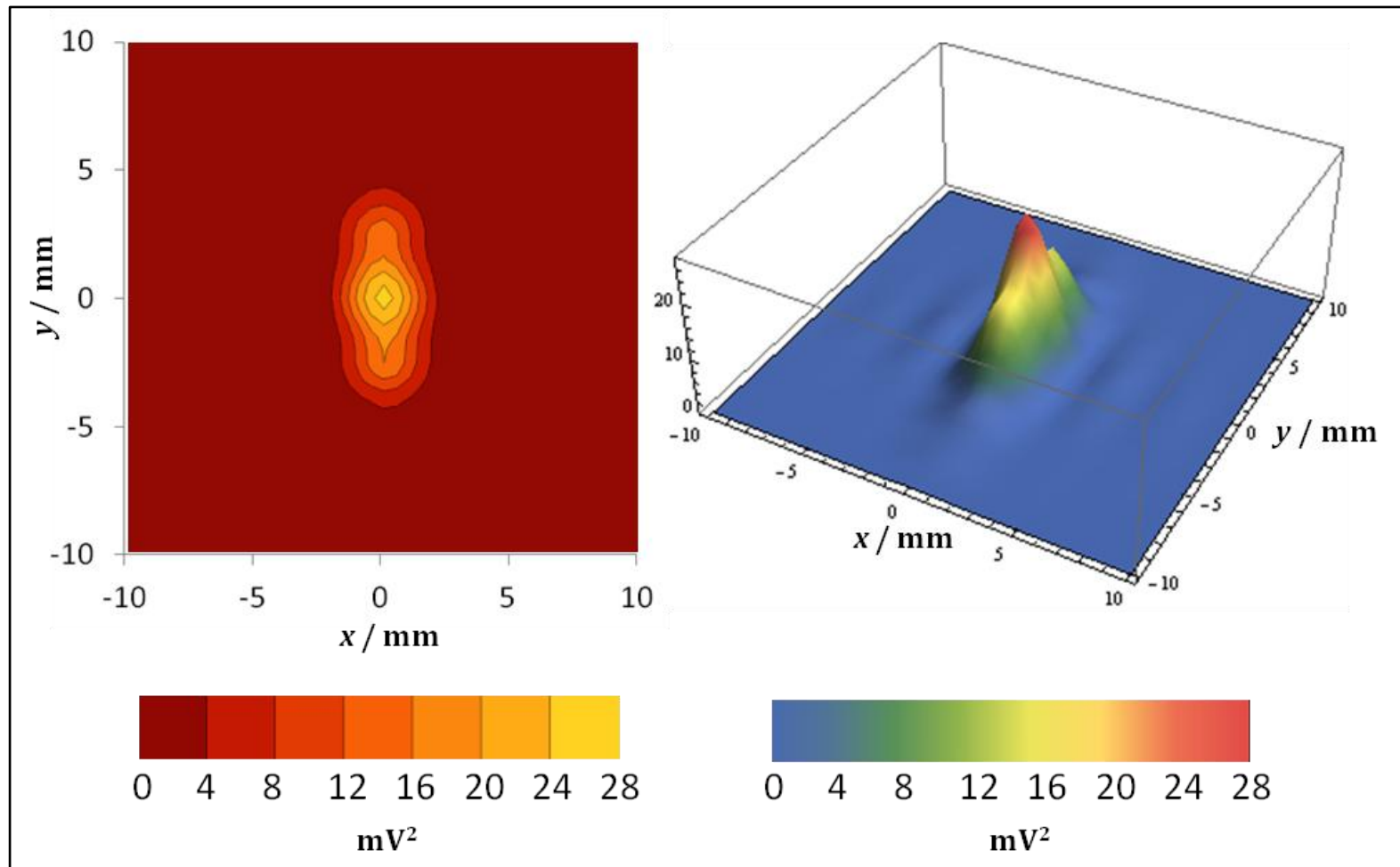


MĚŘENÍ PARAMETRŮ ULTRAZVUKOVÉHO PAPRSKU

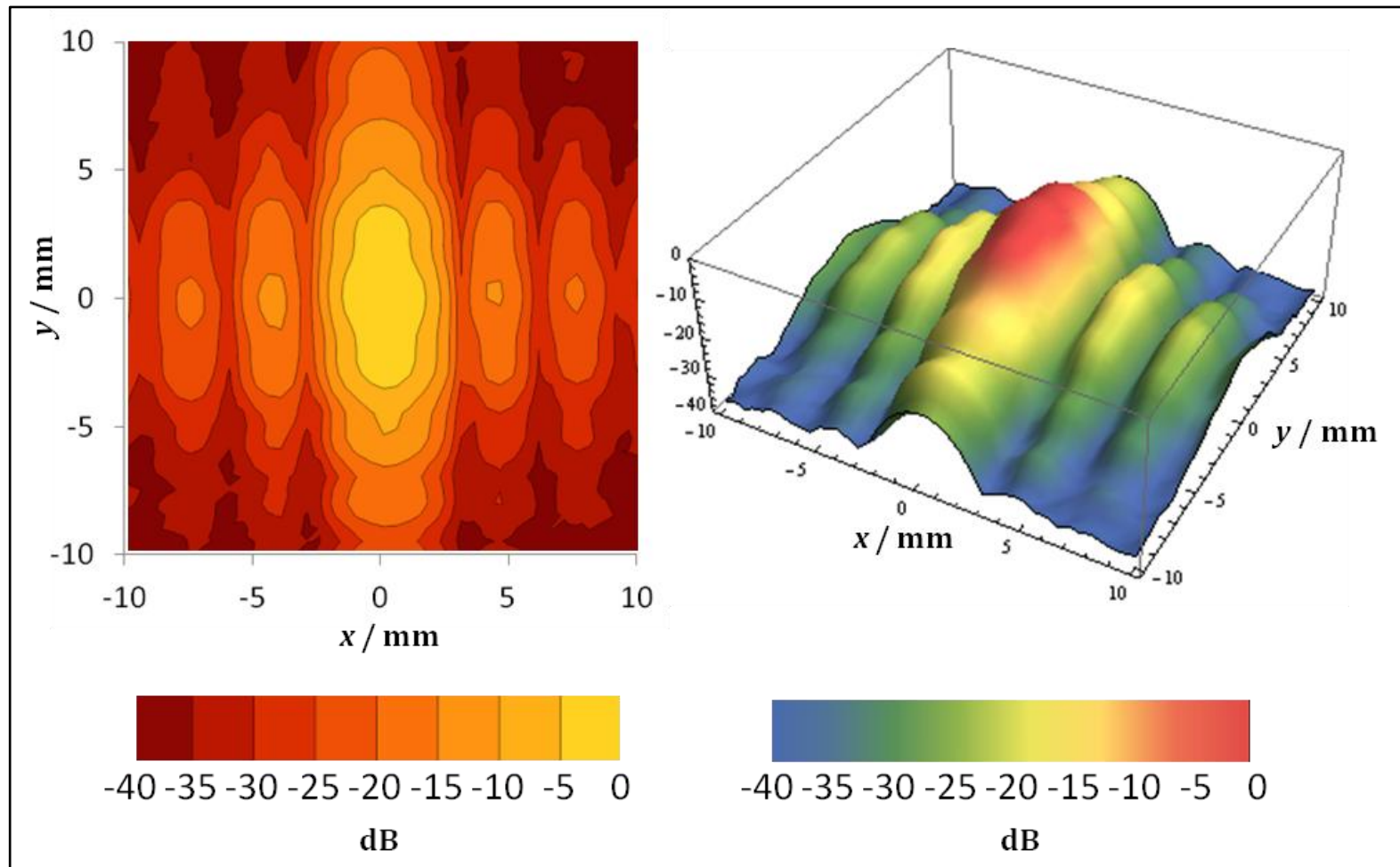
- ultrazvuková měřicí vana Precision Acoustics



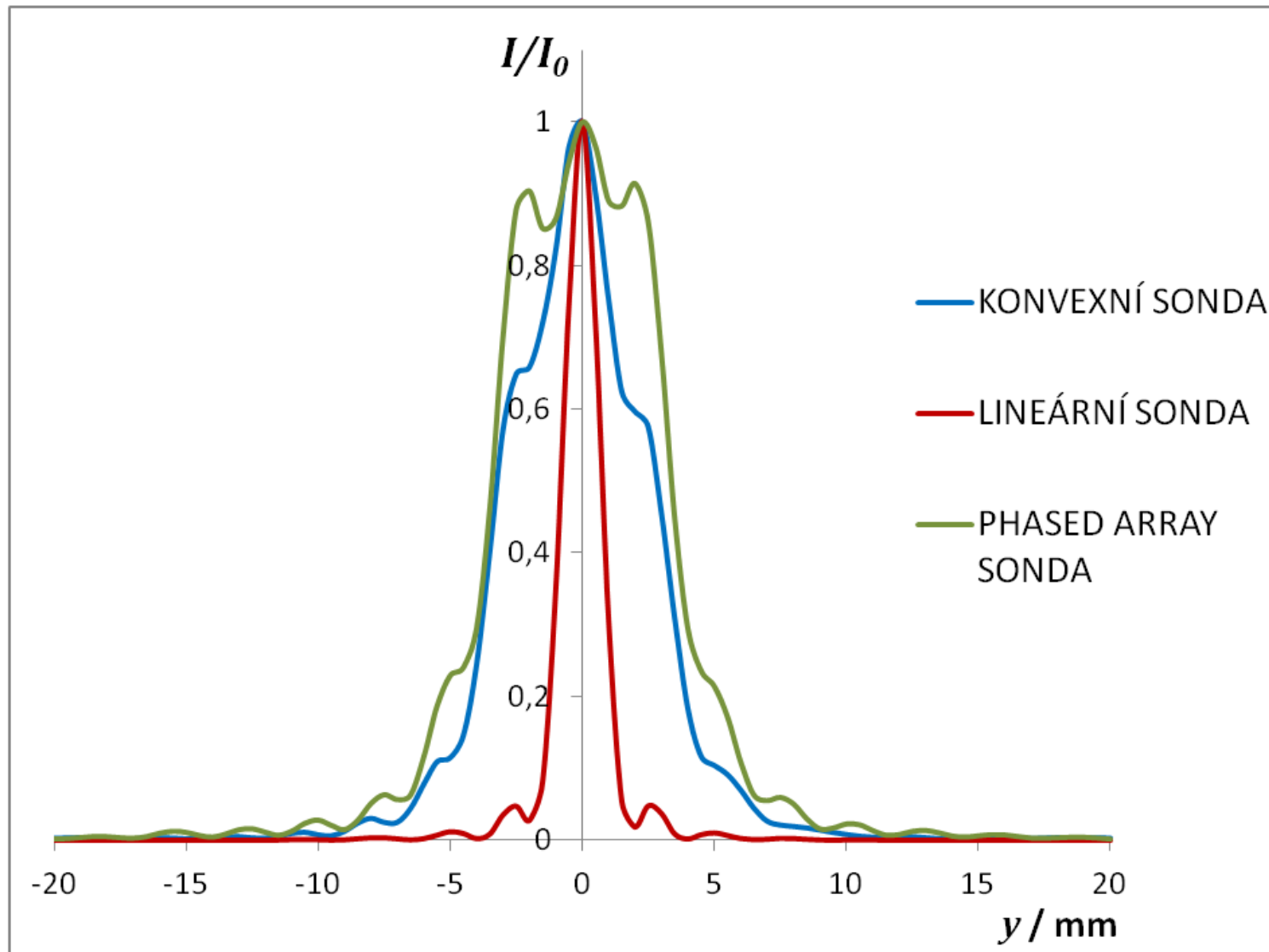
ULTRAZVUKOVÉ POLE V CENTRU VZORKOVACÍHO OBJEMU – KONVEXNÍ SONDA



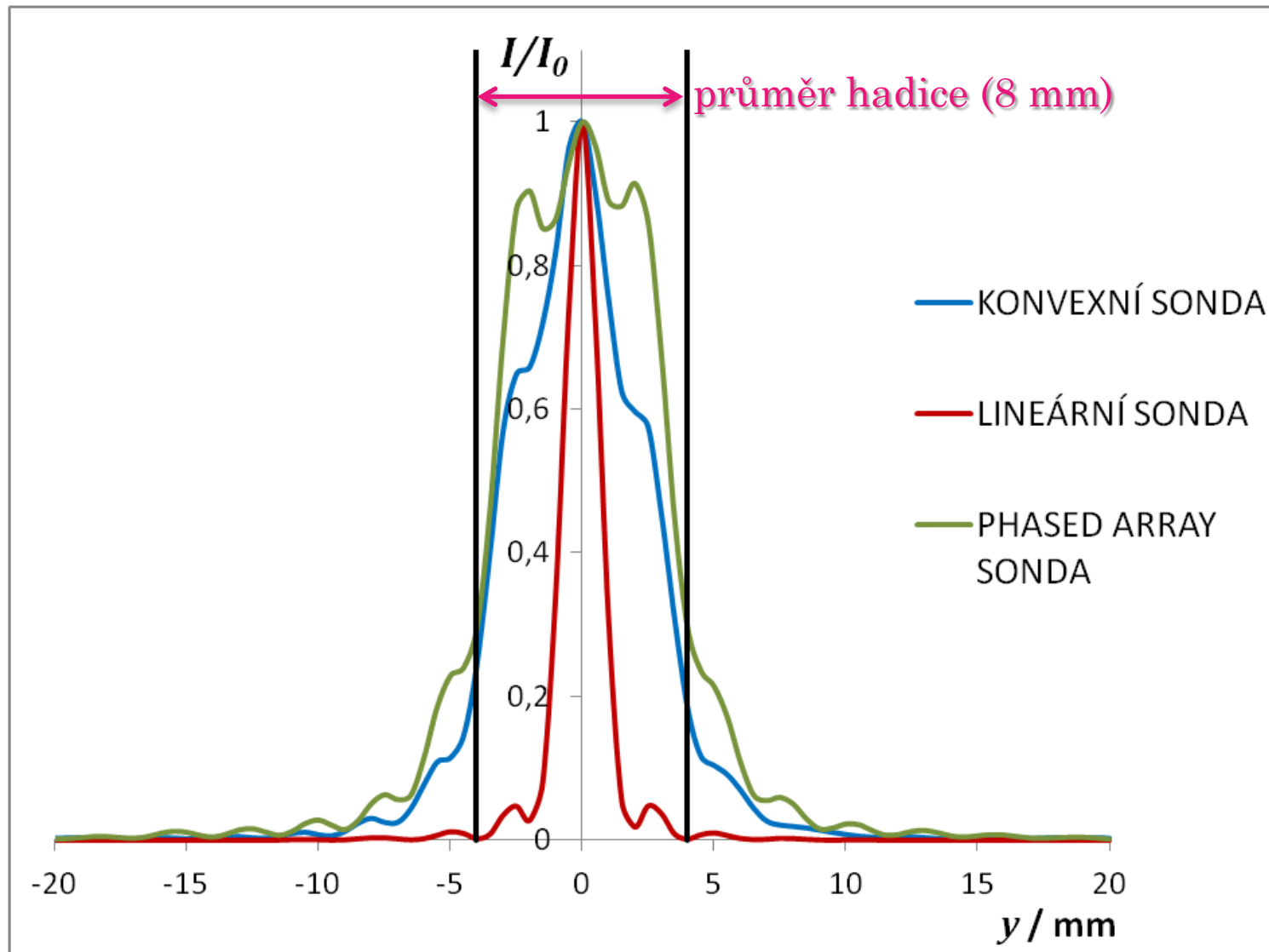
ULTRAZVUKOVÉ POLE V CENTRU VZORKOVACÍHO OBJEMU – KONVEXNÍ SONDA



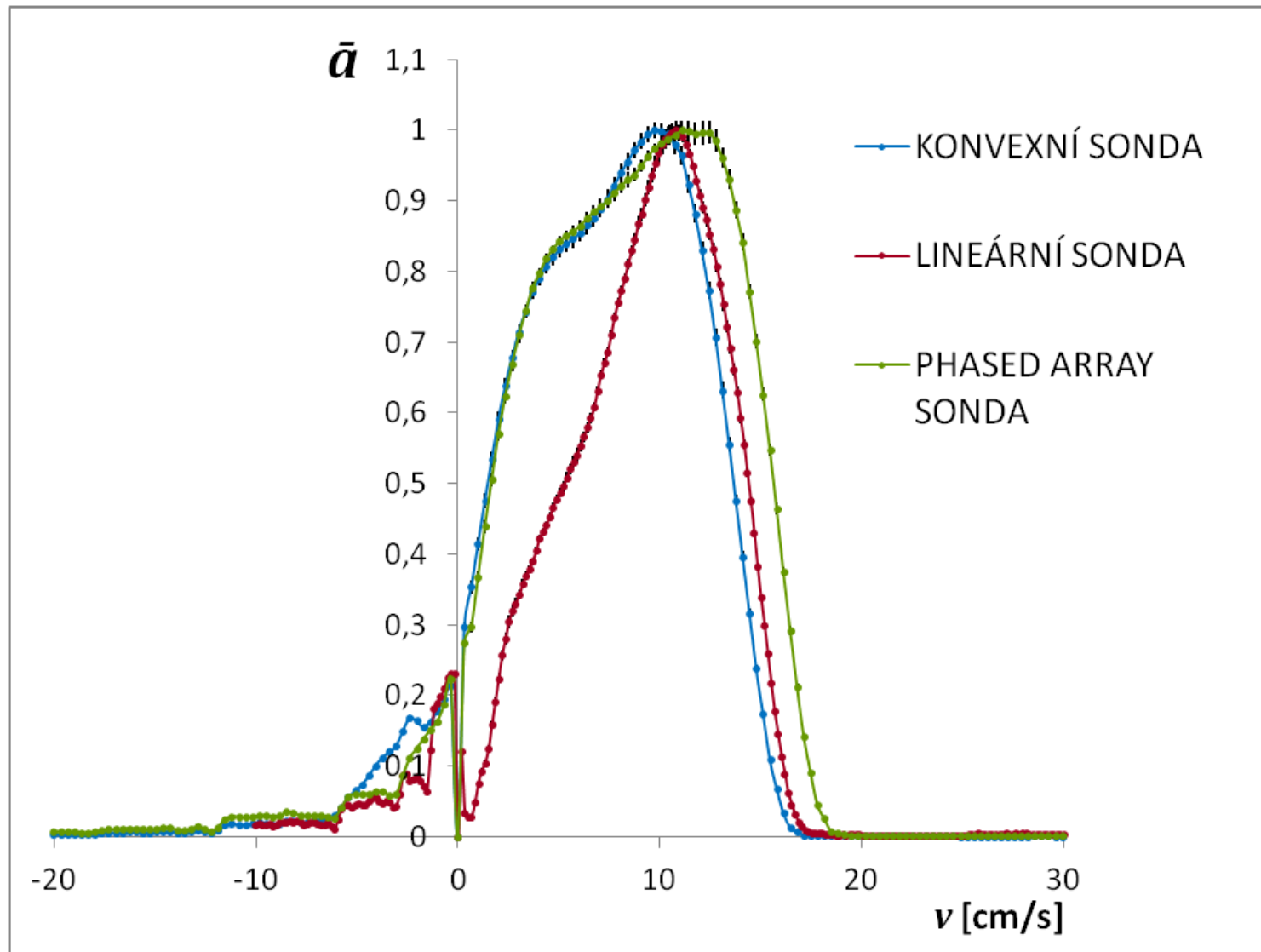
PŘÍČNÝ PROFIL ULTRAZVUKOVÉHO PAPRSKU V ELEVAČNÍM SMĚRU



PŘÍČNÝ PROFIL ULTRAZVUKOVÉHO PAPRSKU V ELEVAČNÍM SMĚRU

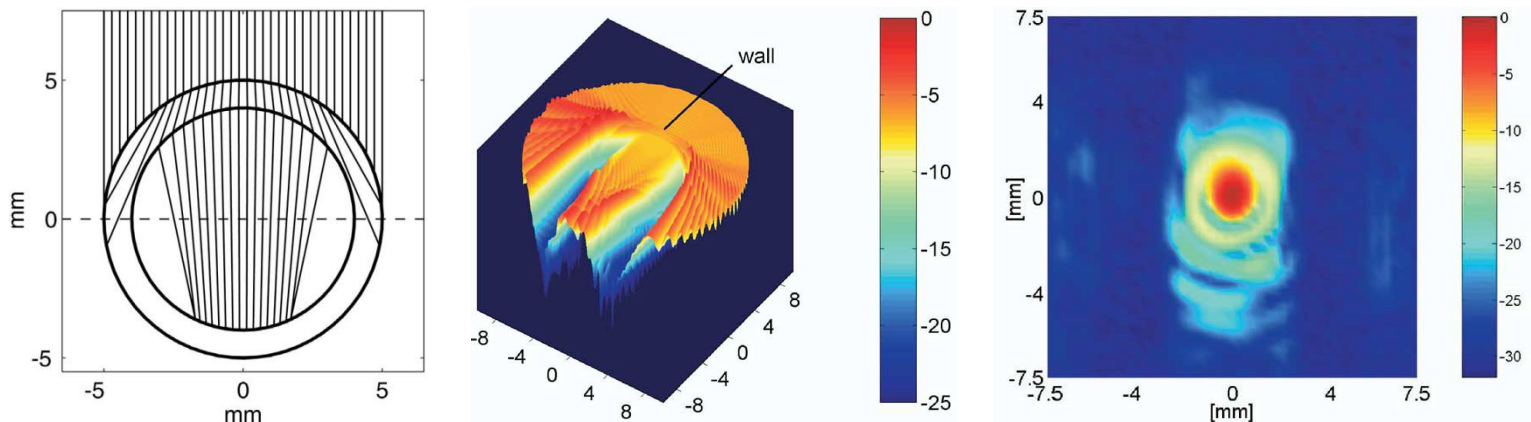


NAMĚŘENÉ VÝSLEDKY - DOPPLEROVSKÉ SPEKTRUM



NADHODNOCENÍ STŘEDNÍ RYCHLOSTI TOKU – DALŠÍ PŘÍČINY

- filtr využívaný k odstranění nežádoucích nízkofrekvenčních dopplerovských posuvů
- ultrazvukové pole má tendenci být fokusováno zakřivenou stěnou hadice do jejího centra a v blízkosti stěny hadice lze proto pozorovat oblasti se sníženou intenzitou ultrazvukového vlnění



- Thompson R.S. Intraluminal Ultrasound Intensity Distribution and Backscattered Doppler Power. *Ultrasound in Medicine and Biology*. 2004, vol. 30, no. 11, pp. 1485-1494.



DĚKUJI ZA POZORNOST!



Lékařská
fakulta

UNIVERZITA
PALACKÉHO
V OLOMOUCI

Práce vznikla za podpory projektu LF_2013_006.

