

Aparaturní vybavení pro seizmologická měření

prof. RNDr. Zdeněk Kaláb, CSc.

Ing. Markéta Lednická, Ph.D.



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Přednáška byla zpracována v rámci projektu Inovace
studijního oboru Geotechnika, OP VK CZ.1.07/2.2.00/28.0009

Literatura k podrobnějšímu studiu

- Shearer, P.M.: *Introduction to Seismology*. Cambridge University Press, Cambridge, 1999.
- Scherbaum, F.: *Basic Concepts in Digital Signal Processing for Seismologists*. Springer-Verlag, 1994.
- Kearey, P. and Brooks, M.: *An Introduction to Geophysical Exploration*. Blackwell Scientific Publications, second edition, 1991.

Seizmogram

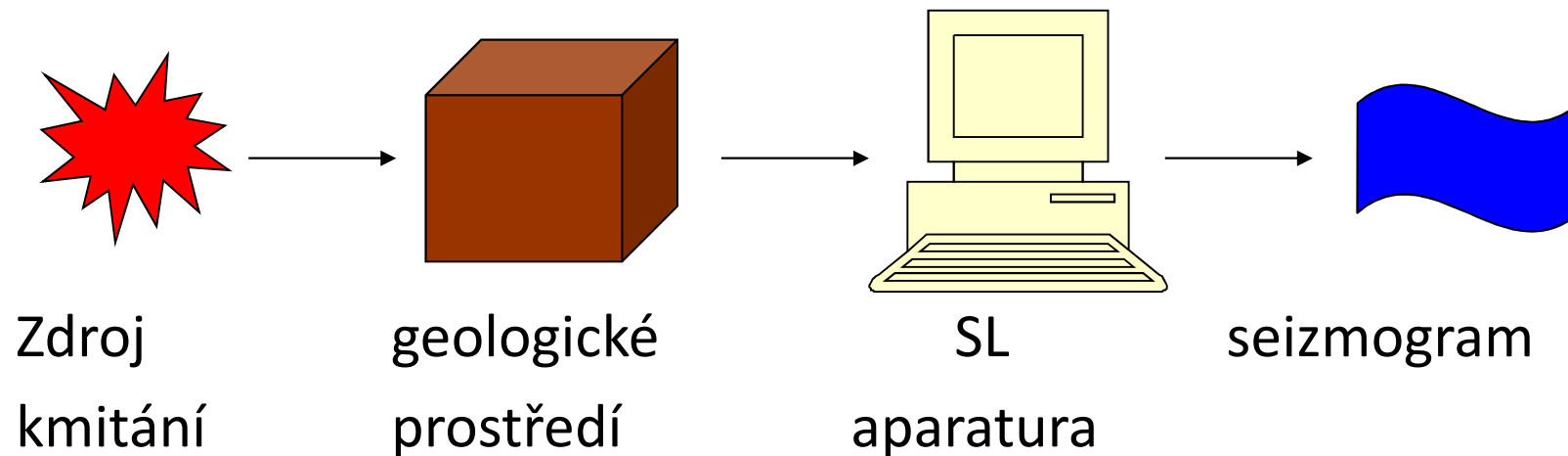
Seizmogram - analogová nebo digitální časová série, která zaznamenává amplitudu kmitání jako funkci času po dobu průchodu seizmické vlny sledovaným místem. Jinak řečeno, pořizujeme časově rozvinutý záznam kmitání, jehož základními prvky jsou amplitudy výchylky a frekvence jednotlivých vln či vlnových skupin.

Seizmogramy se pořizují buď jako záznam výchylky (dráhy), rychlosti nebo zrychlení (akcelerace) kmitavého pohybu.

Kvalita záznamu daného seizmického projevu závisí nejen na intenzitě zdroje, ale také na jeho frekvenčním rozsahu (nutno se v analyzovaném pásmu ztotožnit s rozsahem aparatury a nesmí se blížit vlastní frekvenci měřícího přístroje) a intenzitě dalších seizmických projevů v místě měření, které se na měřený signál superponují (přičítají).

Záznam signálu

Získání seizmogramů je umožněno konverzí pohybů Země na elektrické signály, jejich následným zesílením, filtrací a registrací na zapisovači (seizmologická aparatura). Moderní záznamové systémy umožňují registraci dat i jejich zápis přímo do PC.

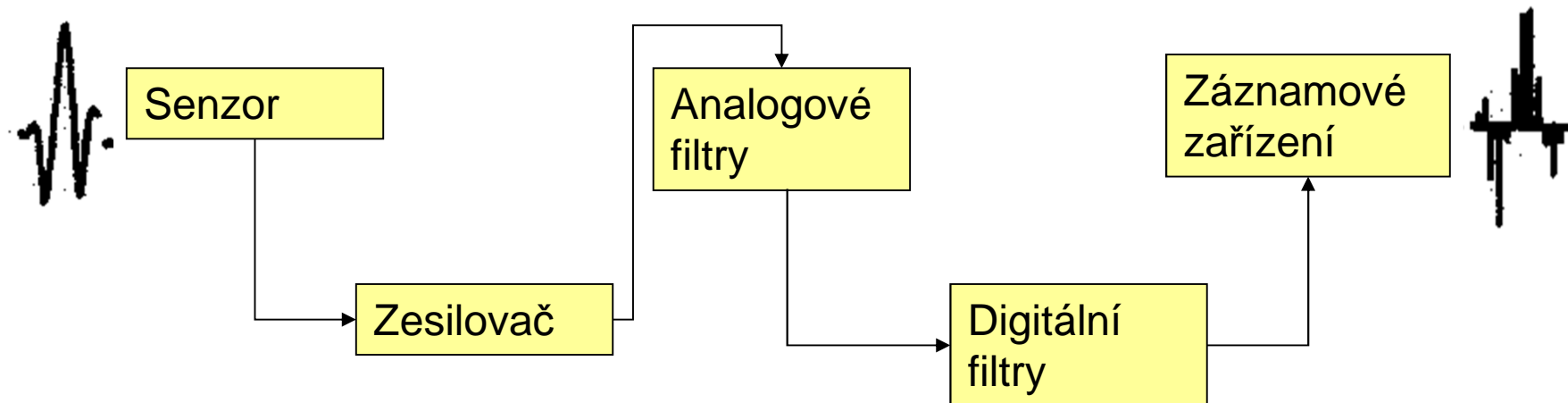


Blokové schéma SL aparatur

[analogový signál]

senzor-zesilovač-analogové filtry-(vzorkování)-digitální filtry-
(převzorkování)-záznamové zařízení

[digitální signál]



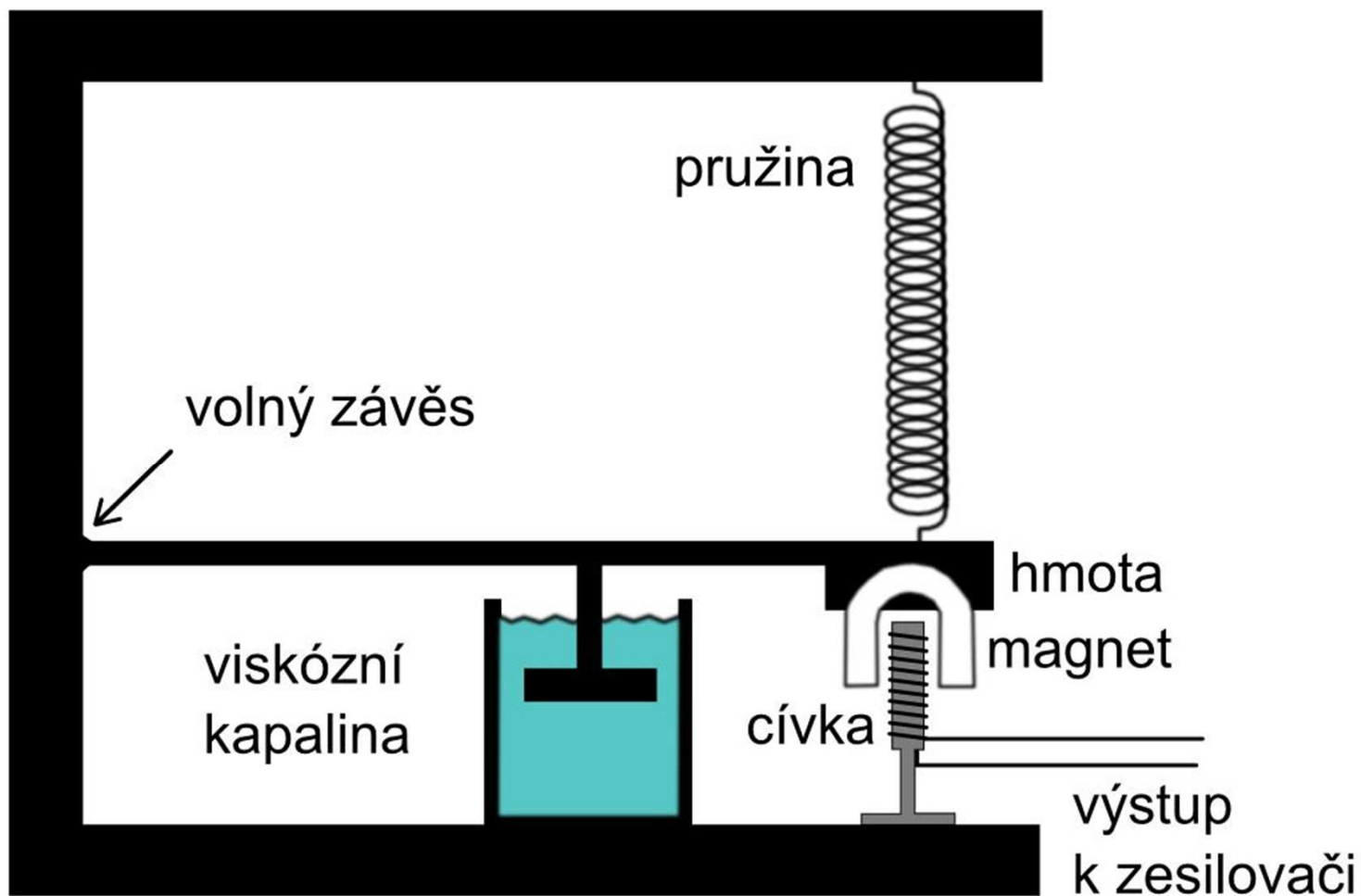
Senzory

Jako senzory jsou zpravidla používány elektromagnetické měniče nebo piezoelektrické snímače, které převádí mechanický vstup, tj. pohyb vyvolaný seizmickým impulzem, na elektrický výstup.

Při měřeních projevů trhacích prací, při nichž se detekuje pohyb v masivu či objektu, se používají senzory s odpovídajícím frekvenčním rozsahem a vhodnou vlastní frekvencí.

Existuje řada typů sensorů, často je využíváno pohybu cívky v poli permanentního magnetu, který je připevněn na těleso senzoru. Zavěšená cívka reprezentuje oscilační systém s rezonanční frekvencí určenou hmotou cívky a tuhostí jejího zavěšení

Základní princip elektromagnetického snímače



Uspořádání senzorů



Stanice jsou realizovány buď jako jednosložkové nebo jako tříložkové.

V tříložkovém uspořádání je jeden senzor určen pro registraci vertikální složky; zbývající dva jsou horizontální a jsou orientovány do směru geografických os (sever-jih a východ-západ).

Pokud je přesně známo místo zdroje kmitání, pak je možno použít orientaci horizontálních složek do paprskového uspořádání; jeden směr registruje kmitání orientované ve směru zdroj – stanoviště (\parallel), druhý je orientován do směru kolmého.

Zesilovače a filtry

Zesilovače mají za úkol zesílit signály v požadovaném amplitudovém a frekvenčním rozsahu. Je třeba zdůraznit, že se jedná o poměrně značné rozdíly maximální a minimální registrovatelné amplitudy. Například dynamický rozsah aparatur 120 dB reprezentuje amplitudový poměr 1:1000000. Maximální dosažený dynamický rozsah u snímačů je řádu 140 dB a vnitřní minimální šumová hladina v seizmických zesilovačích je řádu 0,1 μV .

Signál je nutno před digitalizací frekvenčně omezit tak, aby vyhovoval Nyquistovu kritériu (vzorkovací frekvence musí být dvojnásobek frekvence signálu). Cílem filtrace je potlačení rušivých vlivů. Prvotní záznam, v analogové nebo digitální formě, je obvykle pořizován tak, aby obsahoval maximální množství informací o seizmických signálech, následně se filtruje.

Digitalizace signálu

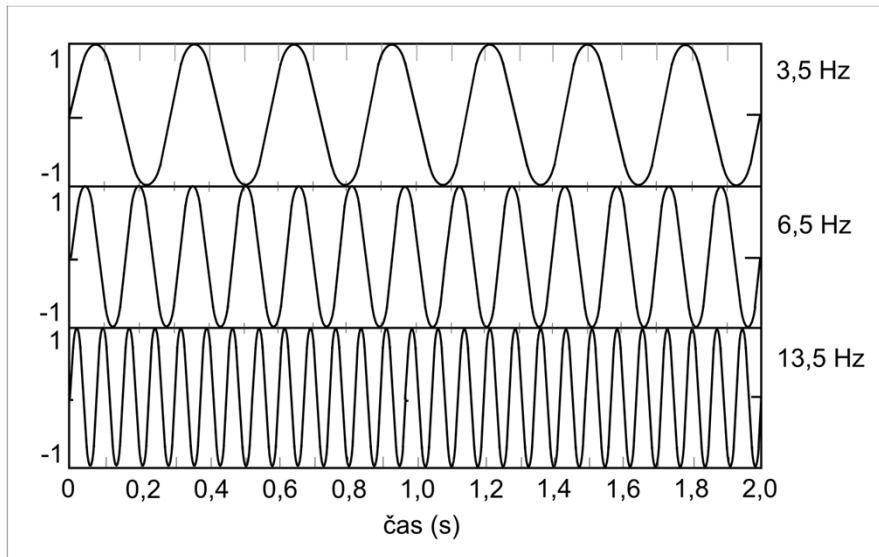
Digitalizace spojitého analogového signálu je založena na faktu, že původní signál lze rekonstruovat kmitočtovou filtrací z řady dostatečně hustě odebraných vzorků. Tato řada reprezentuje okamžité amplitudy signálu, vyjádřené formou číslicového kódu. Tento princip se nazývá impulzní kódová modulace (PCM) a je využíván ve všech oborech měření, přenosu a záznamu signálů.

Současné možnosti elektroniky a výpočetní techniky významně ovlivnily typy aparatur pro seizmické registrace. V závislosti na účelu měření či monitoringu jsou registrační aparatury reprezentovány jednoduššími či složitějšími systémy zpravidla na bázi personálních počítačů, Notebooků nebo jednodeskových počítačů.

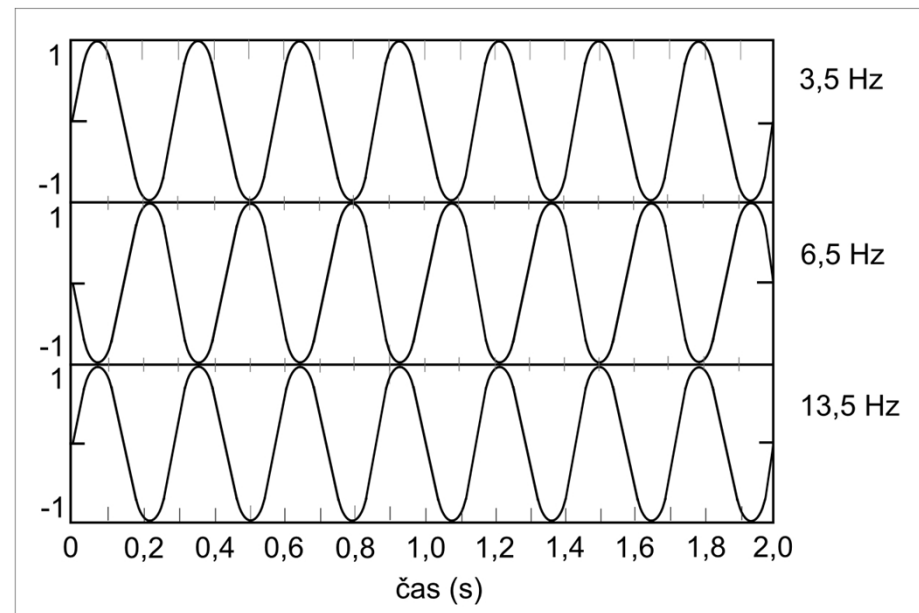
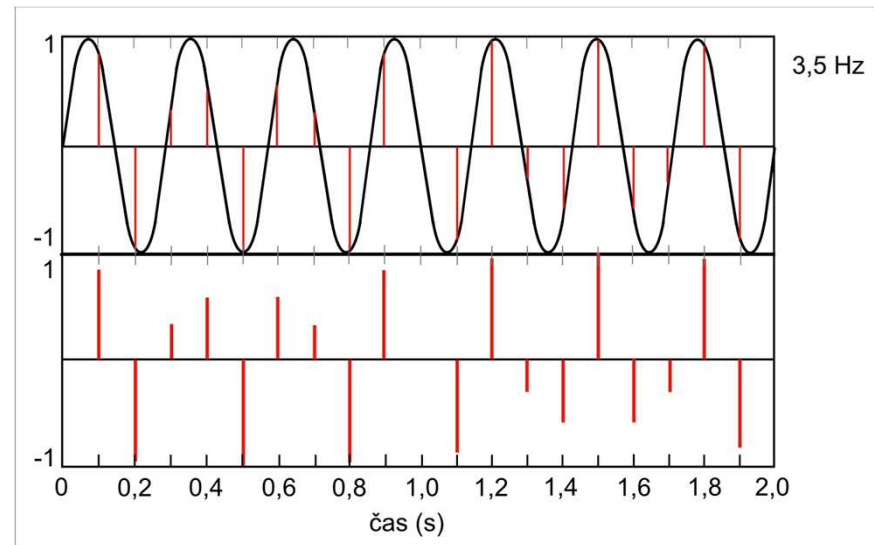
Digitalizace signálu

Vstupní signály 3,5 Hz, 6,5 Hz a 13,5 Hz

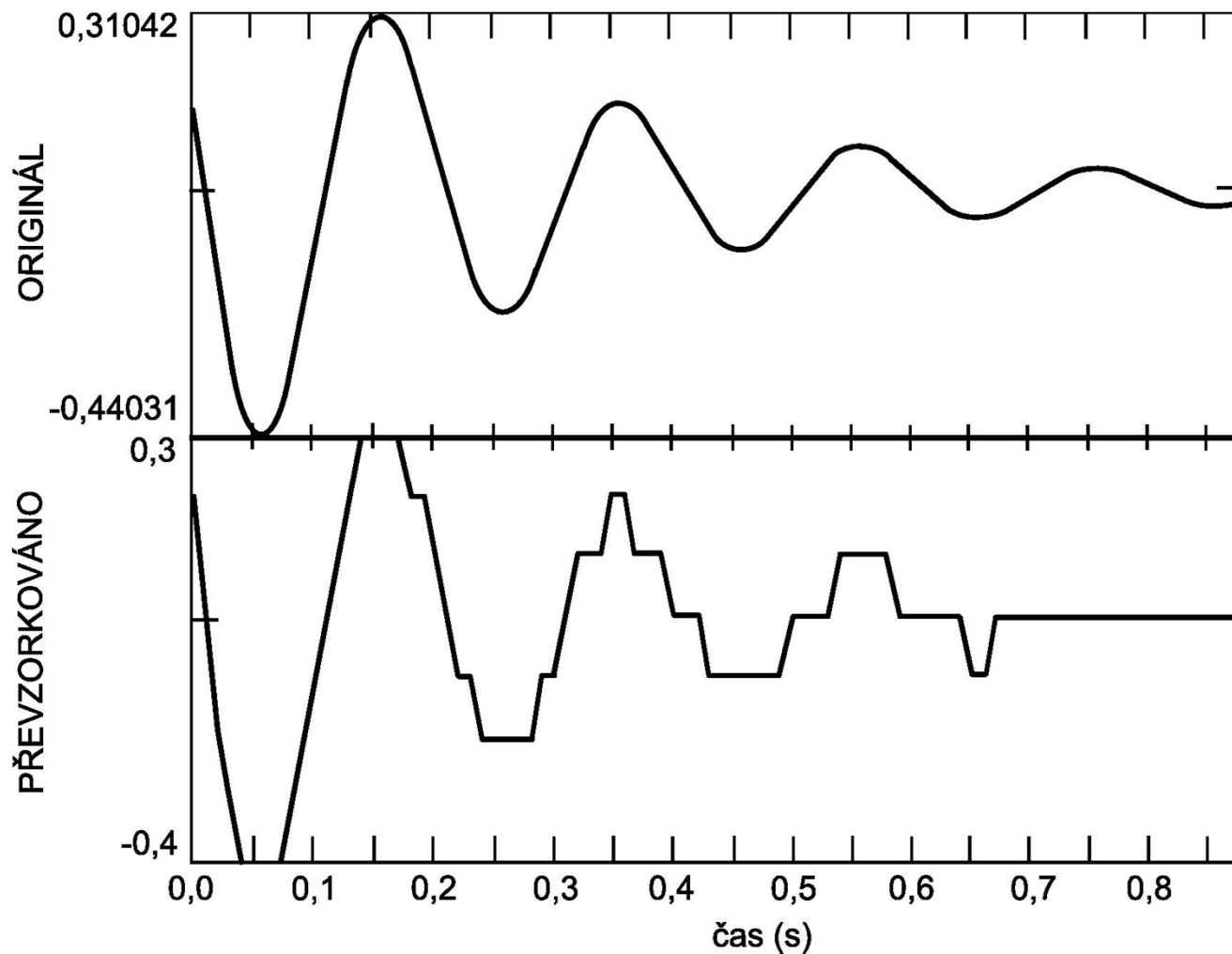
Rekonstruované signály pro vzorkovací frekvenci 10 Hz



Podle Scherbaum, 1994

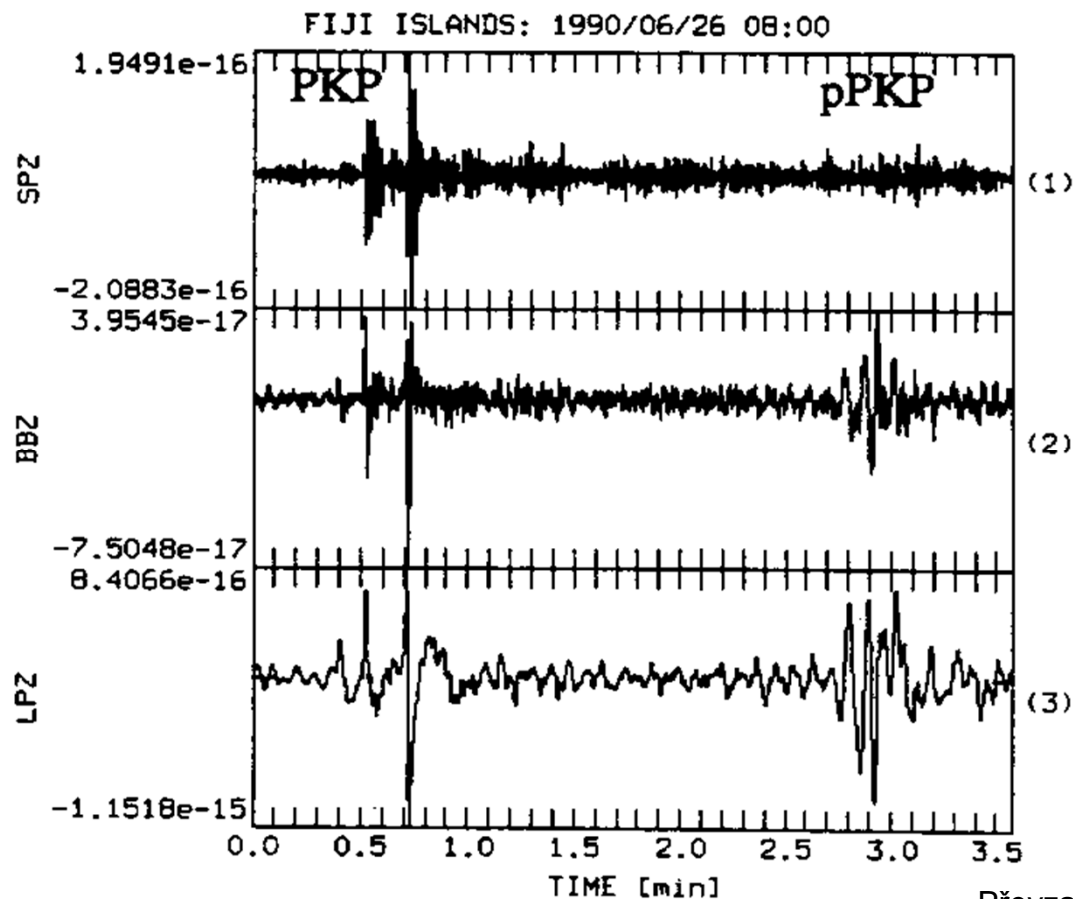


Příklad nedostatečného rozlišení (vysoké LSB)



Třísložkový záznam zemětřesení

Ostrov FIJI (151°, Grafenberg), shora dolů záznam krátkoperiodického, širokopásmového a dlouhoperiodického senzoru)



Referenční stanoviště

Hodnocení seizmického zatížení objektů často vychází z měření projevů vibrací na referenčním stanovišti. Měřenou veličinou jsou zpravidla maximální hodnoty rychlosti nebo zrychlení kmitání.

Senzory mají být umístěny na zdivu nejnižšího podlaží nebo na základech objektů. V jiných místech, kde může docházet k porušení stavebního objektu, mohou být zjištěné rychlosti kmitání větší než hodnoty naměřené na referenčním stanovišti (např. vlivem odezvy objektu na seizmické kmitání). Důležitým pojmem je vlastní frekvence objektu, při níž se projevuje významný rezonanční nárůst amplitudy vynuceného kmitání objektu. Pokud se vnější vibrační účinek frekvenčně ztotožní s vlastní frekvencí objektu, pak na něm dochází k největším škodám.

Odezva objektu

Odezvou objektu se rozumí pohyb, přetvoření nebo napjatost, která je vyvolána zatížením. Pro měření zatížení stavebních objektů seizmicitou doporučují normy měřit rychlost nebo akceleraci kmitání.

Pro posuzování odezvy objektů by měly být záznamy vibrací získány pro takovou intenzitu seizmicity, aby vznikly projevy na objektech. Záznamy musí být pořízeny v adekvátním časovém a frekvenčním rozlišení. Tyto požadavky vedou k užití záznamových aparatur, na něž jsou kladeny odlišné požadavky než pro přístrojové vybavení používané při „klasické“ registraci přirozené seizmicity.

Odhad parametrů

Základní charakteristiky seizmického záznamu trhacích prací jsou neperiodické kmitání s nepravidelným průběhem a rázovitým charakterem. Před vlastním měření je nutno provést kvalifikovaný odhad jak maximálních hodnot amplitud, tak i frekvenčního rozsahu měřeného kmitání. Lze též provést orientační měření a podle toho zvolit optimální parametry aparatury.

Aparatura GAIA 2 a senzor ViGeo2



Aparatura GeoSig GCR-12 a sensor GSV-310



Co vlastně měříme?

