



Fakulta lesnická
a dřevařská



Aplikační využití zvuku (stanovení pružnostních a predikce pevnostních charakteristik dřeva)

Přednáška (verze 10/2023)

doc. Ing. Vlastimil Borůvka, PhD., Dipl. Mgmt.



ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Co to je vlnění (mechanické vlnění)?

Vlnění je jedním z nejrozšířenějších fyzikálních jevů. Setkáváme se s ním v podobě zvuku, světla, rozhlasového či televizního vysílání, apod.

Mechanické vlnění je děj, při němž se kmitání šíří látkovým prostředím. Šíření vln není spojeno s přenosem látky. Vlněním se však přenáší energie.

Proto se zvuk nešíří ve vakuu, které v ideálním případě neobsahuje žádné částice.

Co to je akustické vlnění?

Akustické vlnění je vlnění podélné. Šíří se hmotným prostředím tak, že částice tohoto prostředí kmitají ve směru šíření vlnění. V určitých místech nastává větší zhuštění částic, v jiných oblastech je naopak zhuštění menší. Tyto tlakové změny se šíří daným prostředím konstantní rychlostí. Vzdálenost dvou sousedních míst o stejném zhuštění (zředění) je rovna vlnové délce.

Co to je zvuk?

Zvuk je podélné mechanické vlnění postupující hmotným prostředím jako tlakové vlny, které je možné fyziologicky vnímat jako sluchový vjem. Jedná se o mechanické vlnění o frekvencích 16 Hz až 20 kHz. *Ke stanovení pružnostních charakteristik se využívá i ultrazvuk, tj. podélné akustické vlny o frekvencích vyšších než 20 kHz.*

Zvuk se šíří pouze pružným prostředím libovolného skupenství jako postupné podélné vlnění.

V různých látkách se zvuk šíří různou rychlostí.

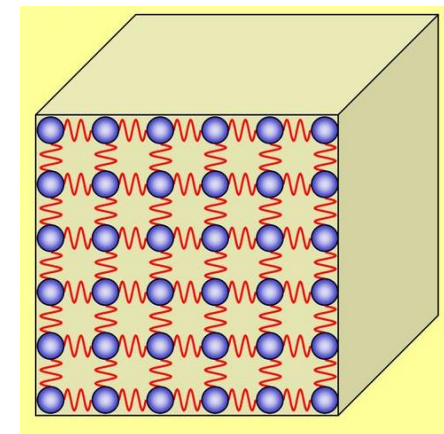
Při průchodu zvuku do jiného prostředí se mění rychlost a vlnová délka, frekvence se nemění!

Rychlost šíření zvuku (mechanického vlnění) ve dřevě ...

Při pružnosti oprávněně předpokládáme, že deformace ve dřevě nastává jednoznačně „okamžitě“ po působení napětí, přičemž okamžitě znamená rychlostí šíření zvuku.

$$\rho \cdot \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = E \cdot \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \Rightarrow c = \sqrt{\frac{E}{\rho}} = \lambda \cdot f = \frac{\lambda}{T}$$

Youngův modul
pružnosti



Rychlost šíření zvuku ve dřevě ...

Uvedené platí pro podélné vlnění, v pevných látkách se šíří i příčné, pro které platí:

$$c = \sqrt{\frac{G}{\rho}}$$

Smykový
modul
pružnosti

Souvislost mezi podélným a příčným vlněním určuje vztah:

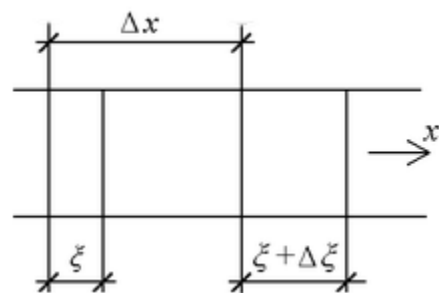
$$G = \frac{\mu \cdot E}{2 \cdot (\mu + 1)}$$

Poissonovo
číslo

Rychlost šíření zvuku ve dřevě ...

Ve dřevě je přítomen v každém případě i **vzduch** a v reálných podmínkách i **voda**, u kterých pro rychlost šíření vlnění platí:

$$c = \sqrt{\frac{\kappa \cdot p}{\rho}}$$



$$c = \sqrt{\frac{k}{\rho}} = \sqrt{\frac{1}{\gamma \cdot \rho}}$$

Poissonova konstanta, což je poměr tepelných kapacit plynu při stálém tlaku a stálém objemu.

Rychlost šíření zvuku v prostředí

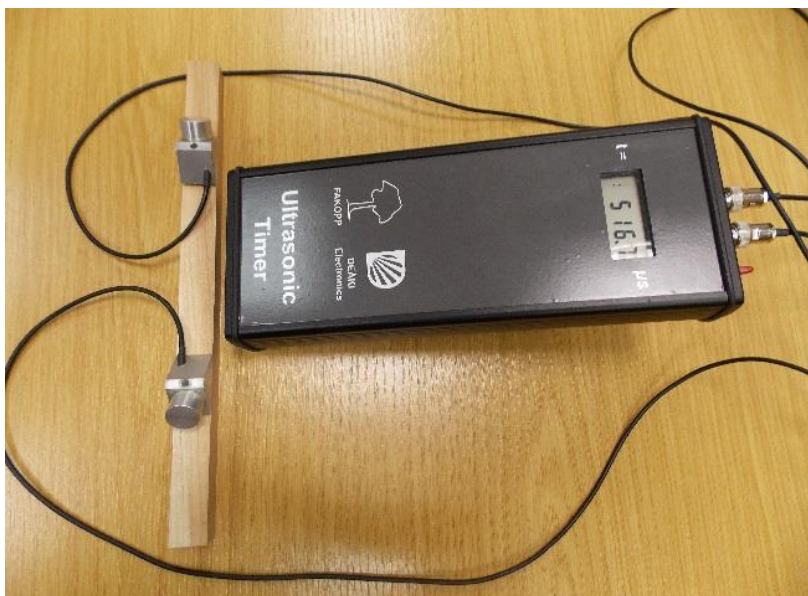
Obecně tedy pro konstantu k , charakterizující pružnost prostředí (materiálu) ve kterém se vlnění šíří, platí vztah: $k = c^2 \cdot \rho$.

$$c_L : c_R : c_T = 15 : 5 : 3$$

Druh dřeva	Hustota (kg/m ³)	Modul pružnosti (MPa)		Rychlost zvuku c (m/s)		c / c _⊥
			⊥		⊥	
smrk	470	11 000	550	4 790	1 072	4,47
jedle	460	11 000	490	4 890	1 033	4,73
javor	630	9 400	915	3 826	1 194	3,20
buk	730	16 000	1 500	4 638	1 420	3,27
dub	690	13 000	1 000	4 304	1 193	3,61

Při teplotě 20 °C je rychlost zvuku v suchém vzduchu 343 m/s.
V destilované vodě o teplotě 25 °C je rychlost zvuku 1497 m/s.
Zvuk se šíří nejrychleji v pevných látkách, potom v kapalinách a
nejpomaleji ve vzduchu.

Ultrazvuková metoda



Korekce času o
hodnotu při nulové
vzdálenosti sond

$$c = \frac{l}{t - k}$$

$$E = c^2 \cdot \rho$$

Rezonanční metoda



$$c = 2 \cdot l \cdot f$$

$$E = c^2 \cdot \rho$$

Relevantní závislosti a korelace?

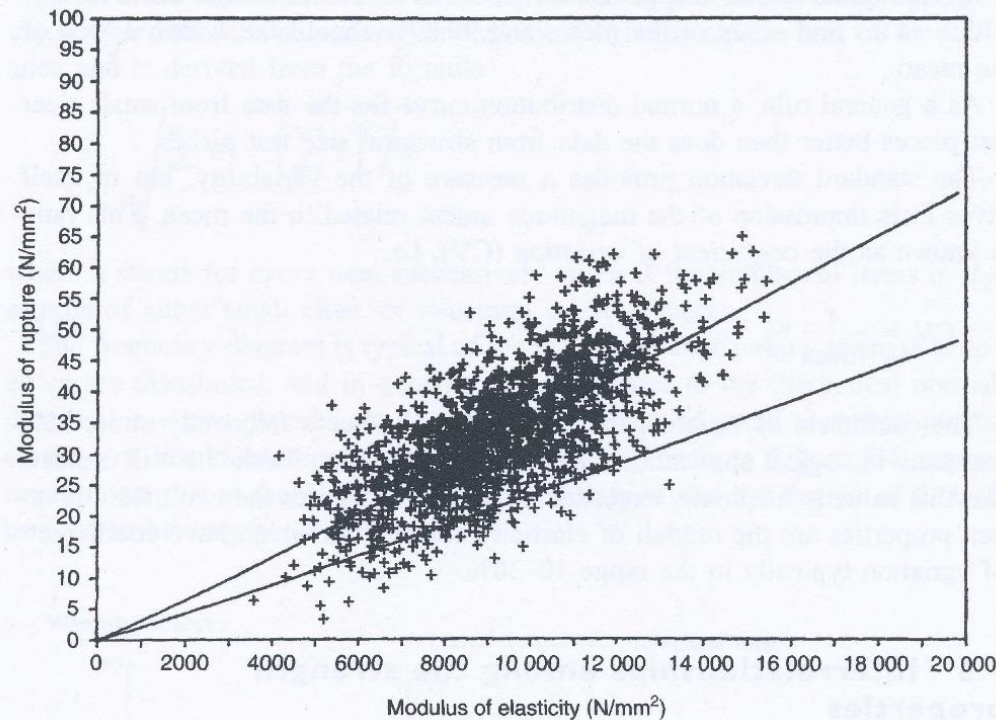


Figure 7.5 The relationship between modulus of rupture (bending strength) and modulus of elasticity for 1348 test results on UK-grown Sitka spruce, with the mean regression line and 5 percentile exclusion line superimposed. The equation of the mean regression line is $MOR = 0.002065 \times MOE$. (© BRE.)

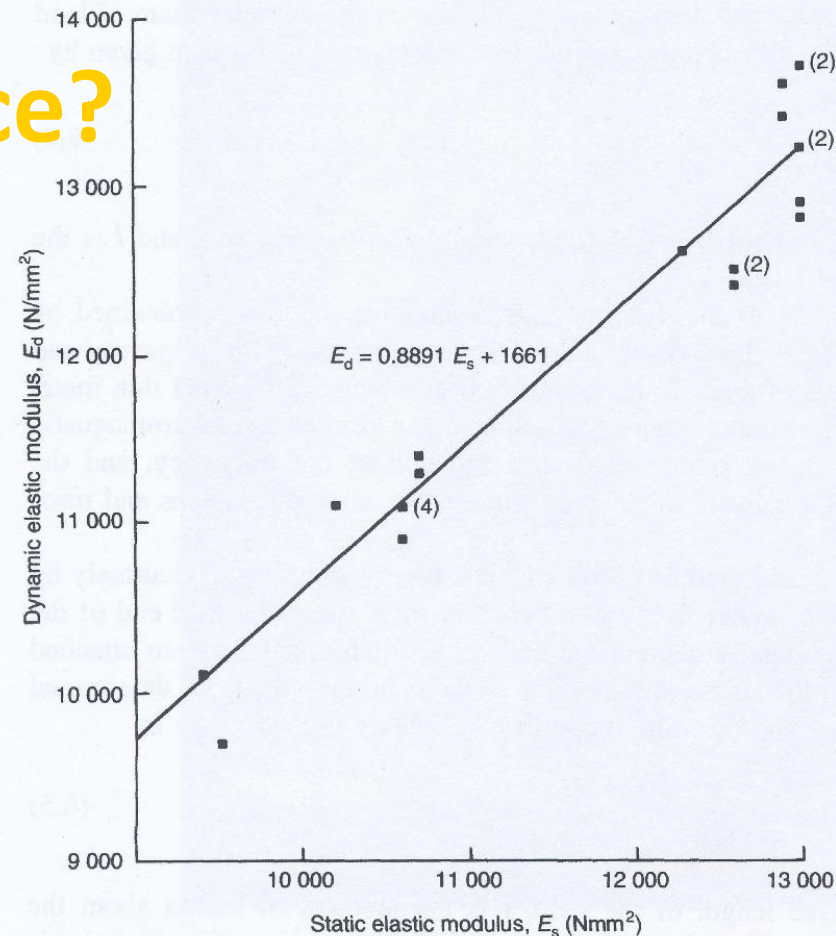


Figure 6.6 The relationship between the modulus of elasticity obtained by dynamic and static methods on the same timber samples. (© BRE.)

Dinwoodie (2000)

Relevantní závislosti a korelace?

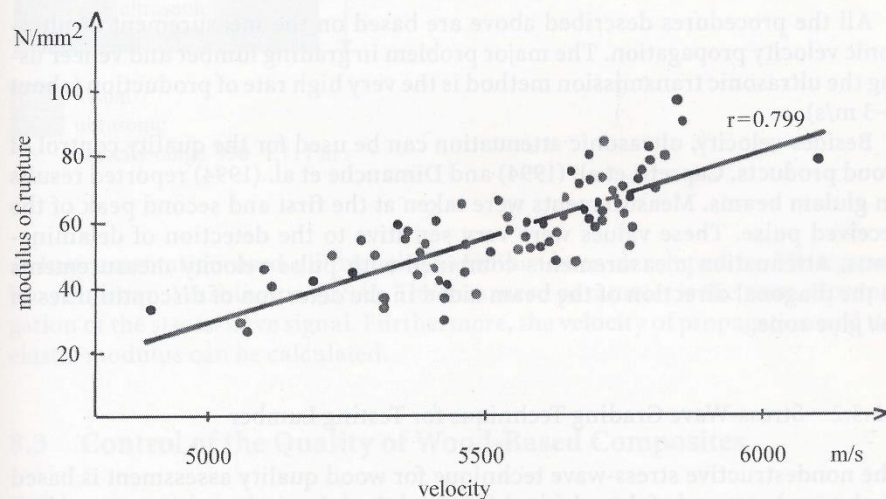


Fig. 8.16. Relationship between velocity values measured at 22 and 14% moisture content. (Sandoz 1989)

Bucur (2006)

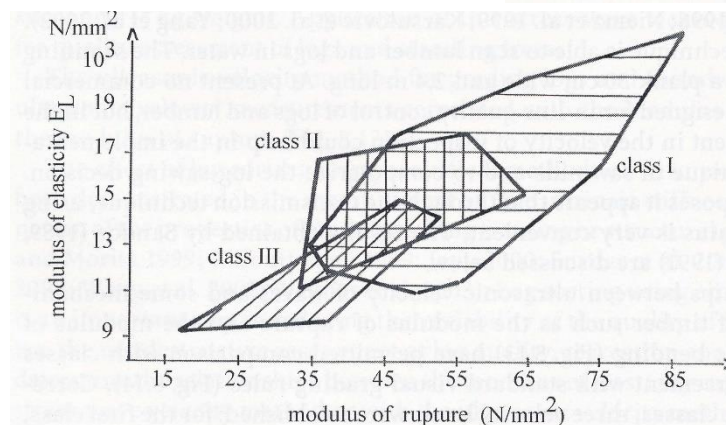


Fig. 8.14. Visual grading rules (Swiss Standard SIA 553164) and relationship with modulus of elasticity and modulus of rupture in spruce beams. (Sandoz 1989)

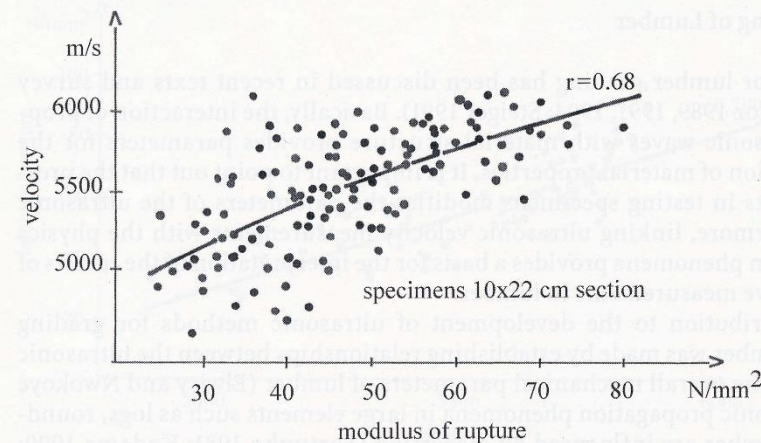


Fig. 8.13. Relationship between the ultrasonic longitudinal velocity and modulus of rupture in static bending of spruce beams of 10×22 cm cross section and 4.40 m length. (Sandoz 1989)



Fakulta lesnická
a dřevařská

Děkuji za pozornost

