Obsah

ÚVOD.

Řešení úlohy řízené vibroizolace těla řidiče na sedačce spočívá v analýze dynamického systému tvořeného základním modelem lidského těla spočívajícího na několika vibroizolačních stupních. Přitom je třeba zdůraznit, že u tohoto konkrétního modelu s více stupni volnosti je nutné provést náhradu kontinuí diskrétně umístěnými vazebními prvky; i když budeme mít na zřeteli vysoký stupeň věrnosti a přesnosti modelu, jsme nuceni se omezit jen na určitý frekvenční rozsah popisujících proměnných.

První vibroizolační stupeň představuje pružící podstavec s nůžkovým mechanizmem (jeden stupeň volnosti) a je určen k vertikální vibroizolaci, druhý vibroizolační stupeň je tvořen uložením těla řidiče na viskoelastickém materiálu sedáku a opěráku. Omezíme se na obecný rovinný pohyb těla řidiče v rovině vertikální a podélné horizontální osy kabiny, který má tři stupně volnosti. Třetí vibroizolační stupeň je přídavný (může a nemusí být realizován) a představuje podélnou horizontální vibroizolaci buď základny sedáku nebo základny celé sedačky. Tělo řidiče je nahrazeno tříhmotovým modelem - první hmota je rám modelu ve tvaru opěrných prvků těla řidiče a spočívá na druhém vibroizolačním stupni - na rámu jsou pak zavěšeny dvě hmoty na lineárních pružinách a tlumičích, jejichž parametry jsou voleny tak, aby v oblasti frekvencí nižších než 12 Hz souhlasily mechanická impedance modelu a standartního lidského těla. Úplný mechanický systém má tedy šest resp. sedm stupňů volnosti a je doplněn diferenciálními rovnicemi popisujícími regulaci pneumatické pružiny, případně škrcený výtok do přídavného objemu.

V převážné většině prací je úplný mechanický systém nahrazen pouze prvním vibroizolačním stupněm - zatíženým výslednou tíhou horní základny pružícího podstavce, sedáku, opěráku a redukovaného těla sedícího řidiče.

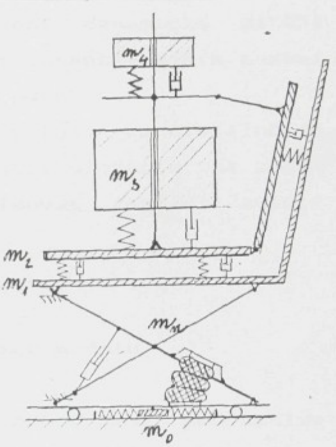
Nazveme tento systém zkráceným a položme si otázku: <u>do jaké míry nahrazuje zkrácený systém úplný</u> a to jak v případě, kdy pneumatická pružina je spojena s přídavným objemem i v případě, kdy pracuje samostatně.

1.0 PŘÍPRAVNÉ ÚVAHY

1.1 Formulace úlohy

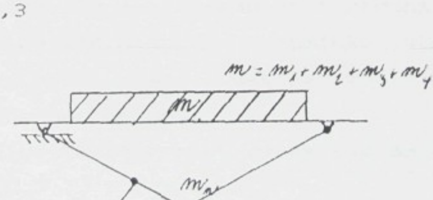
Omezíme se na rovinný pohyb dynamického systému, naznačeného na obr. 1,1 a nahrazeného modelem na obr. 1,2

Obr. 1,1



Obr. 1,2

Tento náhradní model srovnáme, jak bylo řešeno v úvodu s modelem na obr. 1,3



Obr. 1.3

který je popsán t.zv.zkráceným systémem, obvykle vyšetřovaným; připomínáme, že horizontální vibroizolační stupeň byl nazván třetím z důvodu, že většina sedaček jej nemá a pokud má pružící podstavec nůžkový mechanizmus, je vzájemné ovlivnění třetího a prvního stupně malé. Přitom má samozřejmě smysl porovnat úplný a zkrácený systém pokud jsou zároveň oba opatřeny horizontální vibroizolací či nikoliv.

Téma této práce vzniklo na základě sledování experimentu; zvláště při vyšších frekvencích a při buzení skokovou funkcí dochází k relativnímu pohybu hmot dynamické zátěže vůči rámu; rovněž přes řádné upevnění a přitažení dynamické zátěže popruhy k sedáku u opěráku je možné při intenzivnějším buzení pozorovat, že zátěž koná obecný rovinný pohyb.

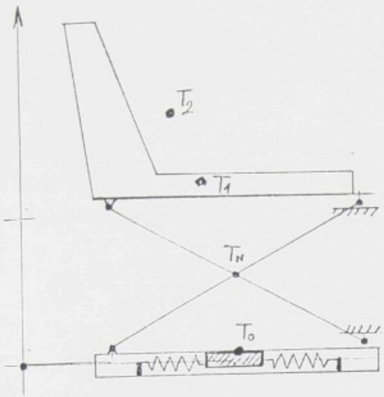
Dynamická zátěž je popsána podrobně v [5]; principiálně je projektována pro vertikální vibroizolaci, uložením na sedák a opěrák však není možné striktně realizovat jen její svislý jednosměrný pohyb.

1.2 Absolutní a relativní souřadnice modelu

Při odvození pohybových rovnic nutno zadat souřadnice těžiště jednotlivých hmot jako funkce nezávislých souřadnic, za něž volíme

- ξ_0 - relativní výchylka spodní základny pružícího podstavce,
- α - úhel nůžkového mechanizmu vůči spodní základně,
- ξ_2, η_2 - souřadnice těžiště rámu dynamické zátěže,
- β - úhel natočení rámu zátěže vůči horní základně nůžkového mechanizmu,
- η_3, η_4 - souřadnice těžiště hmot dynamické zátěže vůči rámu.

Označíme-li složky $v(t)$, $w(t)$ posunutí základny celého systému v horizontálním a vertikálním směru, platí pro souřadnice těžišť jednotlivých hmot za předpokladu, že těžiště nůžkového mechanizmu leží v jeho geometrickém středu:



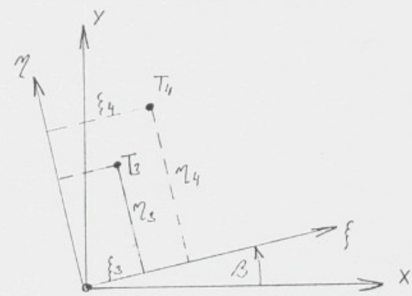
Obr. 1,4

$$x_0 = v(t) + \xi_0, \quad y_0 = w,$$
$$T_0 \,[x_0, y_0],$$
$$T_N \left[x_0 + \frac{R}{2}\cos\alpha,\ y_0 + \frac{R}{2}\sin\alpha\right],$$
$$T_1 \,[x_0 + \xi_{10},\ y_0 + \eta_{10} + R\sin\alpha], \qquad (1.2,1)$$
$$T_2 \,[x_0 + \xi_{10} + \xi_{20} + \xi_2,\ y_0 + \eta_{10} + \eta_{20} + \eta_2],$$
$$T_3 \,[x_3, y_3], \quad T_4 \,[x_4, y_4]$$

Platí

$$\begin{aligned} x_2 &= x_0 + \xi_{10} + \xi_{20} + \xi_2, \\ y_2 &= y_0 + \eta_{10} + \eta_{20} + \eta_2, \end{aligned} \quad \begin{Vmatrix} x_3 \\ y_3 \end{Vmatrix} = \begin{Vmatrix} x_2 \\ y_2 \end{Vmatrix} + \begin{Vmatrix} \cos\beta, & -\sin\beta \\ \sin\beta, & \cos\beta \end{Vmatrix} \begin{Vmatrix} \xi_3 \\ \eta_3 \end{Vmatrix}, \qquad (1.2,2)$$

při čemž ξ_3 je konstantní.

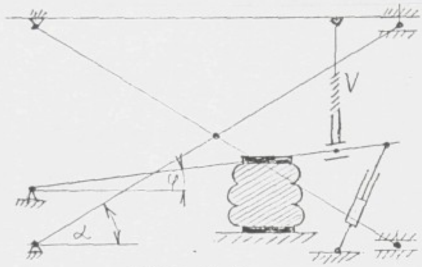


Obr. 1,5

$$\begin{aligned} x_3 &= \xi_3\cos\beta - \eta_3\sin\beta + x_2, & x_4 &= \xi_4\cos\beta - \eta_4\sin\beta + x_2, \\ y_3 &= \xi_3\sin\beta + \eta_3\cos\beta + y_2, & y_4 &= \xi_4\sin\beta + \eta_4\cos\beta + y_2 \end{aligned} \qquad (1.2,3)$$

1.3 Indikační páka a třetí vibroizolační stupeň

I. Jedna z prototypových konstrukcí SVÚSS používá t.zv. indikační páku za účelem oddělení výškového přestavení mechanizmu od jeho polohové regulace. viz obr. 1,6



Obr. 1,6

Výškové přestavení se realizuje změnou délky ramene V, spojujícího horní základnu s indikační pákou obecnou kinematickou dvojicí.

V tomto případě musíme do svých úvah zahrnout převod mezi vlastním mechanizmem a indikační pákou; jedná se o přídavné zařízení, které každý pružící odstavec nemá.

II. Třetí vibrační stupeň, t.j. přídavnou horizontální vibroizolaci rovněž nemá každý pružící podstavec a lze jej považovat rovněž za přídavné zařízení - na rozdíl od předešlého však představuje jeden stupeň volnosti a navíc může být umístěno jak na spodní (Isring) tak na horní (Karosa) základně pružícího podstavce. V našich úvahách se omezíme na první případ, k druhému se vrátíme v krátké poznámce v příští kapitole.

Horizontální pružné uložení je realizováno dvěma předepjatými lineárními pružinami s výslednou tuhostí c_0, symetrickým lineárním tlumičem s útlumovou konstantou b_0, případně navíc pryžovými dorazovými bloky (viz odst. 3.8)

2.0 LAGRANGEOVY POHYBOVÉ ROVNICE

2.1. Kinetická energie systému

Rychlosti souřadnic těžišť získáme derivací vztahů (1.2,1):

$$\dot{x}_0 = \dot{v} + \dot{\xi}_0 , \quad \dot{y}_0 = \dot{v} , \tag{2.1,1}$$

$$\dot{x}_{in} = \dot{v} + \dot{\xi}_0 - \frac{R}{2} \sin\alpha . \dot{\alpha} ,$$
$$\dot{y}_{in} = \dot{v} + \frac{R}{2} \cos\alpha . \dot{\alpha} , \tag{2.1,2}$$

$$\dot{x}_1 = \dot{v} + \dot{\xi}_0 ,$$
$$\dot{y}_1 = \dot{v} + R\cos\alpha . \dot{\alpha} , \tag{2.1,3a}$$

$$\dot{x}_2 = \dot{v} + \dot{\xi}_0 + \dot{\xi}_2 ,$$
$$\dot{y}_2 = \dot{v} + R\cos\alpha . \dot{\alpha} + \dot{\eta}_2 , \tag{2.1,3b}$$

$$\dot{x}_3 = \dot{v} + \dot{\xi}_0 + \dot{\xi}_2 - \dot{\eta}_3 \sin\beta - \eta_3 \cos\beta . \dot{\beta} - \xi_3 \sin\beta . \dot{\beta} ,$$
$$\dot{y}_3 = \dot{v} + R\cos\alpha . \dot{\alpha} + \dot{\eta}_2 + \dot{\eta}_3 \cos\beta - \eta_3 \sin\beta \dot{\beta} + \xi_3 \cos\beta . \dot{\beta} , \tag{2.1,4a}$$

$$\dot{x}_4 = \dot{v} + \dot{\xi}_0 + \dot{\xi}_2 - \dot{\eta}_4 \sin\beta - \eta_4 \cos\beta . \dot{\beta} - \xi_4 \sin\beta . \dot{\beta} ,$$
$$\dot{y}_4 = \dot{v} + R\cos\alpha . \dot{\alpha} + \dot{\eta}_2 + \dot{\eta}_4 \cos\beta - \eta_4 \sin\beta . \dot{\beta} + \xi_4 \cos\beta . \dot{\beta} . \tag{2.1,4b}$$

Indikační páka je spojena s nůžkovým mechanizmem definovaným převodem, jenž závisí na velikosti výškového nastavení

$$\varphi = \varphi(\alpha, v) \tag{2.1,5}$$

a je k ní připojen úchyt pneumatické pružiny, tlumiče a náhon polohové regulace. Označíme-li K_{in} kloub indikační páky a S_{in} jeho těžiště, platí:

$$x_K = v + x_{K0}\,, \qquad x_S = x_K + R_{in}\cos\varphi$$
$$y_K = w + y_{K0}\,, \qquad y_S = y_K + R_{in}\sin\varphi \tag{2.1,6a}$$

$$\dot{x}_S = \dot{v} - R_{in}\sin\varphi(\alpha)\cdot\frac{d\varphi}{d\alpha}\cdot\dot{\alpha}$$
$$\dot{y}_S = \dot{w} + R_{in}\cos\varphi(\alpha)\cdot\frac{d\varphi}{d\alpha}\cdot\dot{\alpha} \tag{2.1,6b}$$

Celý systém má sedm stupňů volnosti; za nezávislé Lagrangeovy souřadnice byly zvoleny

$$\xi_0,\ \alpha,\ \xi_2,\ \eta_2,\ \beta,\ \eta_3,\ \eta_4 \tag{2.1,7}$$

Označíme kinetické energie jednotlivých členů T_0, T_a, T_{in}, $T_1, \ldots T_4$, m_0, m_1, m_n, m_2, m_3, m_4 příslušné hmotnosti, J_n moment setrvačnosti nůžkového mechanizmu kolem příčné osy, procházející těžištěm a J_2 moment setrvačnosti zátěže kolem příčné osy (rovnoběžné s osou z).

Naznačíme funkční závislosti:

$$\begin{aligned}
T_0 &= T_0(\dot{\xi}_0, \dot{v}(t), \dot{w}(t))\\
T_n &= T_n(\dot{\xi}_0, \alpha, \dot{\alpha}, \dot{v}(t), \dot{w}(t))\\
T_{in} &= T_{in}(\dot{\xi}_0, \varphi(\alpha), \dot{\varphi}(\alpha,\dot{\alpha}), \dot{v}(t), \dot{w}(t))\\
T_1 &= T_1(\dot{\xi}_0, \alpha, \dot{\alpha}, \dot{v}(t), \dot{w}(t))\\
T_2 &= T_2(\dot{\xi}_0, \alpha, \dot{\alpha}, \dot{\xi}_2, \dot{\eta}_2, \dot{v}(t), \dot{w}(t), \dot{\beta})\\
T_3 &= T_3(\dot{\xi}_0, \alpha, \dot{\alpha}, \dot{\xi}_2, \dot{\eta}_2, \beta, \dot{\beta}, \dot{v}(t), \dot{w}(t), \dot{\eta}_3)\\
T_4 &= T_4(\dot{\xi}_0, \alpha, \dot{\alpha}, \dot{\xi}_2, \dot{\eta}_2, \beta, \dot{\beta}, \dot{\eta}_4, \dot{v}(t), \dot{w}(t))
\end{aligned} \tag{2.1,8}$$

Celková kinematická energie je dána vztahem

$$T = T_n + T_{in} + \sum_{i=0}^{4} T_i \tag{2.1,9}$$

Poznamenejme předem, že je-li třetí (horizontální) vibroizolační stupeň umístěn mezi nůžkový mechanizmus a sedák, změní se poněkud obecné závislosti (2.1,8); tomuto problému je věnován odstavec 2.4

2.2. Vyjádření Lagrangeových operátorů

$$T_0 = \frac{1}{2} m_0 (\dot{x}_0^2 + \dot{y}_0^2), \qquad (2.2,1)$$

$$\frac{\partial T_0}{\partial \dot{\xi}_0} = m_0 (\dot{\xi}_0 + \dot{v}), \qquad (2.2,2)$$

$$\frac{d}{dt}\frac{\partial T_0}{\partial \dot{\xi}_0} = m_0 (\ddot{\xi} + \ddot{v}), \qquad (2.2,3)$$

$$T_n = \frac{1}{2} m_n (\dot{x}_{1n}^2 + \dot{y}_{1n}^2) + \frac{1}{2} J_n \dot{\alpha}^2 \qquad (2.2,4)$$

$$\frac{\partial T_n}{\partial \dot{\alpha}} = m_n \left(\dot{x}_{1n} \frac{\partial \dot{x}_{1n}}{\partial \dot{\alpha}} + \dot{y}_{1n} \frac{\partial \dot{y}_{1n}}{\partial \dot{\alpha}} \right) + J_n \dot{\alpha} = \qquad (2.2,5)$$

$$\frac{m_n R}{2} \cdot \left[\dot{w} \cos\alpha - (\dot{\xi}_0 + \dot{v}) \sin\alpha \right] + \left(J_n + \frac{m_n R^2}{4} \right) \dot{\alpha},$$

$$\frac{d}{dt}\frac{\partial T_n}{\partial \dot{\alpha}} = \frac{m_n R}{2} \left[\ddot{w} \cos\alpha - (\ddot{\xi} + \ddot{v}) \sin\alpha \right] + \left(J_n + \frac{m_n R^2}{4} \right) \ddot{\alpha} \qquad (2.2,6)$$

$$- \frac{m_n R}{2} \dot{\alpha} \left[\dot{w} \sin\alpha + (\dot{\xi}_0 + \dot{v}) \cos\alpha \right],$$

$$\frac{\partial T_n}{\partial \alpha} = m_n \left(\dot{x}_{1n} \frac{\partial \dot{x}_{1n}}{\partial \alpha} + \dot{y}_{1n} \frac{\partial \dot{y}_{1n}}{\partial \alpha} \right) = \qquad (2.2,7)$$

$$= - \frac{m_n R}{2} \dot{\alpha} \left[\dot{w} \sin\alpha + (\dot{\xi}_0 + \dot{v}) \cos\alpha \right],$$

$$\frac{\partial T_n}{\partial \dot{\xi}_0} = m_n \left(\dot{\xi}_0 + \dot{v} - \frac{R}{2} \sin\alpha \cdot \dot{\alpha} \right), \qquad (2.2,8)$$

$$\frac{d}{dt}\frac{\partial T_n}{\partial \dot{\xi}_0} = m_n \left(\ddot{\xi}_0 + \ddot{v} - \frac{R}{2} \sin\alpha \, \ddot{\alpha} - \frac{R}{2} \cos\alpha \cdot \dot{\alpha}^2 \right), \qquad (2.2,9)$$

$$T_1 = \frac{1}{2} m_1 (\dot{x}_1^2 + \dot{y}_1^2), \qquad (2.2,10)$$

$$\frac{\partial T_1}{\partial \dot{\xi}_0} = m_1(\dot{\xi}_0 + \dot{v}) , \qquad (2.2,11)$$

$$\frac{d}{dt}\frac{\partial T_1}{\partial \dot{\xi}_0} = m_1(\ddot{\xi}_0 + \ddot{v}) , \qquad (2.2,12)$$

$$\frac{\partial T_1}{\partial \dot{\alpha}} = m_1\left(\dot{x}_1\frac{\partial \dot{x}_1}{\partial \dot{\alpha}} + \dot{y}_1\frac{\partial \dot{y}_1}{\partial \dot{\alpha}}\right) = m_1 R\cos\alpha(\dot{\alpha}\cos\alpha \cdot R + \dot{v}) , \qquad (2.2,13)$$

$$\frac{d}{dt}\frac{\partial T_1}{\partial \dot{\alpha}} = m_1[R^2\cos^2\alpha \cdot \ddot{\alpha} + R\ddot{v}\cos\alpha - 2R^2\dot{\alpha}^2\sin\alpha\cos\alpha - \qquad (2.2,14)$$
$$- R\dot{v}\dot{\alpha}\cos\alpha] ,$$

$$\frac{\partial T_1}{\partial \alpha} = m_1\left(\dot{x}_1\frac{\partial \dot{x}_1}{\partial \alpha} + \dot{y}_1\frac{\partial \dot{y}_1}{\partial \alpha}\right) =$$
$$= -m_1(R^2\dot{\alpha}^2\sin\alpha\cos\alpha + R\dot{\alpha}\dot{v}\cos\alpha) , \qquad (2.2,15)$$

$$T_2 = \frac{1}{2} m_2(\dot{x}_2^2 + \dot{y}_2^2) + \frac{1}{2} J_2 \dot{\beta}^2 , \qquad (2.2,16)$$

$$\frac{\partial T_2}{\partial \dot{\xi}_0} = m_2(\dot{v} + \dot{\xi}_0 + \dot{\xi}_2) , \qquad (2.2,17)$$

$$\frac{d}{dt}\frac{\partial T_2}{\partial \dot{\xi}_0} = m_2(\ddot{v} + \ddot{\xi}_0 + \ddot{\xi}_2) , \qquad (2.2,18)$$

$$\frac{\partial T_2}{\partial \xi_0} = 0 , \qquad (2.2,19)$$

$$\frac{\partial T_2}{\partial \dot{\alpha}} = \frac{\partial T_2}{\partial \dot{x}_2}\frac{\partial \dot{x}_2}{\partial \dot{\alpha}} + \frac{\partial T_2}{\partial \dot{y}_2}\frac{\partial \dot{y}_2}{\partial \dot{\alpha}} = m_2(\dot{v} + R\cos\alpha \cdot \dot{\alpha} + \dot{\eta}_2)R\cos\alpha , \qquad (2.2,20)$$

$$\frac{d}{dt}\frac{\partial T_2}{\partial \dot{\alpha}} = m_2 R\cos\alpha(\ddot{v} + \ddot{\eta}_2 + R\cos\alpha\ddot{\alpha}) \qquad (2.2,21)$$
$$- m_2 R\dot{\alpha}\sin\alpha(\dot{v} + R\cos\alpha\dot{\alpha} + \dot{\eta}_2) - m_2 R\dot{\alpha}^2\sin\alpha\cos\alpha ,$$

$$\frac{\partial T_2}{\partial \alpha} = \frac{\partial T_2}{\partial \dot{x}_2}\frac{\partial \dot{x}_2}{\partial \alpha} + \frac{\partial T_2}{\partial \dot{y}_2}\frac{\partial \dot{y}_2}{\partial \alpha} =$$
$$= -m_2 R\dot{\alpha}\sin\alpha(\dot{v} + \dot{\eta}_2 + R\cos\alpha \cdot \dot{\alpha}) , \qquad (2.2,22)$$

$$\frac{\partial T_2}{\partial \dot{\xi}_2} = \frac{\partial T_2}{\partial \dot{x}_2}\frac{\partial \dot{x}_2}{\partial \dot{\xi}_2} + \frac{\partial T_2}{\partial \dot{y}_2}\frac{\partial \dot{y}_2}{\partial \dot{\xi}_2} = m_2(\dot{v} + \dot{\xi}_0 + \dot{\xi}_2), \tag{2.2,23}$$

$$\frac{d}{dt}\frac{\partial T_2}{\partial \dot{\xi}_2} = m_2(\ddot{v} + \ddot{\xi}_0 + \ddot{\xi}_2), \tag{2.2,24}$$

$$\frac{\partial T_2}{\partial \dot{\eta}_2} = \frac{\partial T_2}{\partial \dot{x}_2}\frac{\partial \dot{x}_2}{\partial \dot{\eta}_2} + \frac{\partial T_2}{\partial \dot{y}_2}\frac{\partial \dot{y}_2}{\partial \dot{\eta}_2} = m_2(\dot{v} + R\cos\alpha . \dot{\alpha} + \dot{\eta}_2), \tag{2.2,25}$$

$$\frac{d}{dt}\frac{\partial T_2}{\partial \dot{\eta}_2} = m_2(\ddot{v} + R\cos\alpha\,\ddot{\alpha} + \ddot{\eta}_2 - R\sin\alpha . \dot{\alpha}^2), \tag{2.2,26}$$

$$\frac{\partial T_2}{\partial \xi_2} = 0, \quad \frac{\partial T_2}{\partial \eta_2} = 0, \quad \frac{\partial T_2}{\partial \beta} = 0, \tag{2.2,27}$$

$$\frac{\partial T_2}{\partial \dot{\beta}} = J_2\dot{\beta}, \quad \frac{d}{dt}\frac{\partial T_2}{\partial \dot{\beta}} = J_2\ddot{\beta}. \tag{2.2,28}$$

Pro j = 3,4 platí

$$T_j = \frac{m_j}{2}(\dot{x}_j^2 + \dot{y}_j^2) + \frac{1}{2}J_j\dot{\beta}^2, \tag{2.2,29}$$

$$\frac{\partial T_j}{\partial \dot{\xi}_0} = m_j\left[\dot{v} + \dot{\xi}_0 + \dot{\xi}_2 - \dot{\eta}_j\sin\beta - \dot{\beta}(\eta_j\cos\beta + \xi_j\sin\beta)\right], \tag{2.2,30}$$

$$\begin{aligned}\frac{d}{dt}\frac{\partial T_j}{\partial \dot{\xi}_0} = m_j\Big[&\ddot{v} + \ddot{\xi}_0 + \ddot{\xi}_2 - \ddot{\eta}_j\sin\beta - \ddot{\beta}(\eta_j\cos\beta + \xi_j\sin\beta) - \\ &- 2\dot{\eta}_j\dot{\beta}\cos\beta - (\eta_j\sin\beta - \xi_j\cos\beta)\dot{\beta}^2\Big],\end{aligned} \tag{2.2,31}$$

$$\frac{\partial T_j}{\partial \xi_0} = 0, \tag{2.2,32}$$

$$\frac{\partial T_j}{\partial \dot{\alpha}} = m_j\left[\dot{v} + R\cos\alpha . \dot{\alpha} + \dot{\eta}_2 + \dot{\eta}_j\cos\beta + \dot{\beta}(\xi_j\cos\beta - \eta_j\sin\beta)\right]R\cos\alpha, \tag{2.2,33}$$

$$\begin{aligned}\frac{d}{dt}\frac{\partial T_j}{\partial \dot{\alpha}} = {}& m_jR\cos\alpha . \left[\ddot{v} + R\ddot{\alpha}\cos\alpha + \ddot{\eta}_2 + \ddot{\eta}_j\cos\beta + \ddot{\beta}(\xi_j\cos\beta - \eta_j\sin\beta)\right] \\ &+ m_jR\cos\alpha\left[-R\sin\alpha\dot{\alpha}^2 - 2\dot{\eta}_j\dot{\beta}\sin\beta - \dot{\beta}^2(\xi_j\sin\beta - \eta_j\cos\beta)\right] - \\ &- m_jR\sin\alpha\dot{\alpha}\left[\dot{v} + R\dot{\alpha}\cos\alpha + \dot{\eta}_2 + \dot{\eta}_j\cos\beta + \dot{\beta}(\xi_j\cos\beta - \eta_j\sin\beta)\right],\end{aligned} \tag{2.2,34}$$

$$\frac{\partial T_j}{\partial \alpha} = -m_j R \sin\alpha \cdot \dot{\alpha} \left[\dot{w} + R\cos\alpha \cdot \dot{\alpha} + \dot{\eta}_2 + \dot{\eta}_j \cos\beta + \dot{\beta}(\xi_j \cos\beta - \eta_j \sin\beta)\right], \qquad (2.2,35)$$

$$\frac{\partial T_j}{\partial \dot{\xi}_2} = m_j \left[\dot{w} + \dot{\xi}_0 + \dot{\xi}_2 - \dot{\eta}_j \sin\beta - (\xi_j \sin\beta + \eta_j \cos\beta)\dot{\beta}\right], \qquad (2.2,36)$$

$$\frac{d}{dt}\frac{\partial T_j}{\partial \dot{\xi}_2} = m_j \Big[\ddot{w} + \ddot{\xi}_0 + \ddot{\xi}_2 - \ddot{\eta}_j \sin\beta - \ddot{\beta}(\xi_j \sin\beta + \eta_j \cos\beta) - 2\dot{\eta}_j \dot{\beta} \cos\beta - (\xi_j \cos\beta - \eta_j \sin\beta)\dot{\beta}^2\Big], \qquad (2.2,37)$$

$$\frac{\partial T_j}{\partial \dot{\eta}_2} = m_j \left[\dot{w} + R\cos\alpha \cdot \dot{\alpha} + \dot{\eta}_2 + \dot{\eta}_j \cos\beta + \dot{\beta}(\xi_j \cos\beta - \eta_j \sin\beta)\right], \qquad (2.2,38)$$

$$\frac{d}{dt}\frac{\partial T_j}{\partial \dot{\eta}_2} = m_j \Big[\ddot{w} + R\cos\alpha \cdot \ddot{\alpha} + \ddot{\eta}_2 + \ddot{\eta}_j \cos\beta + \ddot{\beta}(\xi_j \cos\beta - \eta_j \sin\beta) - R\dot{\alpha}^2 \sin\alpha - 2\dot{\eta}_j \dot{\beta} \sin\beta - (\xi_j \sin\beta + \eta_j \cos\beta)\dot{\beta}^2\Big], \qquad (2.2,39)$$

$$\frac{\partial T_j}{\partial \xi_2} = 0, \quad \frac{\partial T_j}{\partial \eta_2} = 0, \qquad (2.2,40)$$

$$\begin{aligned}\frac{\partial T_j}{\partial \dot{\beta}} &= \frac{\partial T_j}{\partial \dot{x}_j}\frac{\partial \dot{x}_j}{\partial \dot{\beta}} + \frac{\partial T_j}{\partial \dot{y}_j}\frac{\partial \dot{y}_j}{\partial \dot{\beta}} = \\ &= m_j\left[\dot{w} + \dot{\xi}_0 + \dot{\xi}_2 - \dot{\eta}_j \sin\beta - (\xi_j \sin\beta + \eta_j \cos\beta)\dot{\beta}\right](-\xi_j \sin\beta - \eta_j \cos\beta) \\ &+ m_j\left[\dot{w} + R\cos\alpha \cdot \dot{\alpha} + \dot{\eta}_2 + \dot{\eta}_j \cos\beta - (\xi_j \cos\beta - \eta_j \sin\beta)\dot{\beta}\right] \cdot (\xi_j \cos\beta - \eta_j \sin\beta),\end{aligned} \qquad (2.2,41)$$

$$\begin{aligned}\frac{d}{dt}\frac{\partial T_j}{\partial \dot{\beta}} &= m_j\left[-2\dot{\eta}_j \dot{\beta} \cos\beta\,(-\xi_j \sin\beta - \eta_j \cos\beta)\right] + \\ &\quad m_j\left[\ddot{w} + \ddot{\xi}_0 + \ddot{\xi}_2 - \ddot{\eta}_j \sin\beta - \ddot{\beta}(\xi_j \sin\beta + \eta_j \cos\beta)\right](-\xi_j \sin\beta - \eta_j \cos\beta) \\ &+ m_j\left[\dot{w} + \dot{\xi}_0 + \dot{\xi}_2 - \dot{\eta}_j \sin\beta - (\xi_j \sin\beta + \eta_j \cos\beta)\dot{\beta}\right] \cdot \left[(-\xi_j \cos\beta + \eta_j \sin\beta)\dot{\beta} - \dot{\eta}_j \cos\beta\right] \\ &+ m_j\left[-R\sin\alpha\,\dot{\alpha}^2 - 2\dot{\eta}_j \dot{\beta} \sin\beta\right](\xi_j \cos\beta - \eta_j \sin\beta) + \\ &+ m_j\left[\ddot{w} + R\cos\alpha \cdot \ddot{\alpha} + \ddot{\eta}_2 + \ddot{\eta}_j \cos\beta + \ddot{\beta}(\xi_j \cos\beta - \eta_j \sin\beta)\right](\xi_j \cos\beta - \eta_j \sin\beta) + \\ &\quad m_j\left[\dot{w} + R\cos\alpha\,\dot{\alpha} + \dot{\eta}_2 + \dot{\eta}_j \cos\beta + \dot{\beta}(\xi_j \cos\beta - \eta_j \sin\beta)\right] \cdot \left[(+\xi_j \sin\beta + \eta_j \cos\beta)\dot{\beta} - \dot{\eta}_j \sin\beta\right],\end{aligned} \qquad (2.2,42)$$

$$\frac{\partial T_j}{\partial \beta} = \frac{\partial T_j}{\partial \dot{x}_j}\frac{\partial \dot{x}_j}{\partial \beta} + \frac{\partial T_j}{\partial \dot{y}_j}\frac{\partial \dot{y}_j}{\partial \beta} = \tag{2.2,43}$$

$$= m_j\left[\dot{v} + \dot{\xi}_0 + \dot{\xi}_2 - \dot{\eta}_j \sin\beta - (\xi_j \sin\beta + \eta_j\cos\beta)\dot{\beta}\right].\left[-\dot{\eta}_j\cos\beta - \dot{\beta}(\xi_j\cos\beta - \eta_j\sin\beta)\right] +$$

$$+ m_j\left[\dot{v} + R\cos\alpha.\dot{\alpha} + \dot{\eta}_2 + \dot{\eta}_j\cos\beta - (\xi_j\cos\beta - \eta_j\sin\beta)\dot{\beta}\right].\left[-\dot{\eta}_j\sin\beta + \dot{\beta}(\xi_j\sin\beta + \eta_j\cos\beta)\right],$$

$$\frac{\partial T_j}{\partial \dot{\eta}_j} = \frac{\partial T_j}{\partial \dot{x}_j}\frac{\partial \dot{x}_j}{\partial \dot{\eta}_j} + \frac{\partial T_j}{\partial \dot{y}_j}\frac{\partial \dot{y}_j}{\partial \dot{\eta}_j} = \tag{2.2,44}$$

$$= m_j\left[\dot{v} + \dot{\xi}_0 + \dot{\xi}_2 - \dot{\eta}_j\sin\beta - (\xi_j\sin\beta + \eta_j\cos\beta)\dot{\beta}\right](-\sin\beta) +$$

$$m_j\left[\dot{v} + R\cos\alpha.\dot{\alpha} + \dot{\eta}_2 + \dot{\eta}_j\cos\beta + (\xi_j\cos\beta - \eta_j\sin\beta)\dot{\beta}\right](\cos\beta),$$

$$\frac{d}{dt}\frac{\partial T_j}{\partial \dot{\eta}_j} = m_j\left[-\ddot{v}\sin\beta + \ddot{v}\cos\beta - (\ddot{\xi}_0 + \ddot{\xi}_2)\sin\beta + R\ddot{\alpha}\cos\alpha\cos\beta\right. \tag{2.2,45}$$

$$\left. + \ddot{\eta}_2\cos\beta + \ddot{\eta}_j + \xi_j\ddot{\beta}\right] \quad - m_j\eta_j\dot{\beta}^2 +$$

$$+ m_j\left[\dot{v} + \dot{\xi}_0 + \dot{\xi}_2 - \dot{\eta}_j\sin\beta - (\xi_j\sin\beta + \eta_j\cos\beta)\dot{\beta}\right](-\dot{\beta}\cos\beta) +$$

$$m_j\left[\dot{v} + R\cos\alpha.\dot{\alpha} + \dot{\eta}_2 + \dot{\eta}_j\cos\beta + (\xi_j\cos\beta - \eta_j\sin\beta)\dot{\beta}\right](-\dot{\beta}\sin\beta),$$

$$\frac{\partial T_j}{\partial \eta_j} = m_j\left[\dot{v} + \dot{\xi}_0 + \dot{\xi}_2 - \dot{\eta}_j\sin\beta - (\xi_j\sin\beta + \eta_j\cos\beta)\dot{\beta}\right](-\dot{\beta}\cos\beta) + \tag{2.2,46}$$

$$m_j\left[\dot{v} + R\cos\alpha.\dot{\alpha} + \dot{\eta}_2 + \dot{\eta}_j\cos\beta + (\xi_j\cos\beta - \eta_j\sin\beta)\dot{\beta}\right](-\dot{\beta}\sin\beta) =$$

$$= \frac{\partial T_j}{\partial \dot{x}_j}\frac{\partial \dot{x}_j}{\partial \eta_j} + \frac{\partial T_j}{\partial \dot{y}_j}\frac{\partial \dot{y}_j}{\partial \eta_j},$$

2.3. Levé strany Lagrangeových rovnic

Vzhledem k platnosti vztahu (2.1,9) bude po úpravách

$$\frac{d}{dt}\frac{\partial T}{\partial \dot{\xi}_0} - \frac{\partial T}{\partial \xi_0} = \tag{2.3,1}$$

$$= \Big(m_v + \sum_{j=0}^{4} m_j\Big)(\ddot{\xi}_0 + \ddot{v}) - \frac{m_v R}{2}\sin\alpha . \ddot{\alpha} + \sum_{j=2}^{4} m_j \ddot{\xi}_2 +$$

$$\sum_{j=3}^{4} m_j\left[-\ddot{\eta}_j \sin\beta - \ddot{\beta}(\eta_j\cos\beta + \xi_j\sin\beta)\right] - \frac{m_v R}{2} . \dot{\alpha}^2$$

$$- \sum_{j=3}^{4} m_j\left[\dot{\eta}_j\dot{\beta}\cos\beta - \dot{\beta}^2(-\eta_j\sin\beta + \xi_j\cos\beta)\right],$$

$$\frac{d}{dt}\frac{\partial T}{\partial \dot{\alpha}} - \frac{\partial T}{\partial \alpha} =$$

$$= \Big(\frac{m_v}{2} + \sum_{j=0}^{4} m_j R\Big)\cos\alpha . \ddot{v} - \frac{m_v}{2} R(\ddot{\xi}_0 + \ddot{v})\sin\alpha \tag{2.3,2}$$

$$+ \Big[J_v + \frac{m_v R^2}{4} + \sum_{j=1}^{4} m_j R^2\cos^2\alpha\Big]\ddot{\alpha} + \sum_{j=2}^{4} m_j R\cos\alpha\, \ddot{\eta}_j +$$

$$+ \sum_{j=3}^{4} m_j R\left[\ddot{\eta}_j\cos\alpha\cos\beta + \ddot{\beta}\cos\alpha(\xi_j\cos\beta - \eta_j\sin\beta)\right]$$

$$+ \sum_{j=3}^{4} m_j R\cos\alpha . \left[-R\sin\alpha\,\dot{\alpha}^2 - 2\dot{\eta}_j\sin\beta . \dot{\beta} - (\xi_j\sin\beta + \eta_j\cos\beta)\dot{\beta}^2\right],$$

$$\frac{d}{dt}\frac{\partial T}{\partial \dot{\xi}_2} - \frac{\partial T}{\partial \xi_2} =$$

$$= \sum_{j=2}^{4} m_j(\ddot{v} + \ddot{\xi}_0 + \ddot{\xi}_2) + \sum_{j=3}^{4} m_j\Big[-\ddot{\eta}_j\sin\beta - \ddot{\beta}(\xi_j\sin\beta + \eta_j\cos\beta) - \tag{2.3,3}$$

$$- 2\dot{\eta}_j\dot{\beta}\cos\beta - (\xi_j\cos\beta - \eta_j\sin\beta)\dot{\beta}^2\Big],$$

$$\frac{d}{dt}\frac{\partial T}{\partial \dot{\eta}_2} - \frac{\partial T}{\partial \eta_2} = \sum_{j=2}^{4} m_j \left(\ddot{v} + R\cos\alpha\,\ddot{\alpha} + \ddot{\eta}_2 - R\sin\alpha\,.\,\dot{\alpha}^2\right) \tag{2.3,4}$$

$$+ \sum_{j=3}^{4} m_j \left[\ddot{\eta}_j \cos\beta + (\xi_j \cos\beta - \eta_j \sin\beta)\ddot{\beta} - 2\dot{\eta}_j \dot{\beta}\sin\beta - \dot{\beta}^2(\xi_j \sin\beta + \eta_j \cos\beta)\right]$$

$$\frac{d}{dt}\frac{\partial T}{\partial \dot{\beta}} - \frac{\partial T}{\partial \beta} = \sum_{j=3}^{4} m_j \left[(\ddot{v} + \ddot{\xi}_0 + \ddot{\xi}_2)(-\xi_j \sin\beta - \eta_j \cos\beta) + \xi_j \ddot{\eta}_j + \right. \tag{2.3,5}$$

$$\left. (\ddot{v} + R\cos\alpha\,.\,\ddot{\alpha} + \ddot{\eta}_2)(\xi_j \cos\beta - \eta_j \sin\beta)\right] + \left\{J_2 + \sum_{j=3}^{4}\left[m_j(\xi_j^2 + \eta_j^2) + J_j\right]\right\}\ddot{\beta} -$$

$$- \sum_{j=3}^{4} m_j \left[-R\sin\alpha\,\dot{\alpha}^2(\xi_j \cos\beta - \eta_j \sin\beta) + 2\dot{\eta}_j \dot{\beta}\,\eta_j\right],$$

Platí pro j=3,4

$$\frac{d}{dt}\frac{\partial T}{\partial \dot{\eta}_j} - \frac{\partial T}{\partial \eta_j} = m_j\left[-(\ddot{v} + \ddot{\xi}_0 + \ddot{\xi}_2)\sin\beta + (\ddot{v} + R\ddot{\alpha}\cos\alpha + \ddot{\eta}_2)\,. \right. \tag{2.3,6}$$

$$\left. .\cos\beta + \ddot{\eta}_j + \xi_j \ddot{\beta}\right] - m_j \eta_j \dot{\beta}^2 ,$$

V případě, že bude u nůžkového mechanizmu aplikována indikační páka, přibudou v Lagrangeových rovnicích další členy. Kinetická energie indikační páky je

$$T_{in} = \frac{1}{2} m_{in}\left[\left(\dot{v} + \dot{\xi}_0 - R_{in}\sin\varphi \frac{d\varphi}{d\alpha}.\dot{\alpha}\right)^2 + \left(\dot{v} + R_{in}\cos\varphi . \frac{d\varphi}{d\alpha}.\dot{\alpha}\right)^2\right] \tag{2.3,7}$$

$$+ \frac{1}{2} J_{in}\left(\frac{d\varphi}{d\alpha}\right)^2 . \dot{\alpha}^2 ,$$

$$\frac{\partial T_{in}}{\partial \dot{\xi}_0} = m_{in}\left[-R_{in}\frac{d\varphi}{d\alpha}\dot{\alpha}\sin\varphi + \dot{v} + \dot{\xi}_0\right] , \tag{2.3,8}$$

$$\frac{d}{dt}\frac{\partial T_{in}}{\partial \dot{\xi}_0} = m_{in}\left[\ddot{\xi}_0 + \ddot{v} - R_{in}\frac{d\varphi}{d\alpha}.\sin\varphi . \ddot{\alpha}\right] , \tag{2.3,9}$$

$$- m_{in} R_{in}\left[\frac{d^2\varphi}{d\alpha^2}\sin\varphi + \left(\frac{d\varphi}{d\alpha}\right)^2\cos\varphi\right]\dot{\alpha}^2$$

$$\frac{\partial T_{in}}{\partial \xi_0} = 0 , \tag{2.3,10}$$

$$\frac{\partial T_{in}}{\partial \dot{\alpha}} = m_{in} R_{in}\frac{d\varphi}{d\alpha}\left[-(\dot{v} + \dot{\xi}_0)\sin\varphi + \dot{v}\cos\varphi\right] \tag{2.3,11}$$

$$+ \left[J_{in} + m_{in} R_{in}^2 \left(\frac{d\varphi}{d\alpha}\right)^2\right]\dot{\alpha} ,$$

$$\frac{d}{dt}\frac{\partial T_{in}}{\partial \dot\alpha} = m_{in} R_{in} \frac{d\varphi}{d\alpha}\left[-(\ddot v + \ddot\xi_0)\sin\varphi + \ddot w\cos\varphi\right] + m_{in} R_{in}^2 \left(\frac{d\varphi}{d\alpha}\right)^2 \ddot\alpha + J_{in}\left(\frac{d\varphi}{d\alpha}\right)^2 \ddot\alpha + 2J_{in}\left(\frac{d\varphi}{d\alpha}\right)\frac{d^2\varphi}{d\alpha^2}\dot\alpha^2 + m_{in} R_{in}\dot\alpha\left\{\left[-\cos\varphi\left(\frac{d\varphi}{d\alpha}\right)^2\dot\alpha + \sin\varphi\frac{d^2\varphi}{d\alpha^2}\dot\alpha\right]\cdot\left(-R_{in}\sin\varphi\cdot\frac{d\varphi}{d\alpha}\right) + \left[-\sin\varphi\left(\frac{d\varphi}{d\alpha}\right)^2\dot\alpha + \cos\varphi\frac{d^2\varphi}{d\alpha^2}\dot\alpha\right]\cdot\left(R_{in}\cos\varphi\frac{d\varphi}{d\alpha}\right)\right\} + m_{in}\left(\dot v + \dot\xi_0 - R_{in}\sin\varphi\frac{d\varphi}{d\alpha}\dot\alpha\right)\cdot\frac{d}{d\alpha}\left(-R_{in}\sin\varphi\frac{d\varphi}{d\alpha}\right)\dot\alpha + m_{in}\left(\dot w + R_{in}\cos\varphi\frac{d\varphi}{d\alpha}\cdot\dot\alpha\right)\cdot\frac{d}{d\alpha}\left(R_{in}\cos\varphi\frac{d\varphi}{d\alpha}\right)\dot\alpha \, , \qquad (2.3,12)$$

$$\frac{\partial T_{in}}{\partial \alpha} = m_{in}\left(\dot v + \dot\xi_0 - R_{in}\sin\varphi\frac{d\varphi}{d\alpha}\cdot\dot\alpha\right)\frac{d}{d\alpha}\left(-R_{in}\sin\varphi\frac{d\varphi}{d\alpha}\right)\dot\alpha + m_{in}\left(\dot w + R_{in}\cos\varphi\frac{d\varphi}{d\alpha}\cdot\dot\alpha\right)\frac{d}{d\alpha}\left(R_{in}\cos\varphi\frac{d\varphi}{d\alpha}\right)\dot\alpha + J_{in}\frac{d\varphi}{d\alpha}\left[\frac{d}{d\alpha}\left(\frac{d\varphi}{d\alpha}\cdot\dot\alpha\right)\right] \, , \qquad (2.3,13)$$

Odtud pak je

$$\frac{d}{dt}\frac{\partial T_{in}}{\partial\dot\alpha} - \frac{\partial T_{in}}{\partial\alpha} = m_{in} R_{in}\left[-(\ddot v + \ddot\xi_0)\frac{d\varphi}{d\alpha}\sin\varphi + \ddot w\frac{d\varphi}{d\alpha}\cos\varphi\right] + \left(J_{in} + m_{in}R_{in}^2\right)\left(\frac{d\varphi}{d\alpha}\right)^2\ddot\alpha + \left(J_{in} + m_{in}R_{in}^2\right)\frac{d\varphi}{d\alpha}\frac{d^2\varphi}{d\alpha^2}\cdot\dot\alpha^2 . \qquad (2.3,14)$$

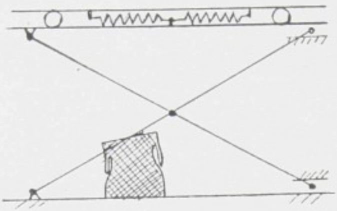
Výrazy (2.3,9) resp. (2.3,12) pak rozšíří levé strany (2.3,1) resp. (2.3,2)

2.4. Poznámka k druhé možnosti horizontální vibroizolace

V případě, že systém podélné horizontální vibroizolace je umístěn mezi nůžkovým mechanizmem a sedákem - viz obr.2.1) lze odvodit, že pravé strany pohybových rovnic, odvozené v odstavci (2.3) nedoznají podstatných změn:

V tomto případě platí pro střed nůžkového mechanizmu

$$x_n = v + \frac{R}{2}\cos\alpha \, , \qquad \dot x_n = \dot v - \frac{R}{2}\sin\alpha\cdot\dot\alpha \, ,$$
$$y_n = w + \frac{R}{2}\sin\alpha \, , \qquad \dot y_n = \dot w + \frac{R}{2}\cos\alpha\cdot\dot\alpha \, , \qquad (2.4,1)$$



Obr. 2.1

pro základnu horizontálního uložení

$$x_z = v \,, \qquad \dot{x}_z = \dot{v} \,, \qquad (2.4,2)$$
$$y_z = w + R\sin\alpha \,, \qquad \dot{y}_z = \dot{w} + R\cos\alpha \cdot \dot{\alpha} \,,$$

a pro sedák

$$x_1 = v + \xi_0 \,, \qquad \dot{x}_1 = \dot{v} + \dot{\xi}_0 \,, \qquad (2.4,3)$$
$$y_1 = w + R\sin\alpha + \eta_{10} \,, \qquad \dot{y}_1 = \dot{w} + R\cos\alpha \cdot \dot{\alpha} \,,$$

(neboli shodné vztahy s 2.1,6)

takže pak

$$T_n = T_n(\alpha, \dot{\alpha}, \dot{v}, \dot{w}) \,, \qquad (2.4,4)$$
$$T_z = T_z(\alpha, \dot{\alpha}, \dot{v}, \dot{w}) \,,$$
$$T_1 = T_1(\alpha, \dot{\alpha}, \dot{\xi}_0, \dot{v}, \dot{w})$$

a explicitně

$$T_n = \frac{1}{2} m_n \left(\dot{x}_n^2 + \dot{y}_n^2 \right) + \frac{1}{2} J_n \dot{\alpha}^2 \,, \qquad (2.4,5)$$

$$\frac{\partial T_n}{\partial \dot{\alpha}} = m_n \left(\dot{x}_n \frac{\partial \dot{x}_n}{\partial \dot{\alpha}} + \dot{y}_n \frac{\partial \dot{y}_n}{\partial \dot{\alpha}} \right) + J_n \dot{\alpha} =$$
$$= \frac{m_n R}{2} \left(\dot{w}\cos\alpha - \dot{v}\sin\alpha \right) + \left(J_n + \frac{m_n R^2}{4} \right) \dot{\alpha} \,, \qquad (2.4,6)$$

$$\frac{d}{dt}\frac{\partial T_n}{\partial \dot{\alpha}} = \frac{m_n R}{2}\left[\ddot{w}\cos\alpha - \ddot{v}\sin\alpha - \dot{\alpha}\left(\dot{w}\sin\alpha + \dot{v}\cos\alpha\right)\right] + \left(\frac{m_n R^2}{4} + J_n\right)\ddot{\alpha}, \quad (2.4,7)$$

$$\frac{\partial T_n}{\partial \alpha} = -\frac{m_n R}{2}\left(\dot{w}\sin\alpha + \dot{v}\cos\alpha\right), \quad (2.4,8)$$

$$T_z = \frac{1}{2} m_z\left(\dot{x}_{1z}^2 + \dot{y}_{1z}^2\right), \quad (2.4,9)$$

$$\frac{\partial T_z}{\partial \dot{\alpha}} = m_z\left(\dot{x}_z \frac{\partial \dot{x}_z}{\partial \dot{\alpha}} + \dot{y}_z \frac{\partial \dot{y}_z}{\partial \dot{\alpha}}\right) = m_z R\cos\alpha\left(\dot{w} + R\cos\alpha\cdot\dot{\alpha}\right), \quad (2.4,10)$$

$$\frac{d}{dt}\frac{\partial T_z}{\partial \dot{\alpha}} = m_z R\left[R\ddot{\alpha}\cos^2\alpha + \ddot{w}\cos\alpha - 2R\dot{\alpha}^2\sin\alpha\cos\alpha - \dot{\alpha}\dot{w}\sin\alpha\right], \quad (2.4,11)$$

$$\frac{\partial T_z}{\partial \alpha} = -m_z R\left[R\dot{\alpha}^2\sin\alpha\cos\alpha + \dot{\alpha}\dot{w}\sin\alpha\right], \quad (2.4,12)$$

$$T_{in} = \frac{1}{2} m_{in}\left(\dot{x}_S^2 + \dot{y}_S^2\right) + \frac{1}{2} J_{in}\dot{\varphi}^2 = \frac{1}{2} m_{in}\left[\dot{v}^2 + \dot{w}^2 + 2R_{in}\frac{d\varphi}{d\alpha}\left(\dot{w}\cos\varphi - \dot{v}\sin\varphi\right)\dot{\alpha}\right] + \left(\frac{1}{2} m_{in}R_{in}^2 + J\right)\left(\frac{d\varphi}{d\alpha}\right)^2\dot{\alpha}^2, \quad (2.4,13)$$

$$\frac{\partial T_{in}}{\partial \dot{\alpha}} = m_{in}R_{in}\frac{d\varphi}{d\alpha}\left(\dot{w}\cos\varphi - \dot{v}\sin\varphi\right) + J_{red}\left(\frac{d\varphi}{d\alpha}\right)^2\cdot\dot{\alpha}, \quad (2.4,14)$$

$$\frac{d}{dt}\frac{\partial T_{in}}{\partial \dot{\alpha}} = m_{in}R_{in}\left[\frac{d\varphi}{d\alpha}\left(\ddot{w}\cos\varphi - \ddot{v}\sin\varphi\right) + \left(\frac{d\varphi}{d\alpha}\right)^2\left(-\dot{w}\sin\varphi - \dot{v}\cos\varphi\right)\cdot\dot{\alpha} + \frac{d^2\varphi}{d\alpha^2}\dot{\alpha}\left(\dot{w}\cos\varphi - \dot{v}\sin\varphi\right)\right] + 2J_{red}\frac{d\varphi}{d\alpha}\frac{d^2\varphi}{d\alpha^2}\dot{\alpha}^2 + J_{red}\left(\frac{d\varphi}{d\alpha}\right)^2\cdot\ddot{\alpha}, \quad (2.4,15)$$

$$\frac{\partial T_{in}}{\partial \alpha} = m_{in}R_{in}\left[\dot{\alpha}\frac{d^2\varphi}{d\alpha^2}\left(\dot{w}\cos\varphi - \dot{v}\sin\varphi\right) + \dot{\alpha}\left(\frac{d\varphi}{d\alpha}\right)^2\left(-\dot{w}\sin\varphi - \dot{v}\cos\varphi\right)\right], \quad (2.4,16)$$

a odtud

$$\frac{d}{dt}\frac{\partial T_{iv}}{\partial \dot{\alpha}}-\frac{\partial T_{iv}}{\partial \alpha}=\left(m_{iv}R_{iv}^2+\mathcal{Y}\right)\left(\frac{d\varphi}{d\alpha}\right)^2\ddot{\alpha}+2\left(m_{iv}R_{iv}^2+\mathcal{Y}\right)\frac{d\varphi}{d\alpha}\frac{d^2\varphi}{d\alpha^2}\cdot\dot{\alpha}^2 \qquad (2.4,17)$$
$$+m_{iv}R_{iv}\frac{d\varphi}{d\alpha}\left(\ddot{w}\cos\varphi-\ddot{v}\sin\varphi\right),$$

Vztah (2.4,17) jsme odvodili za předpokladu, že horizontální vibroizolační stupeň je umístěn pod sedákem, zatímco (2.3,14) platí pro původní sestavu, t.j. horizontální vibroizolační stupeň je umístěn v dolní základně pružícího podstvce.

Porovnáme-li matice hmotnosti v případě horizontálního uložení pod sedákem s původní (viz příloha 1) je

$$A_{11}=\sum_{j=1}^{4}m_j \qquad (2.4,18)$$
$$A_{22}=J_v+\frac{m_v R^2}{4}+\left[m_z+(m_x-m_t)+\sum_{i=2}^{4}m_i\right]R^2\ddot{\alpha}\cos^2\alpha$$
$$A_{12}=A_{21}=0$$

ostatní členy jsou stejné.

2.5 Potenciální energie gravitačních sil

Potenciální energie je dána vztahem

$$U=U_v+\sum_{i=0}^{4}U_i=m_v g\, y_{iv}+\sum_{i=0}^{4}m_i g\, y_i \qquad (2.5,1)$$

při čemž je

$$y_0=-w_0'=\mathrm{const} \qquad (2.5,2)$$

při dosazení ze vztahů (1.2,1) klademe

$$w'=w_0'>0$$

aby nulová hladina potenciální energie byla v počátku souřadnic.

Je potom

$$
\begin{aligned}
y_0 &= -w_0 \\
y_{1\alpha} &= \frac{R}{2}\sin\alpha \\
y_1 &= R\sin\alpha + \eta_{1T} \\
y_2 &= R\sin\alpha + \eta_{1T} + \eta_{2T} + \eta_2 \\
y_3 &= R\sin\alpha + \eta_{1T} + \eta_{2T} + \eta_2 + \eta_3\cos\beta + \xi_3\sin\beta \\
y_4 &= R\sin\alpha + \eta_{1T} + \eta_{2T} + \eta_2 + \eta_4\cos\beta + \xi_4\sin\beta
\end{aligned}
\tag{2.5,3}
$$

Po dosazení do (2.5,1) obdržíme

$$
U = g\Big[m_{1\alpha}\frac{R}{2}\sin\alpha + \sum_{i=1}^{4} m_i(R\sin\alpha + \eta_{1T}) + \sum_{i=2}^{4} m_i\eta_2 + \sum_{i=3}^{4} m_i\eta_i\cos\beta + \sum_{i=3}^{4} m_i\xi_i\sin\beta\Big]
\tag{2.5,4}
$$

Dále je

$$
\frac{\partial U}{\partial \xi_0} = 0\,,\quad \frac{\partial U}{\partial \alpha} = \Big(\frac{m_{1\alpha}}{2} + \sum_{i=1}^{4} m_i\Big)R\cos\alpha \cdot g\,,\quad \frac{\partial U}{\partial \xi_2} = 0
\tag{2.5,5}
$$

$$
\frac{\partial U}{\partial \eta_2} = +\sum_{i=2}^{4} m_i g\,,\quad \frac{\partial U}{\partial \beta} = g\Big(-\sin\beta\sum_{i=3}^{4} m_i\eta_i + \cos\beta\sum_{i=3}^{4} m_i\xi_i\Big)
$$

$$
\frac{\partial U}{\partial \eta_3} = m_3 g\cos\beta \qquad \frac{\partial U}{\partial \eta_4} = m_4 g\cos\beta
$$

2.6. Obecný tvar pohybových rovnic

Na pravých stranách pohybových rovnic mechanického systému

$$
\begin{aligned}
&\frac{d}{dt}\frac{\partial T}{\partial \dot\xi_0} - \frac{\partial T}{\partial \xi_0} = -\frac{\partial U}{\partial \xi_0} + F_{\xi_0}\,, &\quad &\frac{d}{dt}\frac{\partial T}{\partial \dot\beta} - \frac{\partial T}{\partial \beta} = -\frac{\partial U}{\partial \beta} + M_\beta\,, \\
&\frac{d}{dt}\frac{\partial T}{\partial \dot\alpha} - \frac{\partial T}{\partial \alpha} = -\frac{\partial U}{\partial \alpha} + M_\alpha\,, &\quad &\frac{d}{dt}\frac{\partial T}{\partial \dot\eta_3} - \frac{\partial T}{\partial \eta_3} = -\frac{\partial U}{\partial \eta_3} + F_{\eta_3}\,, \\
&\frac{d}{dt}\frac{\partial T}{\partial \dot\xi_2} - \frac{\partial T}{\partial \xi_2} = -\frac{\partial U}{\partial \xi_2} + F_{\xi_2}\,, &\quad &\frac{d}{dt}\frac{T}{\partial \dot\eta_4} - \frac{\partial T}{\partial \eta_4} = -\frac{\partial U}{\partial \eta_4} + F_{\eta_4}. \\
&\frac{d}{dt}\frac{\partial T}{\partial \dot\eta_2} - \frac{\partial T}{\partial \eta_2} = -\frac{\partial U}{\partial \eta_2} + F_{\eta_2}\,, & &
\end{aligned}
\tag{2.6,1}
$$

Označíme F resp. M výsledné síly resp. momenty sil vazebních prvků (pružin, tlumičůreálných příp. modelovaných) a pasivních odporů.

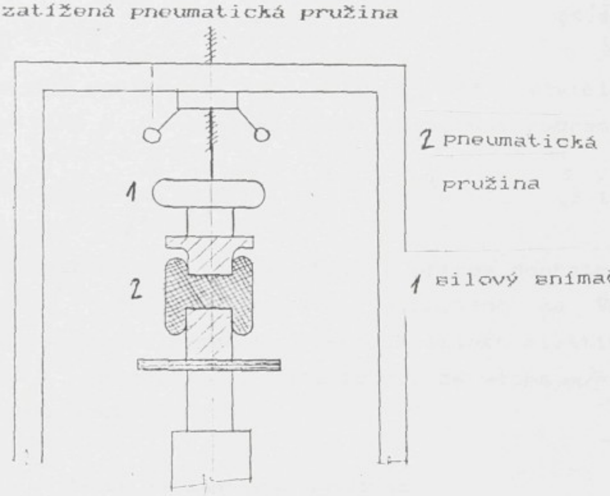
Principielně nejmenší potíže bude činit vyjádření $F_{\dot{\xi}_0}$, F_{η_3}, F_{η_4} (lineární tlumče a pružiny), značný problém představuje věrná náhrada viskoelastického materiálu F_{ξ_2}, F_{η_2}, M_δ; pro výsledný moment v ose úhlu α nůžkového mechanizmu platí

$$M_\alpha = M_{pneu}(\alpha, p) + M_{tt}(\alpha, \dot{\alpha}) + M_{dp}(\alpha, \dot{\alpha}) + M_{dt}(\alpha, \dot{\alpha}) + M_{pas}(\alpha, \dot{\alpha}) \qquad (2.6,2)$$

kde funkční závislosti momentu tlumiče $M_{tt}(\alpha, \dot{\alpha})$, dorazu pryžových bloků M_{dp}, dorazového tlumiče M_{dt} , M_{pas} jsou naznačeny. Připomeňme, že to nemusí být hladké resp. spojité funkce svých proměnných. Moment síly pneumatické pružiny je vázán na velikosti přetlaku p ; proto systém (2. 6,1) musí být doplněn o jednu resp. více (v případě příd. objemu) dif. rovnic , jež vyjadřují rovnováhu hmotnostních proudů vzduchu na vstupu resp. výstupu regulované pneumatické pružiny. V dalších kapitolách budou jednotlivé síly resp. momenty explicitně vyjádřeny.

3.0 VAZEBNÍ PRVKY PRVNÍHO VIBROIZOLAČNÍHO STUPNĚ

3.1 Osově zatížená pneumatická pružina



Obr. 3.1

Označíme-li

$S(p,\ell)$ efektivní plochu pneumatické pružiny

$V(p,\ell)$ její objem

p přetlak v pružině

ℓ délku pružiny

pak pro vertikálně zatíženou pružinu silou F platí

$$F = S(p,\ell) \cdot p \, , \tag{3.1,1}$$

$$V(p,\ell) = \int_{\ell_{00}}^{\ell} S(p,x)\, dx + V_0(p,\ell_{00}) \, , \tag{3.1,2}$$

kde V_0 je objem pružiny při základní délce ℓ_{00}

Pokud se týká závislosti efektivní plochy na obou proměnných

$$S = S(p,\ell) \, , \tag{3.1,3}$$

poznamenejme, že u některých vlnovcových pružin je efektivní plocha nezávislá na tlaku p , u některých hadicových pružin s válcovým pístem je naopak efektivní plocha nezávislá na délce ℓ , v obecném případě však předpokládáme závislost efektivní plochy S na obou proměnných. Při vyhodnocení měření tlaku p ,jemu odpovídající síle F při různých délkách vystačíme obvykle s aproximací závislosti (3.1,3) polynomem (m+n)tého stupně ve dvou proměnných

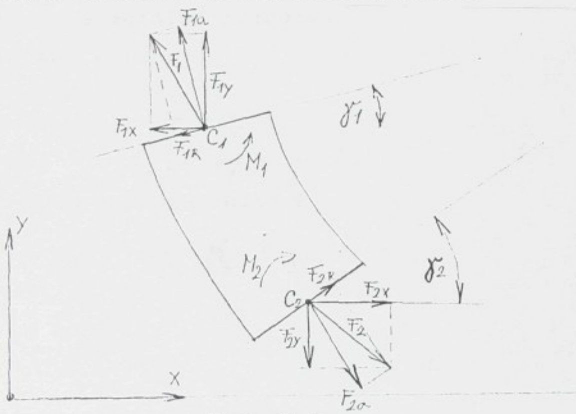
$$S(p,\ell) = \sum_{i=0}^{m}\sum_{j=0}^{n} S_{ij}\,\ell^{i} p^{j}, \qquad (3.1,4)$$

Stejně tak můžeme při určité základní délce ℓ_{00} měřit závislost objemu V na přetlaku p a výsledky opět zpracovat regresním polynomem

$$V_0(p,\ell_{00}) = \sum_{j=0}^{k} V_j\, p^{j}, \qquad (3.1,5)$$

Obvykle se ovšem snažíme o nejjednodušší a přitom dostatečně přesnou aproximaci. (V případě vzorku, vyvinutého na VŠST Liberec pro nový prototyp sedačky, není závislost efektivní plochy na přetlaku p výraznější a ukázalo se, že volba $m = 1$, $n = 2$, $k = 2$ je plně dostačující.)

3.2 Obecně zatížená pneumatická pružina



Obr. 3.2

Označme C_1, C_2 středy čel obecné zatížené pružiny,

F_1, F_2 síly působí v těchto bodech,

F_{1a}, F_{2a} jejich axiální složky,

F_{1R}, F_{2R} radiální složky,

M_1, M_2 přídavné ohybové momenty.

Pokud bychom považovali natlakovanou pneumatickou pružinu za tuhé těleso, platilo by

$$\vec{F_1} = \vec{F_2}, \qquad (3.2,1a)$$

$$\vec{M_1} = \vec{M_2} \qquad (3.2,1b)$$

a při rozepsání do složek

$$
\begin{aligned}
F_{1x} &= F_{R1}\cos\gamma_1 - F_{a1}\sin\gamma_1 , \\
F_{1y} &= F_{R1}\sin\gamma_1 + F_{a1}\cos\gamma_1 , \\
F_{2x} &= F_{R2}\cos\gamma_2 - F_{a2}\sin\gamma_2 , \\
F_{2y} &= F_{R2}\sin\gamma_2 + F_{a2}\cos\gamma_2
\end{aligned}
\qquad (3.2,2)
$$

a vzhledem k předpokladané platnosti (3.2,1,a)

$$F_{1x} = -F_{2x} \quad , \quad F_{1y} = -F_{2y} \ . \qquad (3.2,3)$$

Obecná poloha pružiny je charakterizována souřadnicemi bodů C_1, C_2 a úhly čel γ_1, γ_2.

Označme úhel γ_0 úhel spojnice bodů $\overline{C_1C_2}$ s kladným směrem osy x:

$$\mathrm{tg}\,\gamma_0 = \frac{C_{1y} - C_{2y}}{C_{1x} - C_{2x}} \qquad (3.2,4)$$

Mohou nastat dva speciální případy:

1. Případ čistého střihu:

$$
\begin{aligned}
&\gamma_1 = \gamma_2 \ , \\
&\mathrm{tg}\,\gamma_1 \,.\, \mathrm{tg}\,\gamma_0 \neq -1 \ .
\end{aligned}
\qquad (3.2,5)
$$

Přitom bude ohybový moment nulový:

$$M_1 = M_2 = 0 \ . \qquad (3.2,6)$$

2. Případ čistě axiálního zatížení

$$
\begin{aligned}
&\gamma_1 = \gamma_2 \ , \\
&\mathrm{tg}\,\gamma_1 \,.\, \mathrm{tg}\,\gamma_0 = -1 \ , \\
&M_1 = M_2 = 0 \ .
\end{aligned}
\qquad (3.2,7)
$$

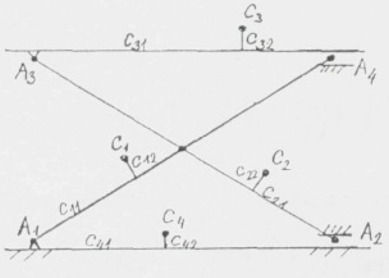
Vliv radiální složky a ohybového momentu byl sledován na speciálně vyvinutém zkušebním zařízení v SVÚSS - viz [2]. Ze záznamů vyplývá, že průběh hlavní, axiální složky se prakticky nezmění se sklonem čela a výstředností. Vedle tohoto pozitivního výsledku však vyplývá, že vliv radiální složky a

ohybového momentu není zcela zanedbatelný.
Aby mohly být tyto skutečnosti respektovány v příslušném matematickém modelu, bude zřejmě nutné experimenty opakovat, příp. rozšířit a určit závislosti

$$F_R = F_R(\overline{C_1C_2}, r_0, r_1, r_2, p),$$
$$M = M(\overline{C_1C_2}, r_0, r_1, r_2, p). \qquad (3.2,8)$$

V našich úvahách jsme bohužel nuceni zatím považovat účinek axiální složky za dominantní a vliv radiální složky a ohybového momentu nerespektovat. Nejen vzhledem k tomuto faktu, ale především vzhledem k zvětšenému namáhání materiálu pružiny při mimoosovém zatížení, lze doporučit takové konstrukce uložení pružiny, jež se od osového liší jen málo.

3.3 Pneumatická pružina umístěná v nůžkovém mechanizmu



Obr. 3.3

Označme obecné polohu středu základny pružiny body C_i, C_j - (i, j =1..4) - podle obr. 3.3,1. V úvahu přicházejí především kombinace:

1) mezi základ a rameno	i =1,2	j =4
2) mezi základ sedáku a rameno	i =3	j =1,2
3) mezi sedák a základ	i =3	j =4
4) mezi ramena	i =1,2	j =2,1

Označíme-li $\overline{C_iC_j}$ délku pružiny, je u prvních třech kombinací podmínka

$$\frac{d\,\overline{C_iC_j}}{d\alpha} > 0 \qquad (3.3,1)$$

nutná pro správnou funkci pružiny bez obtíží splnitelná, zatímco u poslední kombinace můžeme docílit i opačné nerovnosti než (3.3,1) a použít jedné pružiny jako tažné, druhé jako tlačné. Využití proměnnosti převodu (3.3,1) se jeví nejúčinnější u pružiny, jejíž efektivní plocha je podstatně závislá na délce. Tento efekt je podrobně zpracován v řadě prací katedry částí strojů VŠST Liberec. Vzhledem k označení na obr. 3.3,1 platí pro klouby

$$A_1[0, 0] \quad ; \quad A_2[R\cos\alpha, 0] \, ,$$
$$A_3[0, R\sin\alpha] \quad , \quad A_4[R\cos\alpha, R\sin\alpha] . \qquad (3.3,2)$$

a pro souřadnice možných úchytů

$$C_1[c_{11}\cos\alpha - c_{12}\sin\alpha, \; c_{11}\sin\alpha + c_{12}\cos\alpha] ,$$
$$C_2[R\cos\alpha - c_{21}\cos\alpha + c_{22}\sin\alpha, \; c_{21}\sin\alpha + c_{22}\cos\alpha] , \qquad (3.3,3)$$
$$C_3[c_{31}, \; R\sin\alpha + c_{32}] ,$$
$$C_4[c_{41}, c_{42}] .$$

Pro vzdálenost C_iC_j platí

$$\overline{C_iC_j} = \left[(c_{ix} - c_{jx})^2 + (c_{iy} - c_{jy})^2 \right]^{\frac{1}{2}} \qquad (3.3,4)$$

a pro derivace složek polohových vektorů podle α je

$$\frac{dC_{1x}}{d\alpha} = -c_{11}\sin\alpha - c_{12}\cos\alpha , \quad , \quad \frac{dC_{1y}}{d\alpha} = c_{11}\cos\alpha - c_{12}\sin\alpha ,$$

$$\frac{dC_{2x}}{d\alpha} = (-R\sin\alpha + c_{21}\sin\alpha + c_{22}\cos\alpha) , \quad \frac{dC_{2y}}{d\alpha} = c_{21}\cos\alpha - c_{22}\sin\alpha ,$$

$$\frac{dC_{3x}}{d\alpha} = 0 , \qquad \frac{dC_{3y}}{d\alpha} = R\cos\alpha , \qquad (3.3,5$$

$$\frac{dC_{4x}}{d\alpha} = 0 , \qquad \frac{dC_{4y}}{d\alpha} = 0 .$$

Při výpočtu momentu pružiny vycházíme ze dvou možných variant:

A. V bodech C_i, C_j působí síla ve směru spojnice $\overline{C_iC_j}$ - platí zejména pro kloubově uložené pružiny (viz práce Imaše Moskva) [ ], [ ], a.p.). V tomto případě jsou složky v bodech

$$\vec{F_{ci}} = [F_c \cdot i_x , F_c \, i_y] , \tag{3.3,6}$$

$$\vec{F_{cj}} = [-F_c i_x , -F_c \cdot i_y] . \tag{3.3,7}$$

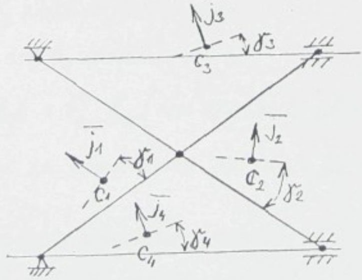
kde F_c je velikost síly vyvozované pneumatickou pružinou (popsaná v 3.1) a $[i_x, i_y]$, jsou složky jednotkového vektoru ve směru spojnice C_iC_j

$$i_x = \frac{c_{ix} - c_{jx}}{\overline{C_iC_j}} \qquad i_y = \frac{c_{iy} - c_{jy}}{\overline{C_iC_j}} \tag{3.3,8}$$

Virtuální práce pružiny v mechanizmu je

$$\begin{aligned} dA_{pruž} &= (\vec{F_{ci}}, d\vec{r_i}) + (\vec{F_{cj}}, d\vec{r_j}) = (\vec{F_{ci}}, d\vec{r_i}) - (\vec{F_{ci}}, d\vec{r_j}) = \\ &= (\vec{F_{ci}}, d\vec{r_i} - d\vec{r_j}) = \\ &= F_c \left[i_x \cdot \left(\frac{dc_{ix}}{dx} - \frac{dc_{jx}}{dx} \right) + i_y \cdot \left(\frac{dc_{iy}}{dx} - \frac{dc_{jy}}{dx} \right) \right] = M_{pruž} \, dx \end{aligned} \tag{3.3,9}$$

B. Síla pružiny působí kolmo na plochy pootočené obecně vzhledem k příslušné základně o úhel γ_i v kladném smyslu (proti směru hodinových ručiček - viz obr. 3.4 :



Obr. 3.4

Směrové kosiny normály k příslušné ploše jsou dány vztahy

$$\vec{j}_1\left[-\sin(\alpha+\gamma_1),\cos(\alpha+\gamma_1)\right],$$
$$\vec{j}_2\left[-\sin(-\alpha+\gamma_2),\cos(-\alpha+\gamma_2)\right],$$
$$\vec{j}_3\left[-\sin\gamma_3,\cos\gamma_3\right],\qquad (3.3,10)$$
$$\vec{j}_4\left[-\sin\gamma_4,\cos\gamma_4\right].$$

Protože síla tlačné pružiny působí vždy ve směru vnější normály, je nutné přisoudit směrovým kosinům pro případ dolního závěsu opačné znaménko.

Virtuální práce je dána vztahem (i-horní, j-dolní základna pružiny)

$$dA=(\vec{F}_{ci},d\vec{r}_i)+(\vec{F}_{cj},d\vec{r}_j)=F_c\left[(\vec{j}_i,d\vec{r}_i)-(\vec{j}_j,d\vec{r}_j)\right]=$$
$$=M_{pruž}\,d\alpha=r(\alpha).F_c\,d\alpha \qquad (3.3,11)$$

Uvedeme několik speciálních případů výpočtu (3.3,11)

a) zvláštním mechanizmem je zabezpečeno, že $\gamma_1=-\alpha$ (konstrukce SVÚSS, při čemž je pružina umístěna mezi body $C_1 C_4$. Pak je

$$\vec{j}_1\,[0,1],\quad \vec{j}_4\,[0,-1],\quad,\ d\vec{r}_4=0$$

a x-ová složka $d\vec{r}_1$ "nekoná" práci, (3.3,12)

$$dx_{14}=(c_{11}\cos\alpha-c_{12}\sin\alpha),\quad M=F.dx_{14}$$

b) je-li střed závěsu umístěn přímo na rameni a příslušný $\gamma_1=0$ pak

$$d\vec{r}_1\left[-R_c\sin\alpha,R_c\cos\alpha\right]d\alpha$$
$$j_{c1}\left[-\sin\alpha,\cos\alpha\right] \qquad (3.3,13)$$
$$dA=F_c\,R_c(\sin^2\alpha+\cos^2\alpha)d\alpha=M_\alpha d\alpha$$

(rameno momentu je nezávislé na úhlu α)

c) u posledního modelu sedačky Isring je pružina uchycena mezi body C_3 (horní závěs) a C_2 (spodní závěs). Pak je

Podle (3.3,11) je

$$\vec{J}_2\left[-\sin(-\alpha+\gamma_2),\ \cos(-\alpha+\gamma_2)\right],\quad \frac{dC_2}{d\alpha}\left[-R\sin\alpha+c_{21}\cos\alpha+c_{22}\sin\alpha,\ c_{21}\cos\alpha-c_{22}\sin\alpha\right],$$

$$\vec{J}_3\left[-\sin\gamma_3,\ \cos\gamma_3\right],$$

$$\frac{dC_3}{d\alpha}\left[0,\ R\cos\alpha\right],$$

$$M_{pneu}=F_c\cdot\Big\{R\left[\cos\alpha\cos\gamma_3-\sin\alpha\sin(-\alpha+\gamma_2)\right]-c_{21}\left[-\sin\alpha\cdot\sin(-\alpha+\gamma_2)+\cos(-\alpha+\gamma_2)\cos\alpha\right]-c_{22}\left[-\cos\alpha\cdot\sin(-\alpha+\gamma_2)-\sin\alpha\cdot\cos(-\alpha+\gamma_2)\right]\Big\}= \tag{3.3,14}$$

$$=F_c\cdot\left[R\left(\cos\alpha\cos\gamma_3-\sin\alpha\sin(-\alpha+\gamma_2)\right)-\left(c_{21}\cos\gamma_2+c_{22}\sin\gamma_2\right)\right].$$

a) konstrukce prototypu KAROSA - pružina umístěna mezi páku 1 a podstavec

$$\vec{J}_1\left[-\sin(\alpha+\gamma_1),\ \cos(\alpha+\gamma_1)\right],\quad \frac{dC_1}{d\alpha}\left[-c_{11}\sin\alpha-c_{12}\cos\alpha,\ c_{11}\cos\alpha-c_{12}\sin\alpha\right]$$

$$\vec{J}_4\left[0,\ 1\right],\quad \frac{dC_4}{d\alpha}\left[0,\ 0\right].$$

$$M_{pneu}=F\left[c_{11}\cos\gamma_1+c_{12}\sin\gamma_1\right].$$

3.4 Pneumatická pružina spojená s indikační pákou

Obr. 3.5

Na obr. 3.5 je naznačeno umístění pneumatické pružiny mezi základnu (bod C_4) a indikační páku (bod C_5). Jejich souřadnice jsou

$$C_5[c_{51}\cos\varphi - c_{52}\sin\varphi\,, c_{51}\sin\varphi + c_{52}\cos\varphi]\,, \quad (3.4,1)$$

$$C_4[c_{41}, c_{42}]\,, \quad (3.4,2)$$

a pro jednotkové vektory normál k základnám platí

$$j_5[-\sin\varphi, \cos\varphi] \quad , \quad j_4[0,-1] \quad (3.4,3)$$

a pro virtuální posuvy bodů C_4, C_5

$$d\vec{r}_4[0,0]$$

$$d\vec{r}_5[-(c_{51}\sin\varphi + c_{52}\cos\varphi)d\varphi\,, (c_{51}\cos\varphi - c_{52}\sin\varphi)d\varphi] \quad (3.4,5)$$

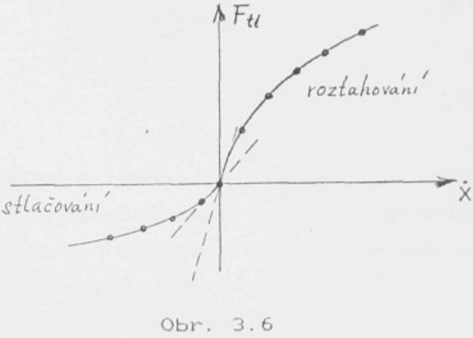
takže pro virtuální práci pružiny obdržíme

$$dA_{pruž} = F_c(\vec{j}_5, d\vec{r}_5) = c_{51}F_c . d\varphi = \left(c_{51}F_c\frac{d\varphi}{dx}\right).dx \quad (3.4,6)$$

a je tedy úměrná okamžité velikosti převodu $\frac{d\varphi}{dx}$.

3.5 Charakteristiky hydraulických tlumičů

Zaznamenáme-li při zvolené amplitudě harmonického kmitu a různých jeho frekvencích hodnotu tlumicí síly při jednotlivých maximálních rychlostech pístnice,



Obr. 3.6

obdržíme t.zv. statickou rychlostní charakteristiku, kterou můžeme dobře aproximovat polynomiální regresí zvlášť pro každou její větev

$$F_{tl} = \sum_{j=1}^{N} b_j(\mathrm{sign}\,\dot{x})\,\dot{x}^{j} \tag{3.5,1}$$

kde naznačenou závislostí zohledňujeme nesymetrii charakteristiky vzhledem k počátku.

Uvedená závislost je však pouze základní aproximací skutečné síly

$$\overline{F_{tl}} = F_{tl} + F_{pas}(\dot{x}) + F_{pol}(x) + F_{akt}(\dot{x},\ddot{x}) \tag{3.5,2}$$

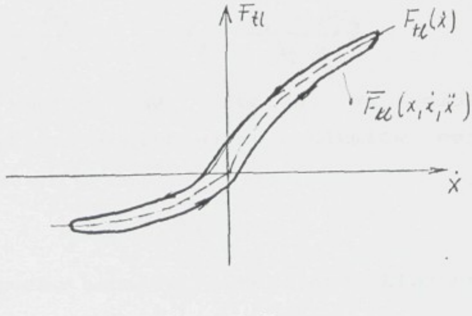
kde další sekundární složky mají tento význam:

F_{pas} je dána pasivními odpory pístu ve válci a pístnice ve vodítku a ucpávce,

F_{pol} je výrazná u jednopláštového tlumiče a představuje direkční sílu stlačeného plynu v akumulátoru,

F_{akt}. je dána zrychlením setrvačných hmot tlumiče

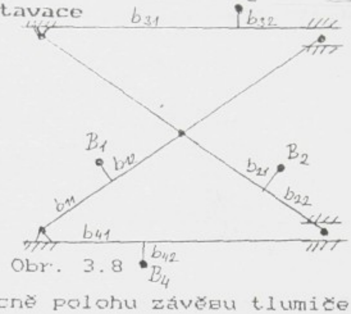
Všechny tyto sekundární složky způsobují hysterezi skutečné t.zv. dynamické rychlostní charakteristiky



Obr. 3.7

Zvláště identifikace poslední složky je velmi obtížná a vyžaduje přesné a náročné experimenty doprovázené simulacemi matematického modelu tlumiče. U jednopláštového tlumiče je tato problematika analyzována v práci [32].

3.6 Silový moment hydraulického tlumiči připojeného k mechanizmu podstavace



Obr. 3.8

Označíme-li B_i, B_j obecně polohu závěsu tlumiče (i,j = 1 , 4) podle obr.3.8, platí pro odvození analogické vztahy odst. 3.3:

$$
\begin{aligned}
&B_1 \left[b_{11}\cos\alpha - b_{12}\sin\alpha ,\ b_{11}\sin\alpha + b_{12}\cos\alpha \right], \\
&B_2 \left[R\cos\alpha - b_{21}\cos\alpha + b_{22}\sin\alpha ,\ b_{21}\sin\alpha + b_{22}\cos\alpha \right], \\
&B_3 \left[b_{31} ,\ R\sin\alpha + b_{32} \right] \quad , \quad B_4 \left[b_{41} , b_{42} \right].
\end{aligned}
\tag{3.6,1}
$$

V bodech B_i, B_j působí síla ve směru spojnice $\overline{B_iB_j}$; tlumič je kloubově uložen. Označíme-li F_{tl} sílu vyvozovanou tlumičem, analogicky vztahu (3.3,9) odvodíme

$$
M_{tl} = F_{tl} \left[i_x \left(\frac{dB_{ix}}{d\alpha} - \frac{dB_{jx}}{d\alpha} \right) + i_y \cdot \left(\frac{dB_{iy}}{d\alpha} - \frac{dB_{jy}}{d\alpha} \right) \right], \tag{3.6,2}
$$

kde

$$
i_x = \frac{b_{ix} - b_{jx}}{\overline{B_iB_j}} \quad , \quad i_y = \frac{b_{iy} - b_{jy}}{\overline{B_iB_j}} \tag{3.6,3}
$$

jsou směrové kosiny osy tlumiče. Na rozdíl od uložení pneumatické pružiny kontrolujeme u tlumiče nejen maximální a minimální délku

$$
l_{tl} = \overline{B_iB_j} , \tag{3.6,4}
$$

ale u dvojpášťového tlumiče rovněž jeho sklon od vertikály

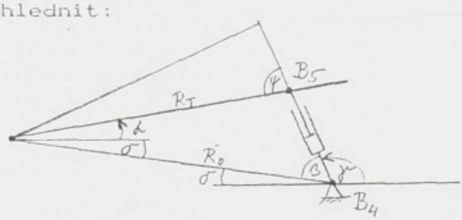
$$
\delta = \operatorname{arctg} \frac{b_{iy} - b_{jy}}{b_{ix} - b_{jx}} \tag{3.6,5}
$$

který nesmí překročit určitou hodnotu.

3.7 Zjednodušení odvozených vztahů ve zvláštním případě

V případě, kdy tlumič resp. kloubově uložená pneumatická pružina je uložena tak, že horní kloub je přímo na páce mechanizmu a spodní kloub na základu, můžeme vztahy odvozené v 3.3 resp. 3.6 zprůhlednit:

A. Tlumič



Obr. 3.9

pro lineární, resp. linearizovaný tlumič (při výpočtech stability),

$$
\begin{aligned}
dA_{tl} &= F_{tl}\left(j_x\, dB_{5x} + j_y\, dB_{5y}\right) = \\
&= F_{tl}\left[\frac{(B_{5x}-B_{4x})}{\overline{B_4B_5}}\, dB_{5x} + \frac{(B_{5y}-B_{4y})}{\overline{B_4B_5}}\, dB_{5y}\right] = \\
&= F_{tl}\left[\frac{(B_{5x}-B_{4x})\, d(B_{5x}-B_{4x}) + (B_{5y}-B_{4y})\, d(B_{5y}-B_{4y})}{\left[(B_{5x}-B_{4x})^2 + (B_{5y}-B_{4y})^2\right]}\right] = \\
&= F_{tl}\, d\left(\left[(B_{5x}-B_{4x})^2 + (B_{5y}-B_{4y})^2\right]^{\frac{1}{2}}\right) = F_{tl}\cdot\frac{dl}{d\alpha}\cdot d\alpha = \\
&= -b\cdot\frac{dl}{dt}\,\frac{dl}{d\alpha}\, d\alpha = -b\left(\frac{dl}{d\alpha}\right)^2 \dot{\alpha}\, d\alpha = M_{tl}\cdot d\alpha
\end{aligned}
\tag{3.7,1}
$$

Na druhé straně platí

$$M_{tl} = -b\,\dot{l}\, R_T \sin\psi = -R_T\, b \sin\psi\, \frac{dl}{d\alpha}\cdot\dot{\alpha} \tag{3.7,2}$$

$$l = \overline{B_4B_5} = \left[R_T^2 + R_0^2 - 2R_TR_0\cos(\alpha+\delta)\right]^{\frac{1}{2}} \tag{3.7,3}$$

$$\frac{dl}{d\alpha} = \frac{\frac{1}{2}\cdot 2R_TR_0\sin(\alpha+\delta)}{\left[R_T^2 + R_0^2 - 2R_TR_0\cos(\alpha+\delta)\right]^{\frac{1}{2}}} = \frac{R_TR_0\sin(\alpha+\delta)}{l} \tag{3.7,4}$$

Pro úhly na obr. 3.9 platí

$$
\begin{aligned}
\psi &= \alpha+\delta+\beta & \psi &= 180^\circ + \alpha - \mu \\
\beta &= 180^\circ - \mu - \delta & 180^\circ - \psi &= \mu - \alpha
\end{aligned}
\tag{3.7,5}
$$

Dále je

$$\frac{\sin(\alpha+\delta)}{\sin(180^0-\psi)} = \frac{l}{R_0},$$

$$\sin\psi = \frac{R_0 \sin(\alpha+\delta)}{l}, \qquad (3.7,6)$$

a po dosazení do (3.7,4)

$$\frac{dl}{d\alpha} = R_T \sin\psi \qquad (3.7,7)$$

a po dosazení do (3.7,1)

$$M_{tl} = -(R_T \sin\psi)^2 . b . \dot{\alpha} \qquad (3.7,8)$$

Vztah (3.7,7) umožňuje lehce určit převod v rovnovážné poloze

$$\left.\frac{dl}{d\alpha}\right|_0 = R_T \sin(\beta_0 - \alpha_0), \qquad (3.7,9)$$

B. Pneumatická pružina

Umístíme-li pneumatickou pružinu do stejného místa jako tlumič, odvodíme postupem (3.7,1) - (3.7,8)

$$M_{pneu} = F_{pneu} \cdot \frac{dl}{d\alpha}, \qquad (3.7,10)$$

při čemž platnost vztahu (3.7,9) zůstává. Rozvineme-li v rovnovážné poloze M_{pneu} v Taylorovu řadu, bude

$$M_{pneu} = M_{pneu\,0} + \left.\frac{\partial M_{pneu}}{\partial \alpha}\right|_0 . d\alpha + \left.\frac{\partial M_{pneu}}{\partial p}\right|_0 . dp =$$

$$= M_{pneu\,0} + \left.\frac{\partial M_{pneu}}{\partial l}\right|_0 . \frac{dl}{d\alpha} . d\alpha + \left.\frac{\partial M_{pneu}}{\partial p}\right|_0 dp = \qquad (3.7,11)$$

$$\frac{\partial M_{pneu}}{\partial l} = \frac{\partial F_{pneu}}{\partial l} . \frac{dl}{d\alpha} = c_{pneu} \frac{dl}{d\alpha} . \qquad (3.7,12)$$

Pro tuhostní člen v linearizovaném poruchovém systému příslušném (2.6,1)

$$\frac{\partial M_{pneu}}{\partial \alpha} = c_{pneu} \cdot \left(\frac{dl}{d\alpha}\right)_0^2 = c_{pneu} . R_T^2 \sin^2(\beta_0 - \alpha_0), \qquad (3.7,13)$$

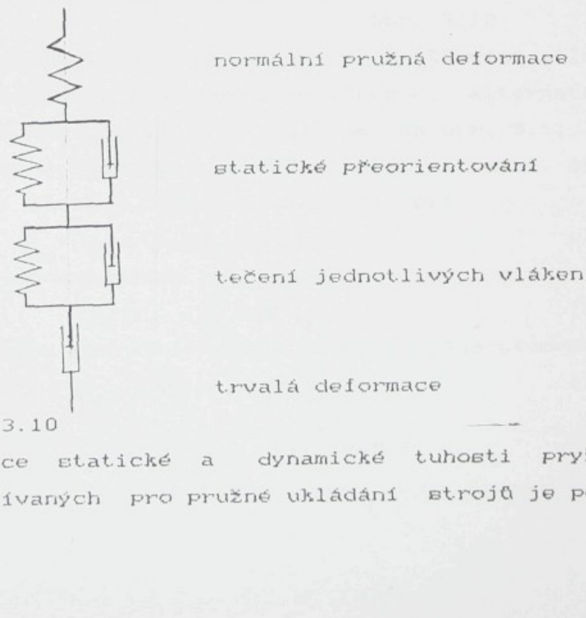
3.8 Dorazové pryžové bloky a jejich charakteristiky

Pro vymezení krajních poloh nůžkového mechanizmu se používají pryžové bloky jakožto progresivní tlačné pružiny s nezanedbatelným vnitřním (materiálovým) útlumem.

Pryž má vyjímečné mechanické a fyzikální vlastnosti, především schopnost značných deformací. Tyto deformace zahrnují v sobě vratné i nevratné procesy; nicméně při vhodném praktickém použití jsou to hlavně procesy vratné. Jejich pořadí je následující:

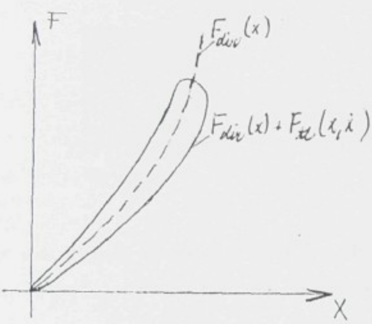
1. Nejprve normální pružná deformace, doprovázená změnou objemu a hromaděním energie napjatosti, tato složka následuje 10^{-12} - 10^{-14} sec od okamžiku T_o, kdy začalo působit napětí.
2. Další deformace, způsobená statickým přeorientováním molekul, aniž by došlo k přerušení sírových můstků mezi molekulami kaučuku a nastává 10^{-4} - 10^{-5} sec od okamžiku To.
3. Deformace vzniklá tečením jednotlivých vláknových molekul při porušení některých mezimolekulárních můstků - 10^{-3} až 10^{-2} sec.
4. Po porušení posledních míst svazků molekul dochází k čistému tečení a tím i trvalé deformaci.

V [37] je uveden následující schema.

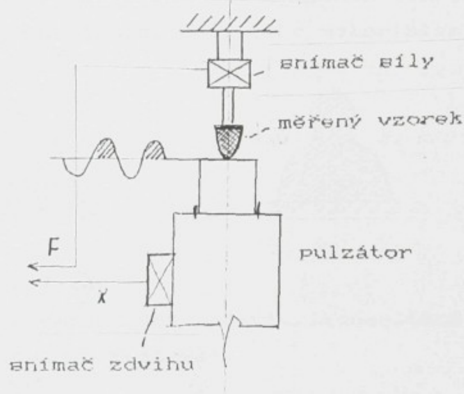


Obr. 3.10

Identifikace statické a dynamické tuhosti pryžových silenbloků používaných pro pružné ukládání strojů je podobně rozebráno v [17], výklad rozdílu statické a dynamické tuhosti je v originální práci [29]. Pryžové dorazové bloky však nepracují v ustálených režimech s danou frekvencí kmitání; přicházejí do funkce spíše vyjímečně, při identifikaci jejich vratné a tlumící síly se snažíme realizovat takové experimenty, které se reálným procesům budou co nejvíce blížit.



Obr. 3.11



Obr. 3.12

Schema experimentu a jeho záznam při zatěžování půlvlnami harmonického signálu s konstantní amplitudou, alternativně s různými frekvencemi (1), (2), (3) je na obr. 3.11, 3.12. V podstatě půjde o oddělení direkční složky, dané střední čarou od tlumící složky, způsobující hysterezi

$$F_{dor} = F_{dir}(x) + F_{tl}(x, \dot{x}). \tag{3.8,1}$$

Direkční složku aproximujeme polynomem

$$F_{dir}(x) = \sum_{i=1}^{n} a_i x^i \; ; \tag{3.8,2}$$

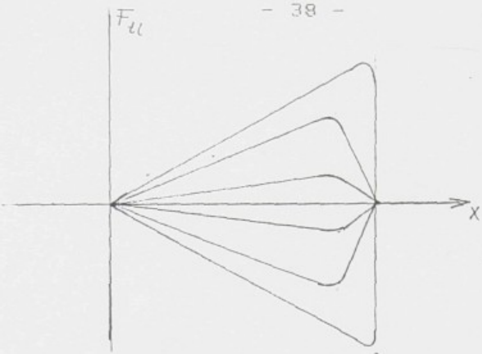
zobecníme-li známou charakteristiku materiálového tlumení

$$F_{tl} = k_D |x| \, sign \, \dot{x} \tag{3.8,3}$$

na

$$F_{tl} = k_D |x|^m . |\dot{x}|^n . sign \, \dot{x} \tag{3.8,3b}$$

můžeme podle návodu, vypracovaného v [38], určit hodnoty

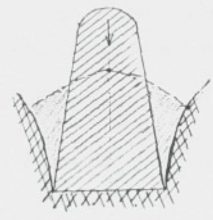


Obr. 3.13

Nelineární průběh direkční síly je především ovlivněn tvarem silentbloku viz obr. 3.14, průběh tlumící síly jeho materiálem.

Obr. 3.14

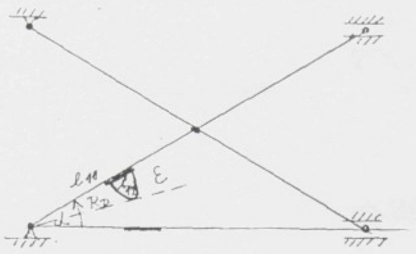
V současné době se jako perspektivní jeví (konsultace s vývoj. pracovištěm Gumokov Hradec Králové).



Obr. 3.15

tvarové opěry pryžového bloku, které jsou při dorazu postupně stlačenou gumou vyplněny; jejich předností proti předešlým je stálost charakteristiky direkční složky.

3.9 Moment síly dorazové pružiny



Obr. 3.16

Podmínkou správné funkce dorazové pružiny je, aby trajektorie dotykového bodu protínala kolmo dorazovou plochu; vzhledem k poměrně malým deformacím (několik mm) můžeme stlačení aproximovat závislostí

$$x = R_D . \operatorname{arc} \check{\alpha}, \quad \dot{x} = R_D . \dot{\alpha} \qquad \alpha \in \langle \alpha_{1D}, \alpha_{2D} \rangle \tag{3.9,1}$$

kde α_{1D} je úhel při němž dochází k dotyku,

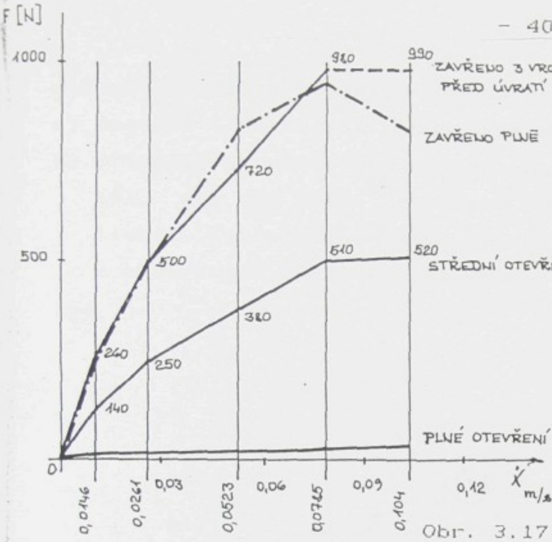
α_{2D} je úhel maximálního možného stlačení.

Pro moment síly dorazového pryžového bloku pak máme

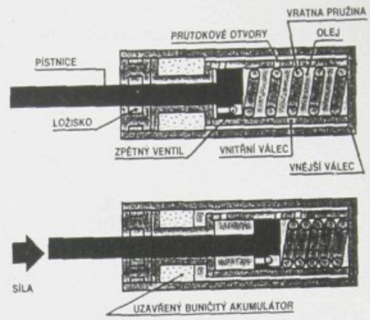
$$\begin{aligned} M_{dor} &= R_D \left(F_{Ddir} + F_{Dtl} \right) = \\ &= R_D \left(\sum_{i=1}^{N} a_i x^i + k_D |x|^m . |\dot{x}|^n . \operatorname{sign} \dot{x} \right) \end{aligned} \tag{3.9,2}$$

3.10 Dorazový tlumič a jeho charakteristiky

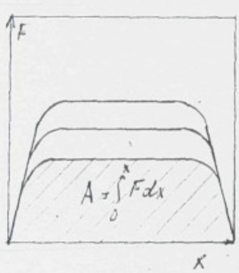
1. Regulovaný dorazový tlumič (obr. 3.17) s konstantním škrcením během zdvihu (má degresivní charakteristiku, znázorněnou pro vybrané čtyři stupně škrcení na obr. 3.17)



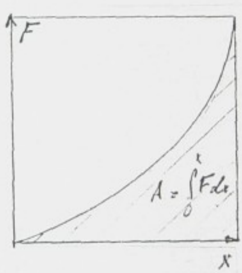
Obr. 3.17



Při rychlosti 0,08 ms^{-1} je charakteristika nasycená: Tlumič je samozřejmě jednočinný; tlumí pouze ve stlačovací fázi. Jeho zdvihová charakteristika (převzato s prospektu firmy) je na obr. 3.18



Obr. 3.18



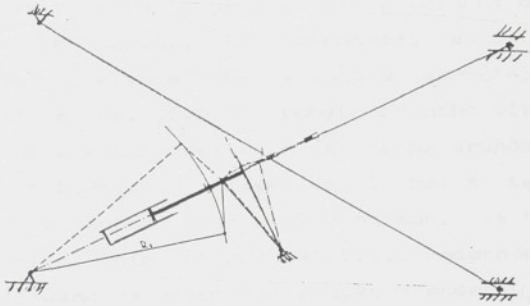
Obr. 3.19

2. Neregulovatelný progresivní dorazový tlumič. Zdvihová charakteristika je na obr. 3.19

Stejně jako v odst.3.5 můžeme popsat sílu tlumiče regresními polynomy. Aplikace dorazového tlumiče v pružícím mechanizmu má smysl tam, kde dochází k velkým relativním výchylkám sedačky vůči kabině (terénní nákladní automabily). Pokud chceme pomocí dorazového tlumiče zkvalitnit proces omezení pohybu v krajních plochách mechanizmu je možné

a) opatřit tlumiči jak horní, tak dolní doraz,

b) připojit k nůžkovému mechanizmu další mechanizmus, řešený tak, aby v obou krajních polohách stlačoval nárazový tlumič. Tento mechanizmus (viz obr.3.20) je podrobně popsán a analyzován v [5] a [33].



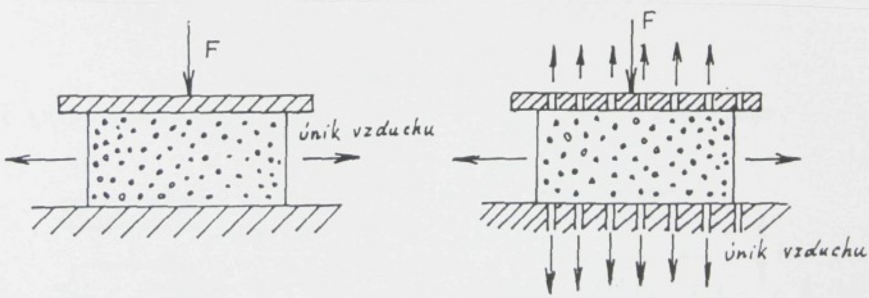
Obr.3.20

4.0 DRUHÝ VIBROIZOLAČNÍ STUPEŇ

4.1 Empirické poznatky

Pružné uložení těla řidiče na sedáku a opěráku má vedle fyziologických efektů, pocitu pohodlí, vhodného podepření dotykových partií těla i určitý vibroizolační efekt, jednak v oblasti velkých zdvihů, kdy přicházejí do funkce dorazové prvky prvního vibroizolačního stupně a samozřejmě také tam, kdy nedochází k relativnímu pohybu prvního vibroizolačního stupně. Jelikož vlastní frekvence zátěže na druhém stupni bývá podle hmotnosti řidiče v oblasti <6, 10 Hz> a tato oblast je navíc nejvíce chráněná hygienickou normou, je třeba věnovat i tomuto vibroizolačnímu stupni náležitou pozornost.

Pěny, používané na polštáře sedáku a opěráku, jsou tvořeny prostorovou sítí základního materiálu, která tvoří buňky naplněné vzduchem. Kanály mezi buňkami jsou různě velké, závisí na homogenitě zpěnění materiálu; v krajním případě jsou buňky zcela uzavřené. Při stlačování se vzduch vytlačuje od středních postupně až k volnému povrchu, při roztahování se nasává opačnou cestou.



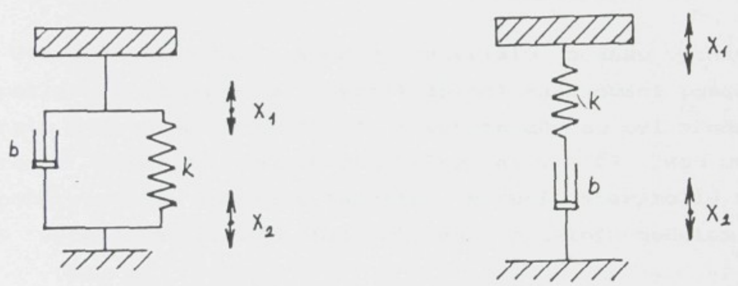
Obr. 4.1

Je dále patrné, že charakter těchto výměn bude záležet na prodyšnosti materiálu kompletního polštáře, příp. jen jeho částí (na př. aplikace prodyšného materiálu na opěrné plochy a neprodyšného na boky polšářů). Škrcení vzduchu při výměnách a patrně i vnitřní materiálové tlumení sedáku a opěráku je příčinou hystereze na zatěžovacích charakteristikách pěny. Konečně bylo zjištěno, že jak pružící tak i tlumící vlastnosti materiálu podstatně závisejí na velikosti statického předpětí.

4.2 Reologické modely viskoelastických materiálů

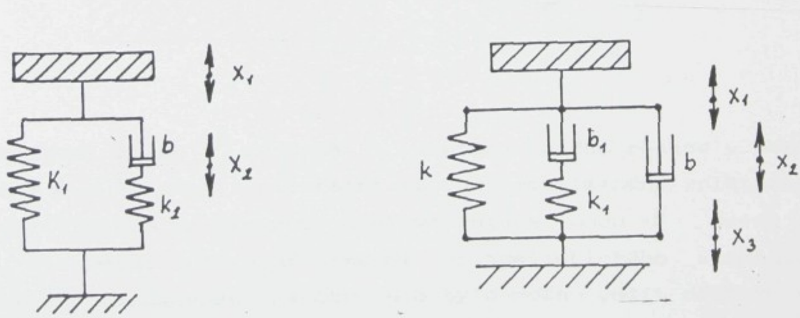
I. Při diskretizaci modelu druhého vibroizolačního stupně je možné postupovat analogicky jako v [17] u pryže: výběrem několikaparametrického modelu a z výsledků modelového experimentu provést identifikaci těchto parametrů.
Tyto modely jsou tvořeny sériovým a paralelním spojením lineárních a nelineárních pružin a tlumičů. Uvedeme některé známé

a) Voigt-Kelvinův b) Maxwelův



Obr. 4.2

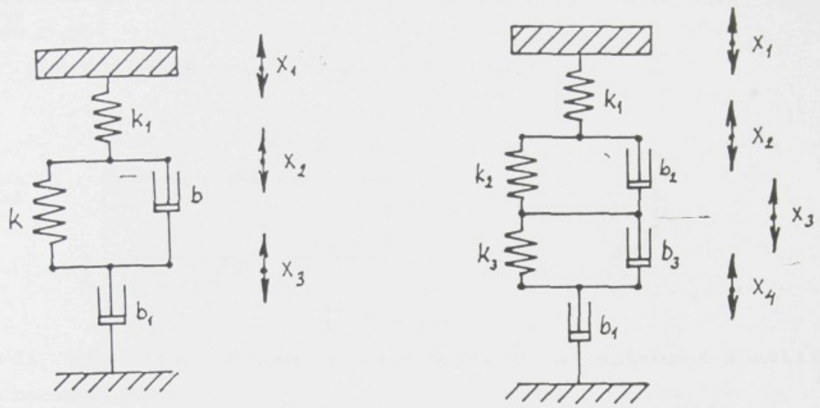
c(tříparametrický b) čtyřparametrický



Obr. 4.3

a) Tucketův

b) Holzmüllerův



Obr. 4.4

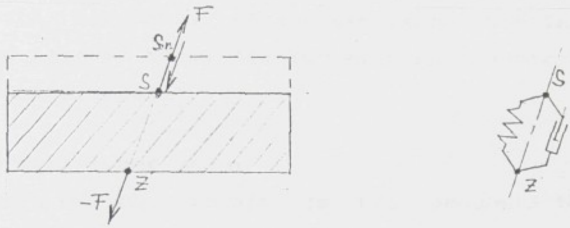
Uvedené diskrétní modely materiálu sedáku vycházely z předpokladu jeho osového (vertikálního) zatěžování (opěrák se z tohoto důvodu neuvažoval). A z tohoto důvodu byl předpoklad isotropie materiálu nezpochybnitelný a v [5] jsou uvedeny podrobné výsledky experimentálního šetření. Kterýkoliv ze tří druhů vyšetřovaných pěn byl nahrazen podélným modelem

Obr. 4.5

Při zatížení silou F v bodě S vznikne opačná reakce v bodě základny Z ; S_n značí neutrální polohu nezatíženého polštáře. Při vertikálním zatěžování zůstává poloha bodu Z pevná a jako diskrétní náhradní model viskoelastického elementu schematicky naznačeného na obr. 4.5 bylo možno volit některý z uvedených náhradních modelů.

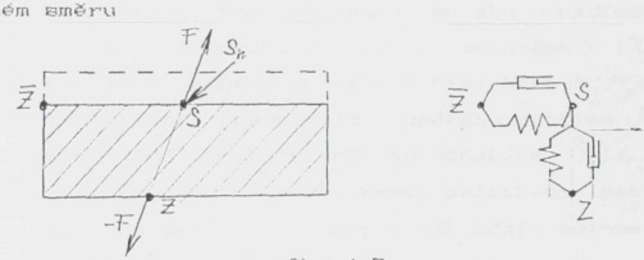
Pokládáme-li meteriál sedáku resp. opěráku za izotropní a uvažujeme-li deformaci v obecném směru, je určena poloha bodu $\bar{Z}$

směrem vektoru deformace $\overrightarrow{S_n S}$ (viz obr.4.6)



Obr.4.6

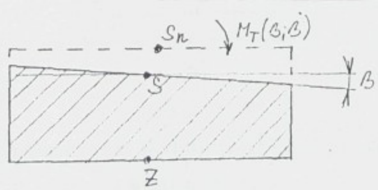
je-li materiál sedáku resp. opěráku anizotropní a zatížen v obecném směru



Obr.4.7

je určena poloha bodu $\bar{Z}$ smerem deformační síly, jejíž směr není obecně totožný se směrem vektoru deformace $\overrightarrow{SS_n}$. V tomto případě patrně nevystačíme s jedním náhradním elementem, ale dvěma, umístěnými v tečně a normále plochy polštáře.

Navíc může být pak sedák tak i opěrák skloněn (viz obr.4.8) a v tomto případě dochází ke vzniku torzního momentu



Obr.4.8

působícímu proti smyku úhlové výchylky β .

Respektování této skutečnosti nás vede ke dvěma alternativnám modelování:

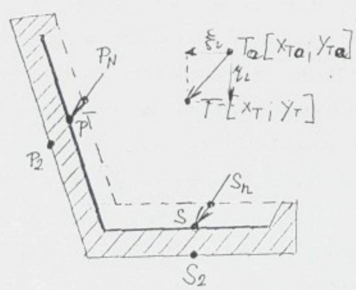
1) nahrazení pěny polštáře sedáku a opěráku diskrétními viskoelastickými elementy, jejichž počet a umístění bude respektovat buď izotropii nebo anizotropii materiálu - <u>separovaný model</u>,
2) kompletní nahrazení viskoelestického kontinua sedáku i opěráku zároveň třemi fiktivními viskoelastickými elementy - <u>integrovaný model</u>.

4.3 Separovaný model

U separovaného modelu je při posunutí těžiště zátěže $[\xi_z, \eta_z]$ a natočení zátěže o úhel β třeba stanovit změnu souřadnic reprezentativních bodů viskoelastických elementů.

Reprezentativní bod základny sedáku označíme $S_z[x_{sz}, y_{sz}]$, reprezentativní bod pružiny sedáku označíme S $[x_s, y_s]$ jeho stacionární polohu určenou velikostí tíhy hmot m_2, m_3, m_4 $S_0[x_{s0}, y_{s0}]$

Reprezentativní bod základy opěráku oznčíme $P[x_{pz}, y_{pz}]$, reprezentativní bod pružiny opěráku označíme P $[x_p, y_p]$, jeho stacionární polohu určenou velikostí přítažení popruhu tak, aby byla splněna $(\beta = 0)$ t.j. aby v základní poloze "seděla " dynamika zátěže svisle; $P_0[x_{p0}, y_{p0}]$



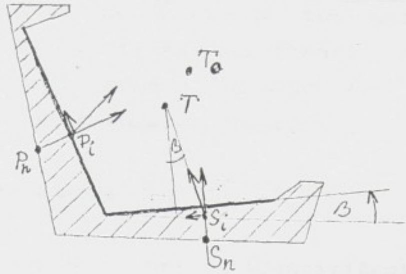
Obr. 4.9

Těžiště rámu se posune z polohy $T_0[x_{T0}, y_{T0}]$ do polohy T, takže pro souřadnice těžiště rámu zátěže platí

$$x_T = x_{T0} + \xi_z \qquad (4.3,1)$$

$$y_T = y_{T0} + \eta_z$$

a potom se rám dynamické zátěže otočí o úhel β :



Obr. 4.10

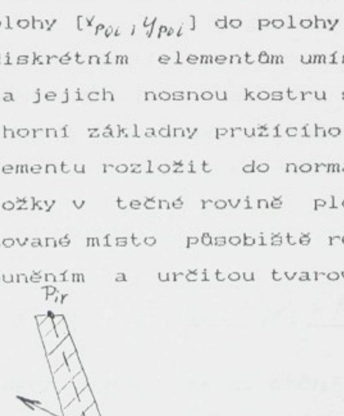
Při otočení zátěže kolem příčné osy procházející těžištěm zůstanou souřadnice těžiště zachovány a pro body S_i, P_i platí

$$\left\| \begin{matrix} x_{Si} \\ y_{Si} \end{matrix} \right\| = \left\| \begin{matrix} x_{T0} \\ y_{T0} \end{matrix} \right\| + \left\| \begin{matrix} \xi_2 \\ \eta_2 \end{matrix} \right\| + \left\| \begin{matrix} \cos\beta, & -\sin\beta \\ \sin\beta, & \cos\beta \end{matrix} \right\| \left\| \begin{matrix} x_{S0i} - x_{T0} \\ y_{S0i} - y_{T0} \end{matrix} \right\| .$$

$$\left\| \begin{matrix} x_{Pi} \\ y_{Pi} \end{matrix} \right\| = \left\| \begin{matrix} x_{T0} \\ y_{T0} \end{matrix} \right\| + \left\| \begin{matrix} \xi_2 \\ \eta_2 \end{matrix} \right\| + \left\| \begin{matrix} \cos\beta, & -\sin\beta \\ \sin\beta & \cos\beta \end{matrix} \right\| \left\| \begin{matrix} x_{P0i} - x_{T0} \\ y_{P0i} - y_{T0} \end{matrix} \right\| \qquad (4.3,2)$$

Reprezentativní body se posunou z polohy [x_{S0i}, y_{S0i}] do polohy [x_{Si}, y_{Si}] resp. z polohy [x_{P0i}, y_{P0i}] do polohy [x_{Pi}, y_{Pi}].

Abychom přisoudili diskrétním elementům umístěným mezi dosedací plochu polštářů a jejich nosnou kostru spojenou se souřadným systémem $0x_1y_1$ horní základny pružícího mechanizmu, musíme deformační sílu elementu rozložit do normálové složky (kolmé k ploše) a do složky v tečné rovině plochy. Pro tu ovšem obecně nemáme definované místo působiště reakce, která je potom zachycena čalouněním a určitou tvarovou pevností celého polštáře.

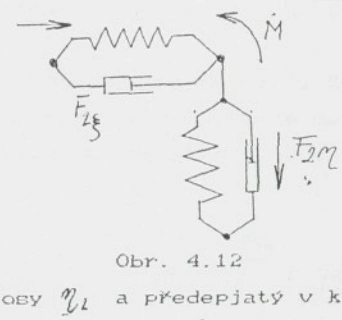


Obr. 4.11

Zatímco body S_{im}, P_{ix} mohou sloužit jako působiště reakce normálové složky, body S_{ir}, P_{ir} obecně tuto možnost nemají. To je, vedle problému statické nerčitosti náhrady, hlavně nedostatek separovaného modelu. Z uvedeného modelu se jeví smysluplné se dále tímto modelem nezabývat.

4.4 Integrovaný model

Naznačené potíže při identifikaci jednotlivých diskrétních vibroizolačních elementů se pokusíme odstranit následujícím modelem: kontinuální pružné uložení v sedáku a opěráku nahradíme třemi fiktivními elementy a sice:



Obr. 4.12

První je ve směru osy η_2 a předepjatý v klidu tíhou dynamické zátěže, druhý ve směru osy ξ_2, předepjatý spínacím pasem opěráku a třetí - torzní nepředepjatý.

Z empirických poznatků vyplývá, že tíha zátěže a jí příslušná výchylka ve směru η_2 bude ovlivňovat pružící a tlumící vlastnosti pěny polštářů nejen ve směru η_2 ale i ve směru ξ_2 případně i v úhlu β.

Oddělíme nejprve v každém směru direkční a tlumící složky

$$F_{2\xi} = F_{2\xi D} + F_{2\xi T} \quad , \quad F_{2\eta} = F_{2\eta D} + F_{2\eta T} \quad , \quad M_{2\beta} = M_{2\beta D} + M_{2\beta T} \qquad (4.4,1)$$

a podle výše uvedeného předpokládáme, že direkční složky jsou nelineárními funkcemi deformací v příslušných směrech s respektováním předpokladu o závislosti na η_2 :

$$F_{2\eta D} = \sum_{j=1}^{m_\eta} k_j \eta_2^{\,j} \qquad (4.4,2)$$

$$F_{2\xi D} = \sum_{i=1}^{m_\xi} \sum_{j=0}^{n_\xi} k_{\xi ij} \xi_2^i \eta_2^j \, , \quad M_{2\beta D} = \sum_{i=1}^{m_\beta} \sum_{j=0}^{n_\beta} k_{\beta ij} \beta^i \eta_2^j \qquad (4.4,3)$$

stejně tak předpokládáme, že pro tlumící složky můžeme psát

$$F_{2\xi T} = \sum_{i=0}^{M_\xi} \sum_{j=0}^{N_\xi} \sum_{k=1}^{L_\xi} b_{\xi ijk} \xi_2^i \eta_2^j \cdot \dot{\xi}_2^k \, , \quad F_{2\eta T} = \sum_{j=0}^{N_\eta} \sum_{k=1}^{L_\eta} \eta_2^j \dot{\eta}_2^k \cdot b_{\eta jk}$$

$$M_{2\beta T} = \sum_{i=0}^{M_\beta} \sum_{j=0}^{N_\beta} \sum_{k=1}^{L_\beta} b_{\beta ijk} \beta^i \eta_2^j \dot{\beta}^k \qquad (4.4,4)$$

Identifikace takto pojatého nelineárního Kelvinova modelu bude příliš náročná na rozsah a přesnost příslušných experimentů.

Omezíme-li se proto na předpoklad, že relativní odchylky η_2 jsou v průběhu pracovního režimu malé vůči stacionární hodnotě η_{2S} dané statickým zatížením, obdržíme místo (4.4,3) a (4.4,4)

$$F_{2\xi D} = \sum_{i=1}^{m_\xi} k_{\xi i}(\eta_{2S}) \xi^i \, , \quad M_{2\beta D} = \sum_{i=1}^{m_\beta} k_{\beta i}(\eta_{2S}) \beta^i \, , \qquad (4.4,5)$$

$$F_{2\xi T} = \sum_{i=0}^{M_\xi} \sum_{k=1}^{L_\xi} b_{\xi ij}(\eta_{2S}) \xi^i \dot{\xi}^k \, , \quad F_{2\eta T} = \sum_{k=1}^{L_\eta} b_{k\eta}(\eta_{2S}) \dot{\eta}_2^k \, ,$$

$$M_{2\beta D} = \sum_{i=0}^{M_\beta} \sum_{k=1}^{L_\beta} b_{\beta ik}(\eta_{2S}) \beta^i \dot{\beta}^k \qquad (4.4,6)$$

Tototo zjednodušeného způsobu se přidržíme; v [5]: naznačeno, že koeficienty jsou funkce statického předpětí, uvedená aproximace je možná jen v případech, kdy nedochází ke značnému přetížení nebo naopak značnému odlehčení druhého vibroizolačního stupně.

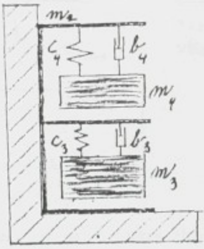
Řešením rovnice

$$F_{2\eta D} = \sum_{i=1}^{m_\eta} k_{\eta i} \eta_2^i = \sum_{j=2}^{4} m_i g \qquad (4.4,7)$$

vyjadřující statické zatížení sedáku, obdržíme hledanou hodnotu η_{ZS} která je parametrům koeficientů aproximačních polynomů (4.4,5) a (4.4,6).

4.5 Poznámka k realizaci dynamické zátěže

Návod vychází z doporučené normy ISO/DIS 5982 z r.1979; norma charakterizuje impedanci těla standardního řidiče a stanovuje hmotnosti m_3, m_4, tuhosti lineárních pružin c_3, c_4, útlumové konstanty symetrických lineárních tlumičů b_3, b_4, počítá ovšem z nehmotným rámem; rovněž požadavek nulových pasivních odporů je nereálný.



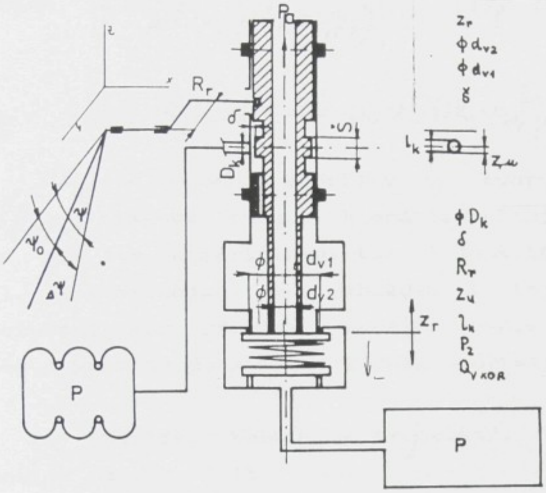
Obr. 4.13

Při konstrukčním návrhu bylo nutné minimalizovat hmotnost rámu m_2 a dodržet jeho vysokou tuhost a anatomické tvary dotykových ploch (podrobně viz [5]).

5.0 REGULACE PRVNÍHO VIBROIZOLAČNÍHO STUPNĚ

5.1 Polohový regulátor a některé jeho typy

A. U regulátoru ATESO (viz obr. 5.1)



z_r	zdvih vypouštěče
ϕd_{v2}	průměr odpouštěcího kanálu
ϕd_{v1}	průměr vstupního kanálu
$\check{s}$	šířka hrany šoupátka
ϕD_k	průměr kanálu šoupátka
δ	vůle šoupátka
R_r	výstřednost excentru
z_u	výška kruhové úseče kanálu
l_k	překrytí kanálu
P_2	tlak v zásobníku (absolutní)
$Q_{v\,KOR}$	hmotnostní průtok

Obr. 5.1a.

je trojcestný a zdvih šoupátka je mechanicky řízen relativním zdvihem nůžkového mechanizmu. Funkce je podrobně popsána na př. [1], [9]. Označíme-li ψ úhel ramínka regulátoru a $\bar{\bar{\psi}}$ jeho nulovou polohu, platí při správném nastavení pro zdvih šoupátka x_N

$$x_N = R_N \sin(\psi - \bar{\bar{\psi}}) \tag{5.1,1}$$

Vstup do regulačního obvodu je opatřen dvojitým zpětným ventilem, jehož dynamické vlastnosti nerespektujeme.

Funkce tohoto ventilu je podrobně popsána v [1], zde uvedeme nejpodstatnější vlastnosti. První stupeň škrcení je realizován v oblasti velmi malých zdvihů šoupátka a je dán překrytím jeho řídicí hrany, tento průtok budeme považovat za lineární; v oblasti $|x_N| \leq x_{Np}$

je

$$G_{kov} = \begin{cases} R_L(p_a - p) \\ R_L(p_z - p) \end{cases} \tag{5.1,2}$$

kde R_L je pneumatický odpor daný překrytím šoupátka. Pak se otvírá kruhový otvor, průtok považujeme za turbulentní.

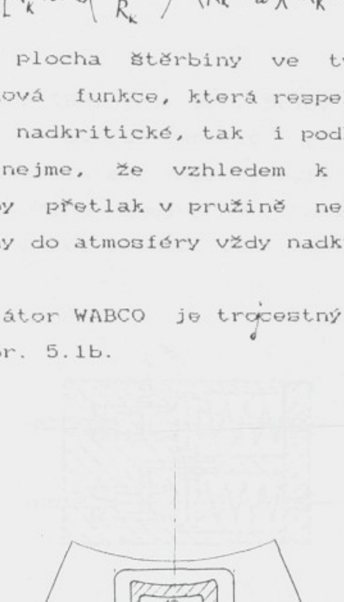
$$|x_v| > x_{np} \; ; \quad f(p, p_a, p_z) = \begin{cases} \left[\dfrac{2}{R_p T} \cdot p_z (p_z - p_a)\right]^{\frac{1}{2}}, & p_z < 2p \\ \left(\dfrac{1}{2 R_p T} \cdot p_z\right)^{\frac{1}{2}}; & p_z > 2p \\ \left(\dfrac{1}{2 R_p T} \cdot p\right)^{\frac{1}{2}}, & p > 2p_a \end{cases}$$

$$G = \mu \, S(x_v) f(p, p_a, p_z), \qquad (5.1,3)$$

$$S(x_w) = \left[R_k^2 \arccos\left(\frac{R_k - x_w}{R_k}\right) - (R_k - x_w)(2R_k - x_w)^{\frac{1}{2}}\right] \operatorname{sign} x_v ; \quad x_w = |x_v| - x_{np} \qquad (5.1,4)$$

kde $S(x_v)$ je plocha štěrbiny ve tvaru kruhové výseče a $f(p, p_a, p_z)$ tlaková funkce, která respektuje fakt, že proudění může být jak nadkritické, tak i podkritické (podrobně [1], [18]). Poznamenejme, že vzhledem k tomu, že je dodržováno doporučení, aby přetlak v pružině neklesl pod 0,2 MPa, bude výtok z pružiny do atmosféry vždy nadkritický.

B. Regulátor WABCO je trojcestný, schema jeho řídícího členu je na obr. 5.1b.



1-přívod

2-plnění

3-vypouštění

4-řídící hrana vypouštění

5-řídící hrana plnění

Obr. 5.1b

Hnací rameno je spojeno se segmentem, který překrývá při vychýlení z neutrální polohy tvarované kanálky. Regulátor má do určité výchylky $\overline{\varphi}_{n}$ pásmo necitlivosti (viz obr. 5.1d):

$$|\varphi| \leq \overline{\varphi}_{n} \qquad S_{\xi}(\varphi) = 0 \qquad (5.1,4)$$

Pro

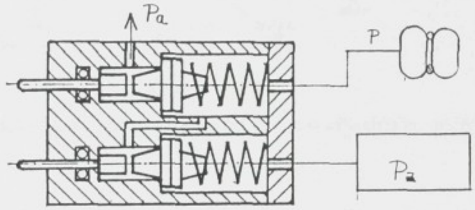
$$\overline{\psi}_n < |\psi| < \psi_1 \qquad (5.1,5)$$

- první regulační stupeň (kanálek konstantního průřezu) a pro

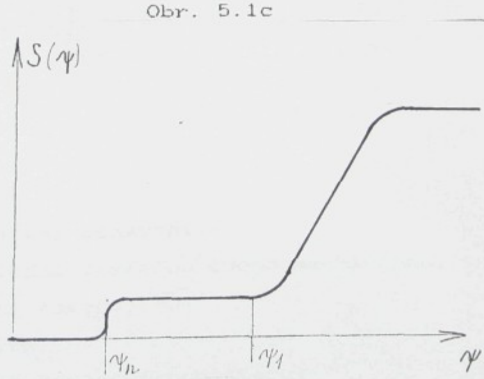
$$|\psi| > \psi_1 \qquad (5.1,6)$$

- druhý regulační stupeň ve tvaru kruhové úseče s proměnnou výškou.

C. Regulátor ISRI (viz obr. 5.1c) je konstrukčně proveden jako dvojice dvojcestných ventilů, přičemž každý z ventilů má reléovou charakteristiku. Pásmo necitlivosti v oblasti nulové polohy je vytvořeno dvojvačkou zabírající do stlačovacích dříků ventilů s malou úhlovou vůlí mezi vačkami.



Obr. 5.1c

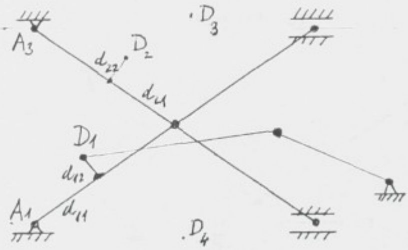


Obr. 5.1d

5.2 Náhon polohového regulátoru

I. Nejčastějším typem náhonu je čtyřkloubový mechanizmus; regulátor je upevněn obvykle na dolní nebo horní základně pružícího podstavce a hnací kloub je na některém z ramen nůžkového mechanizmu.

Označíme-li (analogicky odst. resp. odst.) souřadnice kloubů vzhledem k bodům A_1, A_3 resp. k rameni (1) a (2) d_{ij}, i =1,2 ramena, i =3 horní, i =4 spodní – základna viz obr. (5.2)



Obr. 5.2

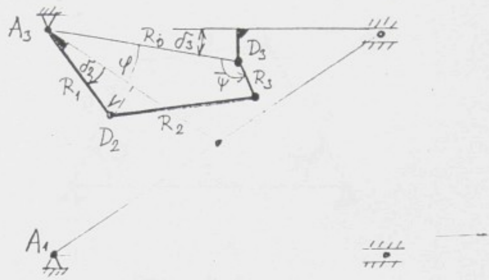
platí pro souřadnice v základním souřadným systému spojeném s dolní základnou.

$$D_1\left[d_{11}\cos\alpha - d_{12}\sin\alpha,\ d_{11}\sin\alpha + d_{12}\cos\alpha\right],$$
$$D_2\left[R\cos\alpha - d_{21}\cos\alpha + d_{22}\sin\alpha,\ d_{21}\sin\alpha + d_{22}\cos\alpha\right],$$
$$D_3\left[d_{31},\ R\sin\alpha + d_{32}\right],$$
$$D_4\left[d_{41}, d_{42}\right]. \tag{5.2,1}$$

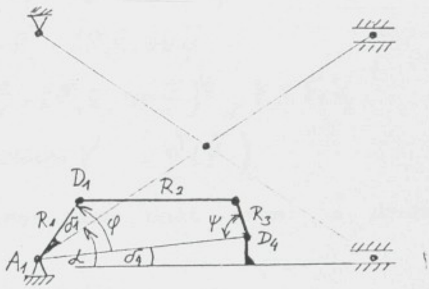
Zavedeme standartní označení:

- R_0 - základna čtyřkloubového mechanizmu,
- R_1 - hnací rameno,
- R_2 - ojnice,
- R_3 - hnané rameno (regulátoru).

Na obr. (5.3a) a (5.3b) jsou obvyklá schemata zapojení



Obr. 5.3a



Obr. 5.3b

Abychom mohli převést úlohu na známé řešení čtyřkloubového mechanizmu je třeba zavést pomocné úhly:

$$\delta_2 = \mathrm{arctg}\left[d_{22}(R-d_{21})^{-1}\right], \quad \delta_3 = \mathrm{arctg}\left[d_{32}\cdot d_{31}^{-1}\right], \qquad (5.2,2a)$$

$$\delta_1 = \mathrm{arctg}\left(d_{12}\cdot d_{11}^{-1}\right), \quad \delta_4 = \mathrm{arctg}\left(d_{42}\cdot d_{41}^{-1}\right), \qquad (5.2,2b)$$

takže pro hnací úhel $\bar{\varphi}$ a hnaný úhel $\bar{\psi}$ platí

a) $$\alpha - \delta_3 = \bar{\varphi} - \delta_2, \quad \bar{\psi} = \psi - (90^\circ - \delta_3),$$

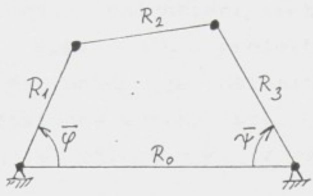
$$R_0 = \left(d_{31}^2 + d_{32}^2\right)^{\frac{1}{2}}, \quad R_1 = \left[(R-d_1)^2 + d_{22}^2\right]^{\frac{1}{2}}, \qquad (5.2,3a)$$

b) $$\alpha - \delta_4 = \bar{\varphi} - \delta_1, \quad \bar{\psi} = \psi + (90 - \delta_4)$$

$$R_0 = \left(d_{41}^2 + d_{42}^2\right)^{\frac{1}{2}}, \quad R_1 = \left(d_{11}^2 + d_{12}^2\right)^{\frac{1}{2}} \qquad (5.2,3b)$$

V obou případech je délka raménka regulátoru R_3.

Kinematické řešení mechanizmu je známé na př. [28]:



Obr. 5.4

$$U = R_1 \sin\overline{\varphi} \quad , U_2 = R_0 - R_1 \cos\overline{\varphi} \ , \ U = U_1 . U_2^{-1} \tag{5.2,4}$$

$$V_1 = R_3^2 - R_2^2 + R_0^2 - R_1^2 - 2R_0R_1\cos\overline{\varphi}$$
$$V_2 = 2R_3\left(R_0^2 + R_1^2 - 2R_0R_1\cos\overline{\varphi}\right)^{\frac{1}{2}} , \ V = V_1 V_2^{-1}$$
$$\overline{\psi} = \operatorname{arctg} U + \arccos V \quad = \overline{\psi}(\overline{\varphi}) \tag{5.2,5}$$

Vedle toho potřebujeme znát první a druhou derivaci této závislosti

$$\frac{dU_1}{d\overline{\varphi}} = R\cos\overline{\varphi} \quad , \quad \frac{dU_2}{d\overline{\varphi}} = R\sin\overline{\varphi}$$
$$\frac{dV_1}{d\overline{\varphi}} = 2R_0R_1\sin\overline{\varphi} \ , \ \frac{dV_2}{d\overline{\varphi}} = \left(R_0^2 + R_1^2 - 2R_0R_1\cos\overline{\varphi}\right)^{-1} R_0R_1\sin\varphi \tag{5.2,7}$$

$$\frac{dU}{d\varphi} = U_2^{-2}\left(\frac{dU_1}{d\overline{\varphi}}U_2 - \frac{dU_2}{d\overline{\varphi}}U_1\right) \ , \ \frac{dV}{d\varphi} = V_2^{-2}\left(\frac{dV_1}{d\overline{\varphi}}V_2 - \frac{dV_2}{d\overline{\varphi}}V_1\right)$$

$$\frac{\partial\overline{\psi}}{\partial U} = \left(1 + U^2\right)^{-1} \quad , \quad \frac{\partial\overline{\psi}}{\partial V} = \left(1 - V^2\right)^{-\frac{1}{2}} \tag{5.2,7}$$
$$\frac{d\overline{\psi}}{d\overline{\varphi}} = \frac{\partial\overline{\psi}}{\partial U}.\frac{dU}{d\overline{\varphi}} + \frac{\partial\overline{\psi}}{\partial V}.\frac{dV}{d\overline{\varphi}}$$

Vzhledem k platnosti (5.2,3a) a (5.2,3b) je

$$\frac{d\psi}{dx} = \frac{d\overline{\psi}}{d\overline{\varphi}} \tag{5.2,8}$$

Průběh převodu

$$\frac{d\psi}{d\alpha} = \frac{d\psi}{d\alpha}(\alpha) \tag{5.2,9}$$

je důležitou závislostí, charakteristickou pro určitý typ regulátoru, kterou musí mít projektant na zřeteli. Poznamenejme dále, že někdy je důležité znát i derivaci převodu, t.j. $\frac{d^2\psi}{d\alpha^2}$, příslušné vztahy jsou odvozeny na př. v [5]

Při určité hodnotě úhlu $\psi = \bar{\bar{\psi}}$ je regulátor nastaven do nulové polohy.

Výškové přestavení se realizuje několika způsoby:

a) změnou délky ojnice R_2 ,

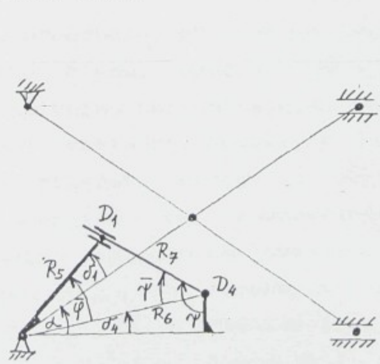
b) posunem regulátoru t.j. změnou souřadnice bodu D_4 ,

c) otočením základny regulátoru o určitý úhel.

V každém z těchto případů dojde při přestavení k porušení rovnovážné polohy, t.j. změně úhlu ψ_0 , kterému odpovídá přestavený úhel nůžek a_0. V tomto případě je možné řešit i inversní úlohu: záměnou R_1 za R_2 a $\bar{\psi}$ za $\bar{\varphi}$ - řešit při použití stejných vztahů závislosti

$$\bar{\varphi} = \bar{\varphi}(\bar{\psi}) \qquad \text{resp.} \qquad \frac{d\bar{\varphi}}{d\bar{\psi}} = \frac{d\bar{\varphi}}{d\bar{\psi}}(\bar{\psi}) \tag{5:2,10}$$

II. Můžeme použít i tříkloubového mechanizmu s jednou obecnou kinematickou dvojicí - viz obr. 5.5
(náhon prototypu PIKAZ 1989)



Obr. (5.5)

S využitím příslušných platných vztahů (5.2,2) pro δ_1 a δ_4 je

$$\varphi = \alpha + \delta_1 - \delta_4, \qquad \bar{\varphi} = \varphi - 90^0 + \delta_4,$$
$$R_5 = (d_{11}^2 + d_{12}^2)^{\frac{1}{2}}, \qquad R_6 = (d_{41}^2 + d_{42}^2),$$
$$R_4 = (R_5^2 + R_6^2 - 2R_5R_6\cos\bar{\varphi})^{\frac{1}{2}}, \tag{5.2,11}$$

$$\frac{\sin\bar{\psi}}{\sin\bar{\varphi}} = \frac{R_5}{R_4}, \quad W = \frac{R_5\sin\bar{\varphi}}{(R_5^2 + R_6^2 - 2R_5R_6\cos\bar{\varphi})^{\frac{1}{2}}}, \tag{5.2,12}$$
$$\bar{\psi} = \arcsin W,$$

$$\frac{d\bar{\psi}}{d\bar{\varphi}} = \frac{dW}{d\bar{\varphi}}\cdot(1-W^2)^{-\frac{1}{2}}, \quad \frac{dV}{d\varphi} = \left(R_5R_4\cos\bar{\varphi} - \frac{1}{2}R_4^{-1}R_6R_5^2\sin^2\varphi\right)\cdot R_4^{-2} \tag{5.2,13}$$

Aby měla závislost (5.2,13) symetrický průběh na $\bar{\varphi}$, je třeba dodržet pro $\bar{\varphi} = 0$

$$W(0) = 0, \quad R_4(0) = R_6 - R_5, \tag{5.2,14}$$

$$\left.\frac{dW}{d\bar{\varphi}}\right|_{\bar{\varphi}=0} = \frac{R_5}{R_6 - R_5} \tag{5.2,15}$$

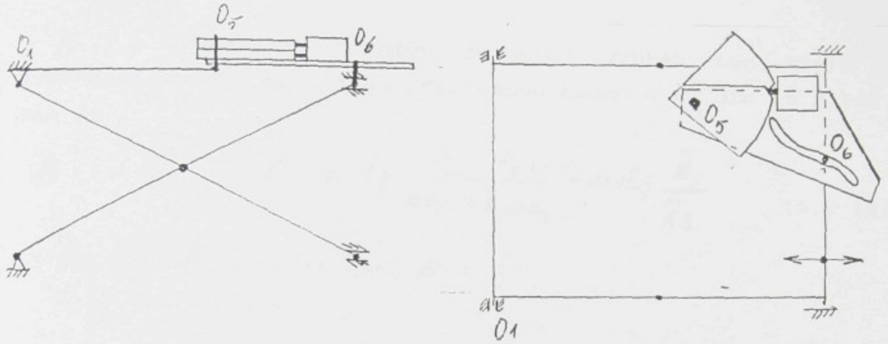
III. Na rozdíl od předcházejích náhonů, využívajících ramene nůžek jako hnacího členu, využívá náhon posledního modelu sedačky Isring relativního horizontálního posuvu čepu nůžek v drážce vůči horní základně. Speciální mechanizmus má dvě kruhové vačky se šikmými zářezy a vůlí, takže vytváří v závislosti na odchylce od rovnovážné polohy reléovou charakteristiku zdvihu regulačního dvojventilu (viz obr. 5.8) s vůlí. Čep trojúhelníkového ramene s vodící drážkou je rovnoběžný s osou y a jeho souřadnice jsou

$$O_5\,[\,l_{5x},\ R\sin\alpha,\ l_{5z}\,], \quad l_{5x},\ l_{5z} = \text{konst}$$

souřadnice vodící kuličky na vodorovné ose procházející čepem O_3 jsou

$$O_6\,[\,R\cos\alpha,\ R\sin\alpha,\ l_{6z}\,] \quad l_{6z} = \text{konst}.$$

Nastavení výšky sedačky se realizuje natočením trojúhelníkového segmentu kolem bodu O_5.

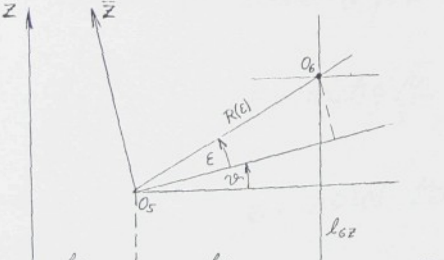


Obr.5.8

Pro analytické řešení převodových poměrů zavedeme souřadný systém $O_5\bar{x}\bar{z}$ se středem v bodě O_5 a pootočený o úhel ϑ vzhledem k O_x ; nahradíme křivku drážky kulového čepu regresním polynomem

$$\bar{z} = P(\bar{x}) = \sum_{i=0}^{n} a_i \bar{x}^i, \quad \bar{R} = \left(\bar{x}^2 + \bar{z}^2\right)^{\frac{1}{2}} \qquad (5.2,16)$$

n-tého stupně (při odměření 10 bodů plně vyhovovalo n = 5. Zde poznamenejme, že parametrizace křivky polárními souřadnicemi a její náhrada regresním polynomem vedla na příliš vysoký stupeň polynomu a tím i počet změřených bodů). Platí



$$\bar{x} = \bar{R}\cos\varepsilon,$$
$$\bar{z} = \bar{R}\sin\varepsilon,$$
$$(5.2,17)$$
$$l_{5x} = R\cos\alpha - \bar{R}\cos(\varepsilon+\vartheta),$$
$$l_{6z} - l_{5z} = \bar{R}\sin(\varepsilon+\vartheta).$$

Přitom je nutné řešit obě následující úlohy:

a) Dán úhel α_S, určit úhel ϑ :

$$\bar{x}^2 + \bar{\kappa}^2 = \bar{x}^2 + \left(\sum_{i=0}^{n} a_i \bar{x}^i\right)^2 = \left(\ell_{5x} - R\cos\alpha_s\right)^2 + \left(\ell_{6z} - \ell_{5z}\right)^2 \qquad (5.2,18)$$

Z kořenů této rovnice je nutné vybrat ten, který má fyzikální smysl: $\bar{x}_s$ a jemu příslušnou hodnotu $\bar{\kappa}_s$ dle (5.2,16). Pak je

$$\vartheta = \operatorname{arctg} \frac{\ell_{6z} - \ell_{5z}}{\ell_{5x} + R\cos\alpha_s} - \operatorname{arctg} \frac{\bar{\kappa}_s}{\bar{x}_s} \qquad (5.2,19)$$

b) Dán úhel ϑ, určit úhel α :

Z (5.2,17) plyne

$$\varepsilon + \vartheta = \arcsin \frac{\ell_{6z} - \ell_{5z}}{\bar{R}} \qquad (5.2,20)$$

K funkční závislosti

$$\vartheta = \arcsin \frac{\ell_{6z} - \ell_{5z}}{\left[\bar{x}^2 + P(\bar{x})^2\right]^{\frac{1}{2}}} - \operatorname{arctg} \frac{P(\bar{x})}{\bar{x}} = Q(\bar{x}) \qquad (5.2,21)$$

je nutné najít inverzní a nahradit ji regresním polynomem

$$\bar{x} = \tilde{Q}(\vartheta) \qquad (5.2,22)$$

Z dané hodnoty ϑ určíme z (5.2,22) příslušné $\bar{x}$, pak z (5.2,16) příslušné $P(\bar{x})$ a $\bar{R}$. Dále je

$$\varepsilon = \operatorname{arctg} \frac{\bar{\kappa}}{\bar{x}} \qquad (5.2,23)$$

$$\alpha = \arccos \frac{\ell_{5x} - \bar{R}\cos(\varepsilon + \vartheta)}{R} \qquad (5.2,24)$$

Z podaného řešení vyplývá, že obě uvedené úlohy $\alpha = \alpha(\vartheta)$ a $\vartheta = \vartheta(\alpha)$ stejně jako vyjádření převodů

$$\frac{d\alpha}{d\vartheta_1}(\vartheta_1) \quad ; \quad \frac{d\vartheta_1}{dx}(\alpha) \tag{5.2,25}$$

je možné řešit numericky, nikoliv analyticky.

5.3 Regulace pneumatické pružiny

Při odvození rovnice pro rovnováhu proudů vycházíme ze stavové rovnice plynu v pneumatické pružině

$$(p + p_a)V = m R_p T \quad , \tag{5.3,1}$$

jejíž derivací při předpokládaném izotermickém ději obdržíme

$$\frac{dp}{dt} V + (p + p_a)\frac{dV}{dt} = R_p T \cdot \frac{dm}{dt} \; . \tag{5.3,2}$$

Vyjádříme-li objem pneumatické pružiny dle odst. 3

$$V(l, p) = V_0(p) + \int_{l_{00}}^{l} S(p, x)\,dx \quad ; \tag{5.3,3}$$

máme pro jeho časovou derivaci

$$\frac{dV(l,p)}{dt} = \frac{dV_0(p)}{dp}\cdot\frac{dp}{dt} + \frac{\partial}{\partial l}\left(\int_{l_{00}}^{l} S(p,x)\,dx\right)\cdot\frac{dl}{dt} + \frac{\partial}{\partial p}\left(\int_{l_{00}}^{l} S(p,x)\,dx\right)\frac{dp}{dt} \tag{5.3,4}$$

$$= \left(\frac{dV_0(p)}{dp} + \int_{l_{00}}^{l}\frac{\partial S}{\partial p}(p,x)\right)\frac{dp}{dt} + S(p,l)\frac{dl}{dt}$$

a po dosazení do (5.3,2) obdržíme

$$\left[\left(\frac{dV_0}{dp} + \int_{l_{00}}^{l}\frac{\partial S}{\partial p}(p,x)\,dx\right)(p + p_a) + V\right]\cdot\frac{dp}{dt} + (p + p_a)S(p,l)\frac{dl}{dt} = R_p T\frac{dm}{dt} \tag{5.3,5}$$

Poznamenáváme, že rovnice (5.3,5) můžeme upravit dvěma způsoby:

a) podělením (RT) na rozměr hmotnostního proudu, při čemž uvážíme, že hustota ρ je vyjádřena vztahem

$$\frac{(p_0 + p_a)}{R_p T} = \frac{m}{V} = \rho \tag{5.3,6}$$

$$\left[\rho\left(\frac{dV_0}{dp} + \int_{l_{00}}^{l}\frac{\partial S}{\partial p}(p,x)\,dx + \frac{V}{R_p T}\right]\frac{dp}{dt} + \rho S(p,l)\frac{dl}{dt} = \frac{dm}{dt} = G \tag{5.3,5a}$$

b) podělením ($p + p_a$) na rozměr objemového proudu

$$\left[\left(\frac{dV_0}{dp} + \int_{l_0}^{l} \frac{\partial S}{\partial p}(p,x)\,dx\right) + \frac{V}{p+p_a}\right]\frac{dp}{dt} + S(p,l)\frac{dl}{dt} = \frac{1}{\varrho}\frac{dm}{dt} = Q. \qquad (5.3,5b)$$

Ve shodě s terminologií, zavedenou v hydraulice resp. hydropneumatice můžeme nazvat výraz

$$C(p,l) = \left[\frac{dV_0}{dp} + \int_{l_{0}}^{l} \frac{\partial S}{\partial p}(p,x)\,dx + \frac{V(p,l)}{(p+p_a)}\right] \qquad (5.3,7)$$

kapacitou obecné pneumatické pružiny a jestliže nazveme výraz

$$\bar{V}(p,l) = C(p,l)\cdot(p+p_a) \qquad (5.3,8)$$

efektivním objemem pneumatické pružiny, můžeme rovnici přepsat do tvaru

$$\bar{V}\frac{dp}{dt} + (p+p_a)S(p,l)\frac{dl}{dt} = R_p T G_{kor}(\varphi, p) \qquad (5.3,9)$$

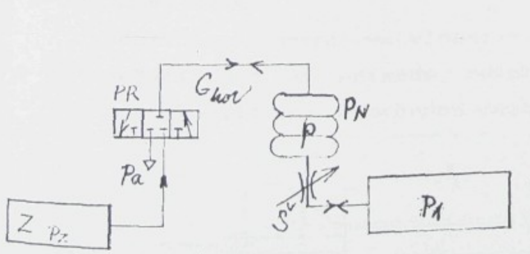
Odvozená rovnice (5.3,9) je diferenciální rovnice 1. řádu v p a vyjadřuje rovnováhu hmotnostních proudů v pneumatické pružině. Výraz pro korekční proud, je odvozen v odst. 5.1 a závislost úhlu regulátoru φ na úhlu α v odst. 5.2. Abychom rovnicí (5.3,9) mohli uzavřít mechanický systém, je třeba vyjádřit

$$l = l(\alpha) \quad , \quad \frac{dl}{dt} = \frac{dl}{d\alpha}\cdot\dot{\alpha} \qquad (5.3,10)$$

ve kterém délku l a převod $\frac{dl}{d\alpha}$ vyjádříme dle odst. 3.3

5.4 Škrtící ventil

Tento prvek aplikujeme mezi pneumatickou pružinu a přídavný objem (viz obr. 5.9)



P_0 příd. objem
Z tlakový zásobník
P_N pneumat. pružina
PR polohový regulátor
$\check{S}$ škrtící ventil

p_z přetlak v zásobníku
p_a atmosferický tlak
p přetlak v pneum. pružině
p_1 přetlak v příd. objemu

Obr. 5.9

a podle své konstrukce může představovat buď laminární nebo turbulentní odpor. Zdůrazněme, že tlak v pneumatické pružině se neliší významně od tlaku v zásobníku - proto předpokládáme, že proudění je podkritické.

A. Turbulentní odpor

je obvykle vytvořen kuželovým nebo kuličkovým ventilem

Obr. 5.10

Pro závislost škrticí plochy $S_\xi(h)$ na zdvihu h platí

$$S_\xi(h) = \pi d h \sin\alpha \,(h \mp h^2 \sin\alpha \cos\alpha) \qquad (5.4,1)$$

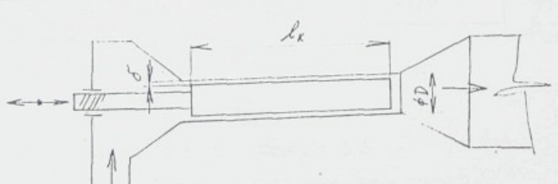
kde horní znaménko platí pro kuželový, dolní pro kuličkový ventil. Označíme-li dále μ_S součinitel průtoku, závislý na geometrickém a konstrukčním provedení funkční partie ventilu, platí

$$G_\xi = \mu S_\xi(h)\sqrt{2\varrho|p_1 - p|}\,\operatorname{sign}(p_1 - p) \qquad (5.4,2)$$

(proudu, tekoucímu do pružiny dáváme kladné znaménko).

B Laminární odpor

Realizace regulovatelného laminárního odporu je obtížnější než v případě odporu turbulentního, pro mezikruhovou kapiláru s proměnnou délkou



Obr. 5.11

platí pro případ nestlačené vzdušiny (pro malé tlakové spády) viz [5], [18]

$$G_{\xi} = \frac{\pi D \delta^3 \xi}{12 \nu . l}(p_1 - p) \tag{5.4,3}$$

Pro větší tlakové spády (větší než je hodnota absolutního tlaku) je nutno považovat vzdušinu za stlačitelnou; závislost G na p_1 a p je kvadratická, zde ovšem tento případ zřejmě nepřichází v úvahu.

5.5 Regulace pneumatické pružiny s přídavným objemem

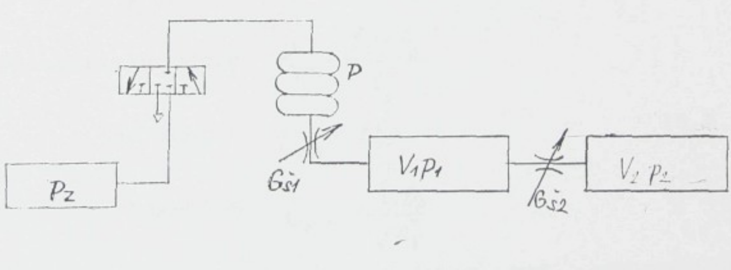
Principiální teze vibroizolace s pneumatickou pružinou se škrceným výtokem do přídavného objemu, publikované v [7] předpokádají krátké spojení obou objemů; pokud se můžeme držet tohoto předpokladu, máme namísto rovnice (5.3,9) pro systém znázorněný na obr.5.9

$$\overline{V}\frac{dp}{dt} + (p+p_a)\,S(p,l)\frac{dl}{dx}\cdot\frac{dx}{dt} = R_p T\left[G_{kor} + G_{\xi}\right] \tag{5.5,1}$$

$$V_1\frac{dp_1}{dt} = -R_p T G_{\xi}$$

kde jsme označili V_1 velikost přídavného objemu.

V určitém konstrukčním uspořádání je možné použít dvou přídavných objemů, viz obr.5.12



Obr.5.12

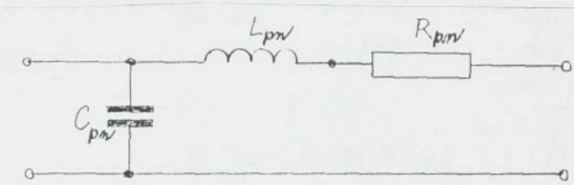
Toto uspořádání popisujeme systémem:

$$\bar{V}\frac{dp}{dt} + (p+p_a)S(p,l)\frac{dl}{dx}\cdot\frac{dx}{dt} = R_pT\left(G_{kor}+G_{\check{s}1}\right)$$

$$V_1\frac{dp_1}{dt} = -R_pT\left(G_{\check{s}1}-G_{\check{s}2}\right) \qquad (5.5,2)$$

$$V_2\frac{dp_2}{dt} = -R_pT\,G_{\check{s}2}$$

Škrtící ventil (turbulentní resp. laminární) je obvykle přímo napojen na tlakovou nádobu přídavného objemu. Pokud z konstrukčních důvodů nemůže být realizováno krátké spojení škrtícího ventilu s pneumatickou pružinou, je třeba jej v příslušném modelu uážit. (Zde poznamenejme, že bylo experimentálně ověřeno, že délka a průměr potrubí mají zásadní vliv na dynamické vlastnosti tohoto systému.) Potrubí mezi pneumatickou pružinou a škrtícím ventilem budeme modelovat ve shodě s elektrohydraulickými analogiemi (viz [5], [40]) s článkem.



Obr. 5.13

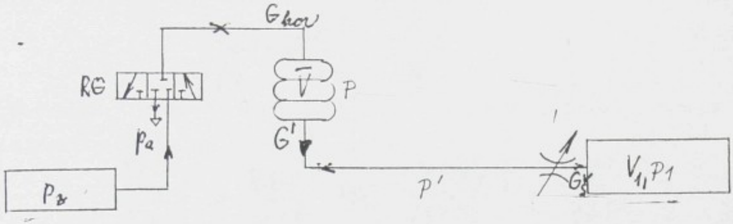
Označíme-li l_p délku potrubí, c_v rychlost akustické vlny, ν viskozitu, S_p plochu průřezu potrubí a charakteristické veličiny

pneumatický odpor $R_{pn} = \dfrac{8\nu\rho l_p}{S_p^2}$

a indukčnost $L_{pn} = \dfrac{\rho l_p}{S_p}$ (5.5,3)

kapacita $C_{pn} = \dfrac{S_p l_p}{\rho c_v^2}$

Pro popis sloupce tekutiny v potrubí mezi pneumatickou pružinou a škrtícím ventilem volíme další proměnné: tlak p', a proud G', jakožto výstupní proud z pneumatické pružiny a platí pro uspořádání na obr.5.14



Obr. 5.14

za předpokladu, že je splněna podmínka pro popis potrubí soustředěnými parametry (λ_a je délka akustické vlny)

$$l_p < \frac{\lambda_a}{4} \qquad (5.5,4)$$

$$\bar V \frac{dp}{dt} + (p+p_a)\, S(p,L)\frac{dL}{dx}\cdot\frac{dx}{dt} = R_p T\,(G_{hov} - G') \qquad (5.5,5)$$

$$L\frac{dG'}{dt} + R_H G' = g\,(p - p')$$

$$G' - G_{\check{s}} = g\,C\frac{dp'}{dt}$$

$$V_1\frac{dp_1}{dt} = G_{\check{s}}(p', p_1)\frac{1}{R_p T}$$

při čemž $G_{\check{s}}$ je funkcí tlakového spádu ($p' - p_1$), danou vztahem (5.4,2) resp. (5.4,3). Vzhledem k systému (5.5,1) přestupují tedy dvě další rovnice 1.řádu pro proud G' a tlak v potrubí p'.

5.6 Poznámka k charakteru škrtícího proudu v rovnovážné poloze

V rovnovážné poloze se zřejmě vyrovnává tlak v pružině s tlakem v přid. objemu ~~zásobníku~~ (ve všech případech provedení tohoto systému, popsaných v předcházejících odstavcích) a škrtící proud

$$G_{\check{s}}(p_1, p) \quad \text{resp.} \quad G_{\check{s}}(p_1, p') \qquad (5.6,1)$$

nabývá nulové hodnoty. Při řešení stability v rovnovážné poloze, které bude věnována příští kapitola, půjde o vyjádření parciálních derivací

$$\left.\frac{\partial G_s^v}{\partial p_1}\right|_{p=p_1} \quad , \quad \left.\frac{\partial G_s^v}{\partial p_1}\right|_{p'=p_1'} \tag{5.6,2}$$

A. V případě laminárního průtoku nestlačitelné kapaliny vycházíme ze vztahu (5.4,3) a je tedy

$$\frac{\partial G_s^v}{\partial p_1} = \frac{\pi D \delta^3}{12 \nu l_p} = -\frac{\partial G_s^v}{\partial p} . \tag{5.6,3}$$

B. Pro řípad laminárního průtoku stlačitelné kapaliny vycházíme ze vztahu (5.4,4) a je

$$\left.\frac{\partial G_s^v}{\partial p_1}\right|_{p_1=p} = \frac{\pi D \delta^3}{24 \nu l_p} \cdot 2 p_1 = \frac{\pi D \delta^3}{12 \nu l_p} \cdot p_1 = -\frac{\partial G}{\partial p} , \tag{5.6,4}$$

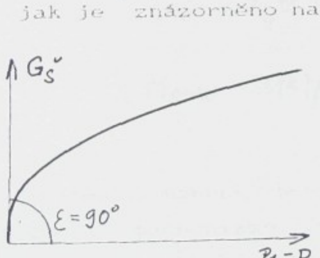
C. Pro případ turbulentního průtoku je

$$\lim_{p \to p_1} \frac{\partial G}{\partial p_1} = \lim_{p \to p} \mu_s^v \frac{S_v}{2} \frac{1}{\sqrt{p-p_1}} = \pm \infty . \tag{5.6,5}$$

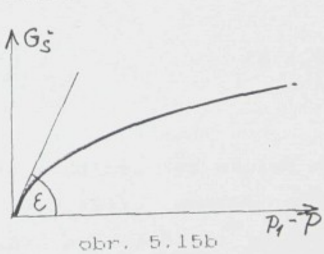
což by znamenalo, že analyticky nelze řešení stability provést. Tento zdánlivý rozpor vysvětlíme tak, že vztah (5.4,2) platí striktně až pro větší Reynodsova čísla Re; při malých tlakových spádech dochází ke změně charakteru proudění jež je charakterizováno proměným součinitelem průtoku, závislým na Re

$$\mu_s^v = \mu_s^v (Re) \quad , \quad Re = \frac{G_s^v}{\mu \pi D \ln \alpha} , \tag{5.6,6}$$

Po zavedení těchto vztahů bychom zřejmě dospěli k závěru, že $\frac{\partial G_s^v}{\partial p_1}$ nabývá při $p = p_1$ vlastních hodnot a že tedy G závisí na $(p-p_1)$ tak jak je znázorněno na obr. 5.15b a nikoliv na obr. 5.15a.



obr. 5.15a

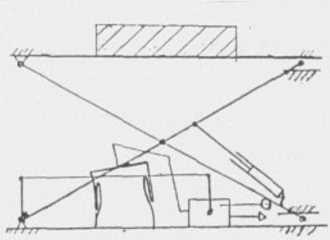


obr. 5.15b

6.0 ZKRÁCENÝ SYSTÉM

6.1 Pohybové rovnice zkráceného systému bez třetího vibroizolačního stupně

Model zkráceného systému bez horizontální vibroizolace (viz obr. 6.1)



Obr. 6.1

je popsán soustavou

$$[J_0 + J_1(\alpha)]\ddot{\alpha} + \frac{dJ_1(\alpha)}{d\alpha}\cdot\dot{\alpha}^2 = M_{grav} + M_{pneu} + M_{tl} + M_{pas} + M_{dor} + M_{bud}(t), \qquad (6.1,1)$$

$$\overline{V}(\alpha, p)\dot{p} + (p_0 + p_a)S(p, l)\cdot\frac{dl}{d\alpha}\cdot\dot{\alpha} = RTG_{dor}(\alpha, p),$$

při čemž je

$$M_{grav} = -mgR\cos\alpha, \qquad (6.1,2)$$

kde

$$m = \frac{m_n}{2} + \sum_{i=1}^{4} m_i, \qquad (6.1,3)$$

$$M_{pneu} = r(\alpha)p\,S(p, l), \qquad (6.1,4)$$

kde $r(\alpha)$ je rameno momentu pneumatické pružiny, jež závisí na jejím závěsu v mechanizmu (vztah (3.3,11)), moment síly hydraulického tlumiče vztahem (3.6,2) a (3.5,1); a pro zbývající dva momenty platí

$$M_{pas} = -\varepsilon_T\,\mathrm{sign}\,\dot{\alpha} \qquad (6.1,5)$$

$$M_{bud} = -mR\cos\alpha\cdot\ddot{w}(t) \qquad (6.1,6)$$

a je zvoleno označení

$$J_0 = J_n + \frac{m_n}{4} R^2 \quad , \quad J_1(\alpha) = \sum_{i=1}^{4} m_i R^2 \cos^2\alpha . \tag{6.1,7}$$

6.2 Rovnovážná poloha

U nebuzeného systému ($\ddot{w} = 0$) se vyrovná, (pomineme-li pasivní odpory) při nastavené výšce (je voleno $\bar{\alpha}_0$) moment tíhy s momentem pneumatické pružiny. Tuto rovnováhu umožňuje nastavený polohový regulátor.

$$r(\alpha_0).p.S(p_0, l(\alpha_0)) = mgR\cos\alpha_0 \tag{6.2,1}$$

Pokud je $S(p, l)$ polynomem n-tého stupně v p, vede (6.2,1) na určení kořenu polynomu ($n+1$) stupně, označme jej p_0

Poznamenejme, že jak u hadicové pružiny TU Liberec, tak i u hadicové pružiny Continental plně vyhovovalo m = 1, n = 2, tedy

$$S(p,l) = \sum_{i=0}^{1} \sum_{j=0}^{2} S_{ij} l^i p^j \tag{6.2,2}$$

a p_0 bylo řešením rovnice

$$\sum_{j=0}^{3} A_j p^j = 0 \tag{6.2,3}$$

kde

$$\begin{aligned} A_3 &= S_{12} \cdot l_0 + S_{02} \\ A_2 &= S_{11} l_0 + S_{01} \\ A_1 &= S_{10} l_0 + S_{00} \\ A_0 &= -\frac{mgR}{r(\alpha_0)} \cdot \cos\alpha_0 \end{aligned} \tag{6.2,4}$$

6.3 Stabilita rovnovážné polohy nekorigovaného systému

Po zavedení poruch α, p

$$\alpha = \alpha_0 + \delta\alpha \quad , \quad p = p_0 + \delta p \tag{6.3,1}$$

tj. zavedení (6.3,1) do (6.1,1), úpravách a linearizaci obdržíme linearizovaný potrubní systém

$$[J_0 + J_1(\alpha_0)]\,\delta\ddot{\alpha} = \left(\frac{\partial M_{pru\check{z}}}{\partial\alpha} + \frac{\partial M_{grav}}{\partial\alpha}\right)\delta\alpha + \frac{\partial M_{pru\check{z}}}{\partial p} - B(\alpha)\,\delta\dot{\alpha} \tag{6.3,2}$$

$$\bar V(\alpha_0,p_0)\cdot\delta\dot p + H\delta\dot\alpha = RT\left[\frac{\partial G_{kor}}{\partial\alpha}\delta\alpha + \frac{\partial G_{kor}}{\partial p}\delta p\right]$$

Při čemž jsou všechny parciální derivace jsou v bodě rovnováhy (α_0 , p_0), a použili jsme následujícího označení

$$M_{prev} = r(\alpha)\,F(p,l)$$
$$F(p,l) = p\,S(p,l) = \sum_{i=0}^{m}\sum_{j=0}^{n} S_{ij}\, l^i p^j \qquad (6.3,3)$$

kde $r(\alpha)$ je rameno momentu (viz odst. 3,3) a zavedeme dále veličiny

$$H = (p_0+p_a)\cdot S(p_0,l_0)\cdot\frac{dl}{d\alpha} \qquad (6.3,4)$$

$$\frac{\partial M_{tl}}{\partial\dot\alpha} = -B(\alpha_0) = \frac{1}{2}\left[b_1(1)+b_1(-1)\right]\left(\frac{dl_{tl}}{d\alpha}\right)^2 \qquad (6.3,5)$$

kde jsme pro vyjádření použili vztahů (3.5,1) a (3.7,1)

Lze dále ukázat, že platí (viz [5] kap.9)

$$\left.\frac{\partial G}{\partial p}\right|_{\substack{\alpha=\alpha_0\\ p=p_0}} = 0 \qquad (6.3,6)$$

a zavedeme veličinu A vztahem

$$A = -\frac{1}{2}RT\frac{\partial\varphi}{\partial\alpha}\left[\lim_{\varphi\to0-}\frac{\partial G}{\partial\varphi} + \lim_{\varphi\to0+}\frac{\partial G}{\partial\varphi}\right] \qquad (6.3,7)$$

Poznamenejme, že obecně nemá $G(p,\varphi)$ parc.derivaci $\frac{\partial G}{\partial\varphi}$ pro $\varphi = 0$, neboť tlaková funkce (viz [1],[34]) má v tomto bodě zlom (výtok do atmosféry má na tlakovém spádu jinou závislost než plnění ze zásobníků). Má-li polohový regulátor pásmo necitlivosti, je A = 0. Tento systém nazýváme nekorigovaným a charakteristická rovnice

$$\begin{vmatrix} J(\alpha_0)\lambda^2 + B(\alpha_0)\lambda - \frac{\partial}{\partial\alpha}\left(M_{prev}-M_{grav}\right), & -\frac{\partial M_{prev}}{\partial p} \\ H\lambda, & \bar V\lambda \end{vmatrix} = 0 \qquad (6.3,8)$$

má v tomto případě nulový kořen; aby zbývající kořeny měly záporné reálné části, je nutné a stačí, aby

$$H\frac{\partial M_{pr}}{\partial p} - \bar V\left(\frac{\partial M_{pr}}{\partial\alpha} + \frac{\partial M_{grav}}{\partial\alpha}\right) > 0 \qquad (6.3,9)$$

Tuto podmínku stability můžeme dále rozepsat.

Platí

$$\frac{\partial M_{grav}}{\partial \alpha} = + m g R \sin \alpha_0 > 0 \qquad (6.3,10)$$

$$\frac{\partial M_{pneu}}{\partial \alpha} = \frac{dr}{d\alpha} p S(p,l) + r p \frac{\partial S}{\partial l} \cdot \frac{dl}{d\alpha} \qquad (6.3,11)$$

$$H \frac{\partial M_{pneu}}{\partial p} = (p_0 + p) S \frac{dl}{d\alpha} \cdot r(\alpha) \left(p \frac{\partial S}{\partial p} + S \right) = (p_0 + p) \left[p r \frac{dl}{d\alpha} S \frac{\partial S}{\partial p} + r \frac{dl}{d\alpha} S^2 \right] \qquad (6.3,12)$$

S využitím podmínky rovnováhy upravíme dále

$$\left(\frac{\partial M_{pneu}}{\partial \alpha} + \frac{\partial M_{grav}}{\partial \alpha} \right) = \frac{dr}{d\alpha} p S(p,l) + r p \frac{\partial S}{\partial l} \cdot \frac{dl}{d\alpha} + r p S(p,l) \operatorname{tg} \alpha_0 \qquad (6.3,13)$$

Po vyjádření $\overline{V}$ z (5.3,8) a všech předešlých vztahů a dosazení do (6.3,13) obdržíme podmínku stability v konečném tvaru:

$$-\overline{V} \left[p S(p,l) \left(\frac{dr}{d\alpha} + r \operatorname{tg} \alpha_0 \right) + r p \frac{\partial S}{\partial l} \frac{dl}{d\alpha} \right] + S \frac{dl}{d\alpha} (p_0 + p) \cdot r(\alpha) \left(p \frac{\partial S}{\partial p} + S \right) > 0 \qquad (6.3,14)$$

6.4 Analýza podmínky stability ve zvláštních případech

Ve specifických případech se obecná podmínka (6.3,14) zjednoduší a bude možné provést její analytický rozbor.

A. Pneumatický válec kloubově uložený mezi rameno a základ.

Platí:

$$\frac{\partial S}{\partial p} = \frac{\partial S}{\partial l} = 0 , \quad S = S_0 , \quad V = S_0 l , \quad r(\alpha) = \frac{dl}{d\alpha} \qquad (6.4,1)$$

$$\frac{\partial M_{pneu}}{\partial p} = r(\alpha_0) S_0 , \quad \frac{\partial M_{pneu}}{\partial \alpha} = \frac{dr}{d\alpha} p S_0$$

Podmínka (6.3,14) vede k nerovnosti

$$(p_0 + p_a) S_0^2 r^2 - S_0 l_0 \left[\frac{dr}{d\alpha} p S_0 + r p S_0 \operatorname{tg} \alpha_0 \right] = \qquad (6.4,2)$$

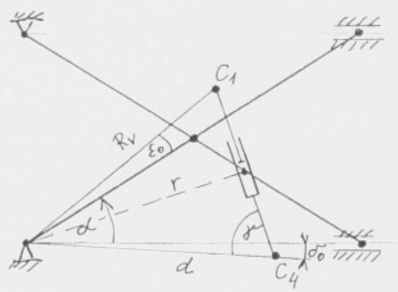
$$= p_a S_0^2 r^2 - p_0 S_0^2 l \frac{dr}{d\alpha} + p_0 S_0^2 r (r - l \operatorname{tg} \alpha_0) > 0$$

Je patrné, že budou-li splněny nerovnosti

$$\frac{dr}{d\alpha} = \frac{d^2 l}{d\alpha^2} < 0 \qquad (6.4,3)$$

$$r > l\,tg\,\alpha_0 \qquad (6.4,4)$$

bude splněna i (6.4,2)



Obr. 6.2

v ΔOC_1C_4 platí $OC_1 = R_1$, $OC_4 = d$

$$\alpha' = \varepsilon_0 + \alpha + \delta_0 ,$$

Derivováním platného vztahu $r = d \sin \mu$ obdržíme

$$\frac{dr}{d\alpha} = d \cos \mu \frac{d\mu}{d\alpha} . \qquad (6.4,5)$$

Platí dále

$$\sin \mu = \frac{R_V \sin \alpha'}{l_V} = U(\alpha') , \quad \mu = \arcsin U(\alpha') \qquad (6.4,6)$$

$$\frac{d\mu}{d\alpha} = \frac{1}{\sqrt{1-U^2}} \cdot \frac{dU}{d\alpha'} , \qquad (6.4,7)$$

$$\frac{dU}{d\alpha} = \frac{R_V \cos\alpha\, l_V - R_V \sin\alpha \frac{dl_V}{d\alpha'}}{l^2} = \frac{R_V}{l^2}\left(l \cos\alpha - r \sin\alpha\right) , \qquad (6.4,8)$$

z (6.4,5), (6.4,6) a (6.47) je patrné, že

a) v intervalu $\mu < 90°$ platí

$$\operatorname{sign} \frac{dr}{d\alpha'} = \operatorname{sign} \frac{d\mu}{d\alpha'} = \operatorname{sign}\left(l\cos\alpha' - r \sin\alpha'\right) = \operatorname{sign}\left(\operatorname{cotg}\alpha' - \frac{r}{l}\right) ,$$

a podmínky (6.4,3) a (6.4,4) je možno spojit:

$$\frac{r}{l} > tg\,\alpha' > \frac{l}{r} , \qquad (6.4,9a)$$

b) v intervalu $\mu > 90°$ platí

$$\operatorname{sign}\frac{dr}{d\alpha} = -\operatorname{sign}\frac{d\mu}{d\alpha} = -\operatorname{sign}\left(\operatorname{cotg}\alpha' - \frac{r}{l}\right) = 1, \qquad (6.4,9b)$$

$$\frac{r}{l} > \operatorname{tg}\alpha'$$

a je patrné, že pro $\mu > 90°$ nemůže být podmínka 6.4,3 splněna

B. Vlnovcová pružina

Efektivní plocha vlnovcové pneumatické pružiny je prakticky nezávislá na tlaku, zatímco závislost na zdvihu je markantní, proto se zavádí (viz [14]) ukazatel efektivní plochy U, definovaný jako

$$U = \frac{\partial S}{\partial l} = \frac{dS}{dl} \qquad (6.4,10)$$

Platí dále

$$\frac{\partial S}{\partial p} = 0 \quad , \quad \bar{V} = V \qquad (6.4,11)$$

Dosazením do (6.3,14) obdržíme stabilitní podmínku ve tvaru

$$(p_o + p_a) S^2 r \frac{dl}{d\alpha} - \left[V_o + \int_{l_{oo}}^{l} S(x)\,dx\right] \cdot \left[pS\left(\frac{dr}{d\alpha} + r\operatorname{tg}\alpha\right) + rp\frac{dS}{dl}\frac{dl}{d\alpha}\right] > 0 \qquad (6.4,12)$$

Protože v dostatečně velkém rozsahu platí

$$U = \frac{dS}{dl} < 0 \qquad (6.4,13)$$

bude podmínka (6.4,12) splněna při

$$\frac{dr}{d\alpha} + r\operatorname{tg}\alpha < 0 \qquad (6.4,14)$$

C. Hadicová pružina s válcovým pístem

U některých hadicových pružin s válcovým pístem platí

$$\frac{\partial S}{\partial l} = 0 \qquad (6.4,15)$$

t.j., že efektivní plocha je nezávislá na zdvihu; podmínka

(6.3,14) se redukuje na

$$(p_0 + p_a) r \frac{dl}{d\alpha} S \left(\frac{dS}{dp} \cdot p + S\right) - \bar{V} p S \left(\frac{dr}{d\alpha} + r \operatorname{tg} \alpha\right) > 0 \qquad (6.4,16)$$

6.5 Stabilita rovnovážné polohy korigovaného systému

Podmínka stability systému s polohovou korekcí vede na zajištění platnosti Hurwitzových podmínek pro charakteristickou rovnici, která je 3.stupně:

$$\sum_{n=0}^{3} a_n \lambda^{3-n} = \begin{vmatrix} J(\alpha_0)\lambda^2 + B(\alpha_0)\lambda - \frac{\partial}{\partial \alpha}\left(M_{pn\alpha} + M_{grav}\right), & -\frac{\partial M_{pn\alpha}}{\partial p} \\ H\lambda + A & , \bar{V}\lambda \end{vmatrix} = 0 \qquad (6.5,1)$$

kde

$$\begin{aligned} a_0 &= J(\alpha_0) \cdot \bar{V} \\ a_1 &= B(\alpha_0) \cdot \bar{V} \\ a_2 &= \left[\frac{\partial M_{pn}}{\partial p} \cdot H - \bar{V} \cdot \frac{\partial}{\partial \alpha}\left(M_{pn} + M_{grav}\right)\right] \\ a_3 &= A \frac{\partial M_{pn}}{\partial p} \end{aligned} \qquad (6.5,2)$$

Je zřejmé, že $a_0 > 0$, $a_1 > 0$. Podmínka

$$a_3 > 0 \qquad (6.5,3)$$

zřejmě určují správný smysl polohové korekce a podmínka

$$a_2 > 0 \qquad (6.5,4)$$

je postačující podmínkou pro nekorigovaný systém. Hurwitzova podmínka

$$\Delta_3 = a_1 a_2 - a_0 a_3 > 0 \qquad (6.5,5)$$

omezuje "ostrost" polohové regulace. Z (6.5,5) plyne totiž

$$A < \frac{B(\alpha_0)\left[\frac{\partial M_{pn}}{\partial p} \cdot H - \bar{V}\left(\frac{\partial M_{pn}}{\partial \alpha} + \frac{\partial M_{grav}}{\partial \alpha}\right)\right]}{J(\alpha_0)\frac{\partial M_{pn}}{\partial p}} \qquad (6.5.6)$$

6.6 Stabilita rovnovážné polohy systému s přídavným objemem

Vycházíme ze systému 5.5,1, který popisuje uspořádání na obr. 5.9. Tomu přísluší linearizovaný poruchový systém, jehož charakteristická rovnice je

$$\sum_{i=0}^{4} a_i \lambda^{4-i} = \begin{vmatrix} J(\alpha_0)\lambda^2 + B(\alpha_0)\lambda + C, & -E, & 0 \\ H\lambda + A, & \bar{V}\lambda + D_1, & -D_1 \\ 0, & -D_1, & V_1\lambda + D_1 \end{vmatrix} = 0 \qquad (6.6,1)$$

kde je

$$\begin{aligned} a_0 &= J\bar{V}V_1 \\ a_1 &= B\bar{V}V_1 + JD_1(\bar{V}+V_1) \\ a_2 &= C\bar{V}V_1 + BD_1(\bar{V}+V_1) + EHV_1 \\ a_3 &= CD_1(\bar{V}+V_1) + EAV_1 + EHD_1 \\ a_4 &= EAD_1 \end{aligned} \qquad (6.6.2)$$

a pro zkrácení zápisu jsme zavedli

$$C = \left(-\frac{\partial M_{pru}}{\partial \alpha} - \frac{\partial M_{grav}}{\partial \alpha}\right)\Bigg|_{\substack{p=p_0\\ \alpha=\alpha_0}}, \qquad (6.6,3)$$

$$E = \frac{\partial M_{pr}}{\partial p}\Bigg|_{\substack{p=p_0\\ \alpha=\alpha_0}}, \qquad D_1 = \frac{\partial G_s^v}{\partial p}\Bigg|_{p=p_0=p_1}$$

Hurwitzovy podmínky jsou

$$a_2 > 0, \qquad a_3 > 0 \qquad (6.6,4)$$

$$\Delta_3 = a_1 a_2 - a_0 a_3 > 0, \qquad \Delta_4 = a_3 \Delta_3 - a_4 a_1^2 > 0$$

a vytvářejí určité omezující oblasti pro parametry A, D.

6.7 Stabilita rovnovážné polohy systému s více přídavnými objemy

Uspořádání systému se dvěma přídavnými objemy je na obr. 5.10 a jeho zobecnění na n přídavných objemů je zřejmé. Charakteristická rovnice je v takovém případě

$$\sum_{j=0}^{3+n} a_j \lambda^{n+3-j} = \begin{vmatrix} J\lambda^2+B\lambda+C, & -E, & 0, & 0 & & 0, \\ H\lambda+A, & \bar{V}\lambda+D_1, & -D_1, & 0, & & \\ 0, & -D_1, & V_1\lambda+D_1+D_2, & -D_2, & 0 & 0 \\ & & & & \ddots & \\ 0, & & & & & -D_n \\ 0, & & 0, & 0, & -D_n, & V_n\lambda+D_n \end{vmatrix} = 0$$

(6.7,1)

je $(n+3)$ stupně. Označíme-li

$$\Delta_{11} = J\lambda^2 + B\lambda + C$$

$$\Delta_{22} = \begin{vmatrix} \Delta_{11}, & -E \\ H\lambda+A, & \bar{V}\lambda+D_1 \end{vmatrix}, \quad \Delta_{k+2} = \begin{vmatrix} \Delta_{22} & & 0 & \\ & & -D_1 & \\ 0 & -D_1 & V_1\lambda+D_1+D_2, & -D_k \\ & & -D_k & V_k\lambda+D_k+D_{k+1} \end{vmatrix} \tag{6.7,2}$$

platí pro $k = 1, \ldots$ rekurentní formule

$$\Delta_{k+2,k+2} = \Delta_{k+1,k+1}\left(V_k\lambda+D_k+D_{k+1}\right) - \Delta_{kk} D_k^2, \tag{6.7,3}$$

a pro $k=n$

$$\Delta_{n+2,n+2} = \Delta_{n+1,n+1}\left(V_n\lambda+D_n\right) - \Delta_{nn} D_n^2\ ! \tag{6.7,4}$$

a z nich Hurwitzovy determinanty

$$\Delta_{2H} = \begin{vmatrix} a_1, & a_0 \\ a_3, & a_2 \end{vmatrix}, \qquad \Delta_{3H} = \begin{vmatrix} a_1, & a_0, & 0 \\ a_3, & a_2, & a_1 \\ a_5, & a_4, & a_3 \end{vmatrix}$$

$$\Delta_{m+1} = \begin{vmatrix} a_1, & a_0, & 0, & 0, & \dots & 0 \\ a_3, & a_2, & a_1, & a_0, & 0 \dots & 0 \\ \vdots & & & & & \vdots \\ a_{2m-1} & a_{2m-2} & \dots & & & a_m \end{vmatrix}, \quad m = n+3, \quad a_i = 0, \text{ když } i > m.$$

(6.7,5)

a příslušné podmínky stability

$$a_i > 0, \quad \text{pro } i = 1 \dots m$$
$$\Delta_{iH} > 0, \quad i = 1 \dots m-1 \qquad (6.7,6)$$

6.8 Stabilita rovnovážné polohy systému s přídavným objemem a dlouhým potrubím

Charakteristická rovnice systému (5.5,5) zobrazého na obr. 5.14 je

$$\sum_{j=0}^{6} A_{bj} \lambda^j = \begin{vmatrix} J\lambda^2 + B\lambda + C, & -E, & 0, & 0 & 0 \\ H\lambda + A, & \bar{V}\lambda, & R_p, & 0, & 0 \\ 0, & \varrho, & L\lambda + R_H, & 0, & 0 \\ 0, & 0, & 1, & C\lambda + D, & -D \\ 0, & 0, & 0, & -D, & V_k\lambda + D \end{vmatrix} = 0 \qquad (6.8,1)$$

je 6-ho stupně. Hurwitzovy determinanty je možné určit postupem analogickým předcházejícímu odstavci.

7.0 OBECNÝ SYSTÉM

7.1 Matice hmotnosti a tlumení

Odvozený obecný systém v odst. 2.6 je lineární v druhých derivacích, je ovšem vůči nim nerozřešen; použití standartní integrační metody předpokládá transformaci takového systému na autonomní systém dvojnásobného počtu rovnic 1. řádu, tvaru

$$\frac{dy_i}{dt} = f(y_1 \dots y_n, t) \qquad n = 7.2 + 1 = 15 \tag{7.1,1}$$

A. Matice hmotnosti je symetrická, ze (7.1,2) je patrné obsazení řádků a sloupců

$$\|\mathfrak{M}_A\| = \begin{Vmatrix} A_{11}, & A_{12}, & A_{13}, & 0, & A_{15}, & A_{16}, & A_{17}, \\ A_{21}, & A_{22}, & 0, & A_{24}, & A_{25}, & A_{26}, & A_{27}, \\ A_{31}, & 0, & A_{33}, & 0, & A_{35}, & A_{36}, & A_{37}, \\ 0, & A_{42}, & 0, & A_{44}, & A_{45}, & A_{46}, & A_{47}, \\ A_{51}, & A_{52}, & A_{53}, & A_{54}, & A_{55}, & A_{56}, & A_{57}, \\ A_{61}, & A_{62}, & A_{63}, & A_{64}, & A_{65}, & A_{66}, & 0, \\ A_{71}, & A_{72}, & A_{73}, & A_{74}, & A_{75}, & 0, & A_{77} \end{Vmatrix} \tag{7.1,2}$$

a pro její jednotlivé prvky platí (odvodíme z odst. 2,3)

$$\begin{aligned} A_{11} &= m_n + m_0 + \sum_{j=1}^{4} m_j, & A_{62} &= m_3 R \cos\alpha \cos\beta \\ A_{21} &= -\frac{m_n}{2} R \sin\alpha, & A_{72} &= m_4 R \cos\alpha \cos\beta \\ A_{22} &= J_n + \frac{m_n R^2}{4} + \sum_{j=1}^{4} m_j R^2 \cos^2\alpha, & A_{64} &= m_3 \cos\beta \\ A_{31} &= A_{33} = \sum_{j=2}^{4} m_j & A_{74} &= m_4 \cos\beta \end{aligned} \tag{7.1,3}$$

$$A_{42} = \sum_{j=2}^{4} m_j R \cos\alpha, \qquad A_{61} = A_{63} = -m_3 \sin\beta,$$

$$A_{44} = \sum_{j=2}^{4} m_j, \qquad A_{71} = A_{73} = -m_4 \sin\beta,$$

$$A_{51} = A_{53} = -\sum_{j=3}^{4} m_j \left(\eta_j \sin\beta + \xi_j \cos\beta\right), \quad A_{66} = m_3,$$

$$A_{52} = -\sum_{j=3}^{4} m_j R \left(\eta_j \sin\beta - \xi_j \cos\beta\right)\cos\alpha, \quad A_{77} = m_4,$$

$$A_{53} = -\sum_{j=3}^{4} m_j \left(\xi_j \cos\beta + \eta_j \sin\beta\right), \quad A_{65} = m_3 \xi_3,$$

$$A_{54} = -\sum_{j=3}^{4} m_j \left(\eta_j \cos\beta - \xi_j \sin\beta\right); \quad A_{75} = m_4 \xi_4,$$

$$A_{55} = J_2 + \sum_{j=3}^{4} \left(J_j + m_j\left(\xi_j^2 + \eta_j^2\right)\right),$$

B. Matice tlumení vlastního mechanického systému je diagonální, přijmeme-li pro linearizaci momentu hydraulického tlumiče stejné zjednodušení jako u charakter. rovnice zkráceného systému; ze vztahu (4.46) odvodíme

$$B_{33} = -b_{\xi 01}, \quad B_{44} = -b_{\eta 01}, \quad B_{55} = -b_{\beta 01}$$
$$B_{11} = b_0, \quad B_{22} = \frac{1}{2}\left[b_1(-1) + b_1(+1)\right]\left(\frac{dl_u}{d\alpha}\right)^2, \quad B_{66} = b_3, \quad B_{77} = b_4 \qquad (7.1,4)$$

Rozšíříme-li systém o rovnici, popisující rovnováhu hmotnostních proudů vzduchu v pružině, pak považujeme-li matici tlumení za matici koeficientů u prvních derivací linearizovaného systému, bude symetrie narušena:

$$\mathfrak{M}_B = \begin{Vmatrix} B_{11} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & B_{22} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & B_{33} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & B_{44} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & B_{55} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & B_{66} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & B_{77} & 0 \\ 0 & H & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & V \end{Vmatrix} \qquad (7.1,5)$$

7.2 Poznámka k řešení a integraci pohybových rovnic

A. Formální převedení systému (2.6,1) na systém (7.1,1) je možné; jelikož ovšem matice hmotnosti není konstantní (prvky - viz 7.1,3) jsou funkcemi proměnných α, β, η_3, η_4, bude nutné provést tuto transformaci, tj. rozřešení (2.6,1) podle druhých derivací v každém integračním kroku.

B. U levých stran Lagrangeových rovnic převedeme na pravou stranu budící vektor

$$
\begin{aligned}
V_{\xi_0} &= -\Big(m_n + \sum_{j=0}^{4} m_j\Big)\ddot{u}(t),\\
V_{\alpha} &= -\Big(\frac{m_n}{2} + \sum_{j=1}^{4} m_j\Big) R\cos\alpha\,.\,\ddot{w}(t) - \frac{m_n}{2} R\sin\alpha\,\ddot{w}(t),\\
V_{\xi_2} &= -\sum_{j=2}^{4} m_j\,\ddot{u}(t),\\
V_{\eta_2} &= -\sum_{j=2}^{4} m_j\,\ddot{w}(t),\\
V_{\beta} &= \sum_{j=3}^{4} m_j\eta_j\big[\ddot{u}(t)\cos\beta + \ddot{w}(t)\sin\beta,\\
V_{\eta_3} &= -m_3\big[-\ddot{u}(t)\sin\beta + \ddot{w}(t)\cos\beta\big],\\
V_{\eta_4} &= -m_4\big[-\ddot{u}(t)\sin\beta + \ddot{w}(t)\cos\beta\big].
\end{aligned}
\qquad (7.2,1)
$$

Dále formálně vektor pasivních odporů $W_{pas}(\dot{\xi}, \dot{\alpha}, \dot{\xi}_1, \dot{\eta}_2, \dot{\beta}, \dot{\eta}_3, \dot{\eta}_4)$ s přihlédnutím, že druhý vibroizolační stupeň pasivní odpory nemá

$$
\begin{aligned}
W_{pas\,\xi_0} &= -\varepsilon_\xi \operatorname{sign}\dot{\xi}_0,\\
W_{pas\,\alpha} &= -\varepsilon_\alpha \operatorname{sign}\dot{\alpha},\\
W_{pas\,\xi_2} &= W_{pas\,\eta_2} = W_{pas\,\beta} = 0,\\
W_{pas\,\eta_3} &= -\varepsilon_3 \operatorname{sign}\dot{\eta}_3,\\
W_{pas\,\eta_4} &= -\varepsilon_4 \operatorname{sign}\dot{\eta}_4,
\end{aligned}
\qquad (7.2,2)
$$

Konstrukční a technologické provedení dynamické zátěže je takové, že můžeme položit

$$\varepsilon_3 = \varepsilon_4 = 0 \qquad (7.2,3)$$

(a norma ISO, určující parametry zátěže rovněž nepočítá s pasivními odpory)

1. Buzení je jednosměrné ($\ddot{v}(t) = 0$; $\ddot{w}(t) \neq 0$ nejčastější případ vertikální buzení)

K vertikálnímu pohybu $\alpha = \alpha(t)$ dojde až při překonání pasivního odporu

$$\left(\frac{m_n}{2} + \sum_{j=1}^{4} m_j\right) R \cos\alpha_1 \left|\ddot{w}(t)\right| > \varepsilon_\alpha \qquad (7.2,5)$$

2. Buzení jednosměrné $\ddot{v}(t) \neq 0$; $\ddot{w}(t) = 0$.

K relativnímu pohybu $\xi_0 = \xi_0(t)$ dojde až při překonání pasivního odporu

$$\left(m_n + \sum_{j=0}^{4} m_j\right) \left|\ddot{v}(t)\right| > \varepsilon_{\xi_0} \qquad (7.2,5)$$

a k relativnímu pohybu $\alpha = \alpha(t)$, až při

$$\left(\frac{m_n}{2} R \sin\alpha\right) \cdot \left|\ddot{v}(t)\right| > \varepsilon_\alpha \qquad (7.2,6)$$

Poznamenejme, že z poslední nerovnosti je patrné, že i nůžkový pružící mechanizmus je v obecném případě horizontálně buzen (přes těžiště nůžek, které koná kruhový pohyb).

3. Při dvojsměrném buzení bude korektní provést analýzu k překonání pasivních odporů na počátku pohybu až po rozřešení pohybových rovnic podle druhých derivací.

Poznamenejme na závěr, že bez uvážení pasivních odporů a určení okamžiku řešení, kdy jsou překonány, nedojdeme ani ke kvalitativní shodě s experimentem. To je zvlášť patrné při kvaziharmonickém buzení v podrezonanční oblasti, kdy přenosová funkce mezi absolutním zdvihem mechanizmu a budicím zdvihem se "odlepuje" od jedničky při větší amplitudě buzení na nižší frekvenci. Do překonání pasivních odporů nedojde k relativnímu pohybu (a tím ani k vibroizolačnímu efektu).

7.3 Rovnovážná poloha systému

Pomineme-li pasivní odpory, pak při nulovém buzení ($\ddot{v}(t) = 0$ $\ddot{w}(t) = 0$) se ustálí systém v rovnovážné poloze mezi silami mechanických pružin a silami tíhy resp. momentem pneumatické pružiny a momentem tíhy všech hmot, které podepírá.

Dále předpokládáme, že u druhého vibroizolačního stupně je předpětí popruhů voleno tak, aby osa pohybu hmot dynamické zátěže byla v rovnovážné poloze svislá, tj.

$$\beta_0 = 0 . \tag{7.3,1}$$

U třetího vibroizolačního stupně se vyrovnají síly předepjatých pružin na nulové výchylce

$$\xi_0 = 0 , \tag{7.3,2}$$

Při zvoleném nastavení výšky mechanizmu

$$\varkappa = \varkappa_0 \tag{7.3,3}$$

vyrovná polohový regulátor tlak na základě vyrovnání výše uvedených momentů

$$M_{pneu} + M_{grav} = 0$$

$$\varkappa(x_0)\, p_0 \cdot S\left(p_0, l(x_0)\right) = \left(\frac{m_{v\varkappa}}{2} + \sum_{i=1}^{4} m_i\right) R\, g \cos\varkappa_0 \tag{7.3,4}$$

Stejně jako u zkráceného systému vede tato podmínka na řešení rovnice (n+1) stupně, pokud je efektivní plocha vyjádřena polyonem n-tého stupně v p.

U druhého vibroizolačního stupně určíme rovnovážnou výchylku η_{20} (viz 4.4,2) ze vztahu

$$\sum_{i=1}^{m_\eta} k_{\eta i}\, \eta_2^{\,i} - \sum_{i=2}^{4} m_i g = 0 \tag{7.3,5}$$

Zde obecně bude třeba určitého ošetření při výběru příslušného kořenu s reálným smyslem; zvláště v případech když by průběh $F_{\eta 20}$ nebyl monotónní.

Přitažení k opěráku silou F_{op} tak, aby byla splněna podmínka (7.3,1), realizujeme splněním vztahu

$$\sum_{i=1}^{m_\xi} k_{\xi i}(\eta_{20})\, \xi_2^{\,i} - F_{op} = 0 \tag{7.3,6}$$

z něhož opět určíme ξ_{20} jakožto kořen polynomu m_ξ-tého stupně.

Konečně stacionární hodnoty výchylek hmot dynamické zátěže určíme ze vztahu

$$\eta_{30} = \frac{m_3 g}{c_3} \qquad \eta_{40} = \frac{m_4 g}{c_4} \tag{7.3,7}$$

7.4 Stabilita rovnovážné polohy

Zavedeme poruchy závisle proměnných v rovnovážné poloze vztahy

$$\begin{aligned} \xi_0 &= \delta\xi_0 \,, & \xi_2 &= \xi_{2s} + \delta\xi_2 \,, & \eta_3 &= \eta_{30} + \delta\eta_3 \\ \alpha &= \alpha_0 + \delta\alpha \,, & \eta_2 &= \eta_{2s} + \delta\eta_2 \,, & \eta_4 &= \eta_{40} + \delta\eta_4 \\ p &= p_0 + \delta p \,, & \beta &= \delta\beta \,, & & \end{aligned} \qquad (7.4,1)$$

Po dosazení (7.4,1) do (2.6,1) a linearizaci obdržíme poruchový systém ve tvaru

$$\left\| \mathcal{M}_A \big|_0 \right\| \left\| \begin{matrix} \delta\ddot{\xi}_0 \\ \delta\ddot{\alpha}_0 \\ \delta\ddot{\xi}_2 \\ \delta\ddot{\eta}_2 \\ \delta\ddot{\beta} \\ \delta\ddot{\eta}_3 \\ \delta\ddot{\eta}_4 \\ \delta\ddot{p} \end{matrix} \right\| + \left\| \mathcal{M}_B \big|_0 \right\| \left\| \begin{matrix} \delta\dot{\xi}_0 \\ \delta\dot{\alpha}_0 \\ \delta\dot{\xi}_2 \\ \delta\dot{\eta}_2 \\ \delta\dot{\beta} \\ \delta\dot{\eta}_3 \\ \delta\dot{\eta}_4 \\ \delta\dot{p} \end{matrix} \right\| + \left\| \mathcal{M}_C \big|_0 \right\| \left\| \begin{matrix} \delta\xi_0 \\ \delta\alpha_0 \\ \delta\xi_2 \\ \delta\eta_2 \\ \delta\beta \\ \delta\eta_3 \\ \delta\eta_4 \\ \delta p \end{matrix} \right\| = 0 \qquad (7.4,2)$$

kde jsme zavedli matici tuhosti $\left\| \mathcal{M}_c \right\|$, jejíž prvky jsou definovány následujícími vztahy

$$\begin{aligned} C_{11} &= c_0 \,, & C_{88} &= 0 \,, \\ C_{22} &= \frac{-\partial M_{pneu}}{\partial \alpha} + \frac{\partial^2 U}{\partial \alpha^2} \,, & C_{28} &= \frac{-\partial M_{pneu}}{\partial p} \,, \\ C_{33} &= k_{\xi 1} \,, & C_{56} &= C_{65} = \frac{+\partial^2 U}{\partial \eta_3 \partial \beta} \,, \\ C_{44} &= k_{\eta 1} \,, & C_{54} &= C_{45} = \frac{+\partial^2 U}{\partial \eta_4 \partial \beta} \,, \\ C_{55} &= k_{\beta 1} + \frac{\partial^2 U}{\partial \beta^2} \,, & C_{82} &= RT \frac{\partial G_{kor}}{\partial \varphi} \cdot \frac{d\varphi}{d\alpha} = A \,. \\ C_{66} &= c_3 \,, & & \\ C_{77} &= c_4 \,, & & \end{aligned} \qquad (7.4,3)$$

Symetrii matice tuhosti narušuje rozdílnost členů c_{21} a c_{12}. Poznamenejme, že prvky matice hmotnosti, tuhosti i tlumení jsou počítány v bodě rovnováhy

$$[0, x_0, \xi_{20}, \eta_{20}, 0, \eta_{30}, \eta_{40}, P_0] \tag{7.4,4}$$

Charakteristická rovnice, příslušející homogennímu systému (7.4,2)

$$\left| \mathfrak{M}_A \lambda^2 + \mathfrak{M}_B \lambda + \mathfrak{M}_C \right| = 0 \tag{7.4,5}$$

je 15. stupně a to v nejjednodušším případě pneumatického obvodu na prvním vibroizolačním stupni. Při komplikovanějším obvodu se bude stupeň charakteristické rovnice zvyšovat stejně jako u zkráceného systému, popsaného v kap. 6.0.

Na závěr kapitoly poznamenejme, že při analýze stability rovnovážné polohy jsme se omezili na oblast zdvihů tj. počátečních hodnot α_0), při kterých nebyly v záběru dorazové pružící a tlumící členy; proto příslušné momenty nebyly do výpočtů zahrnuty.

Pokud bude mít charakteristická rovnice (7.4,5) nulový kořen, příp. pár ryze imaginárních, dochází z hlediska Ljapunovské stability ke kritickému případu a je nutné zahrnout do vyšetření nelineární členy.

8.0 Závěr

První, teoretická, část práce obsahuje odvození dynamických systémů - obecného a zkráceného, modelujících mechanickou náhradu těla řidiče na sedačce s pružícím mechanizmem a semiaktivně řízenou vibroizolací.

Úplné naplnění obecného simulačního modelu vyžaduje provedení experimentů, na něž zatím není laboratoř SVÚSS vybavena (na př. realizace předepsaného obecného rovinného pohybu rámu zátěže na druhém vibroizolačním stupni). Byly sledovány trendy kvalitativného zlepšení prvního vibroizolačního stupně a vypracovány modely aplikující přídavné objemy (jeden a více) k pneumatické pružině. S tím souviselo i vypracování modelu libovolného závěsu pružiny a tlumiče v nůžkovém mechanizmu. Rovněž je naznačeno rozšíření dynamického systému nůžkového mechanizmu o indikační páku, která umožnuje oddělit propérování (řízené polohovou regulací) od výškového přestavění.

Oba modely - obecný i zkrácený jsou dovedeny až ke vztahům, umožňujícím numerickou simulaci, případně jsou uvedeny příslušné odkazy.

První část práce tedy neobsahuje konkrétní závěry, neboť vzhledem k vysokému počtu stupňů volnosti bylo možné dojít k výsledkům analytickou cestou jen vyjímečně - takže o srovnání a použitelnosti obecného a zkráceného modelu rozhodnou výsledky numerické simulace a především experimenty.

Předkládaná práce vznikla v rámci řešení grantového úkolu 313/93/1254 GA ČR "Snížení účinku vibrací na tělo řidiče - operátora."

Literatura

(1) Šklíba, Barbora : Analýza dynamického systému sedačky. Zpráva SVÚSS 86-03007

(2) Barbora, Šklíba : Analýza regulace tlumení sedačky řidiče. Zpráva SVÚSS 86-03003

(3) Barbora, Šklíba : Analogová simulace rozšířeného modelu sedačky a analýza polohového regulátoru. Zpráva SVÚSS 87-03037

(4) Šklíba : Teoretický a experimentální výzkum tlumičů sedaček. Zpráva SVÚSS 84-03137

(5) Šklíba, Barbora : Oživení a optimalizace prototypu sedačky. Zpráva SVÚSS 90-03005

(6) Obrazcov : Problemy pročnosti v biomechanike. (Moskva, Vyšaja škola, 1988)

(7) Harris, Crede : Shock and Vibration Handbook I, II Mc Graw Hill 1961, New York

(8) Mevald : Teorie kmitů sedačky na pneumatické pružině VŠST Liberec 1977

(9) Kejdana : Polohová regulace sedačky řidiče (diplomová práce FSI ČVUT Praha 1988)

(10) Vavřík : Pružicí podstavec sedadla řidiče (diplomová práce VŠST Liberec 1988)

(11) Barbora : Metodický postup pro stanovení konstrukčních parametrů sedačky řidiče. Záznam SVÚSS 86-03151

(12) Kohne : Vibrace těla na zemních strojích. Rýnské hnědouhelné doly, Koln/R. 1981

(13) Krejčíř : Výsledky experiment. výzkumu hadicových pružin. VŠST Liberec

(14) Krejčíř : Pneumatické pružiny. (habilitační práce VŠST Liberec 1970)

(15) Krejčíř, Stránský : Sedadlo řidiče s regulovatelným pérováním. III. konference o teorii strojů, Liberec 1980

(16) Stránský : Odpérované sedadlo pro řidiče vozidel. (kandidátská práce, VŠST Liberec 1981)

(17) Svačina : Modelování a identifikace viskoelastických elementů. SVÚSS 82-03010, 1982

(18) Zalmanson : Protočnyje elementy prevmatičeskich priborov. Izdatělstvo akademii nauk, 1961

(19) Dmitrijev, Gradeckij : Osnovy pneumavtomatiki, Moskva Mašinostrojenije, 1973

(20) Kolektiv : Dinamičeskije svojstva Ninejnych vibrozaščitnych sistem, Nauka, Moskva 1982

(21) Kočetov, Safranov, Siňov, Solovjev : Issledovanije pneuatičeskoj sistemy vibrozaščity čelověka - operatora pri slučajnom stacionernom vozdějstviji, IMAŠ

(22) Pugačev, : Teorija slučejnych funkcij. Gostechteorizdat 1957

(23) Kazakov : Statističeskaja dinamika nelinejnych avtomatičeskich sestěm, Fizmatgiz 1962

(24) Kočetov, Safronov, Siňov, Solovjev : Metodika rasčota nelinernyj pnevmatičeskij sistemy čelověka-operatora, IMAŠ

(25) Griganov, Sergejev, Siňov, Čerňjavskij : Metodika rasčota nelinejnoj problematičeskoj sistěmy vibroizolacij servoupravljenijem, Nauka 1973

(26) Balakšin, Siňov : Isledovanije i rasčot pevmatičeskich vibroopor, Naučnyje trudy Instituta mašinovedenija, Moskva

(27) Voronina, Stěpcenov : K rosčotu kolebanij na sideniji voditelja, Měžvuzovskij sbornik naučnych trudov, Moskva 1983

(28) Šrejtr : Technická mechanika II, SNTL 1954

(29) Tondl : Náhradní dynamický model systému s viskoelastickou silou. Strojnický časopis 19880

(30) Šklíba, : Aplikace řízeného tlumičes Karnopp-Margolisovým algoritmem v pružicím podstavci sedačky, V. konference o teorii strojů a mechanizmů, Liberec 1987

(31) Šklíba, : O možnosti aplikace pneumatické pružiny s přídavným objemem v dynamickém systému sedačky a vyšetření oblasti stability. Vědecká konference ke 40. výročí založení FSE VŠB, Ostrava, 1990

(32) Šklíba, : Identifikace inerciální složky výsledné síly jednoplášťového tlumiče.
Konference VUT Brno "Dynamika strojů a pohonů", Žďár nad Sázavou, 1992

(33) Šklíba, Barbora : Možnosti aplikace dorazového tlumiče v dynamickém systému sedačky řidiče.
VI. konference o teorii strojů a mechanismů, s mezinárodní účastí,
VŠST Liberec, 1992

(34) Šklíba, Fuňák Hakl : K problému stability sedačky s indikační pákou,
Kolokvium "Dynamika strojů 94",
Ústav termomechaniky AV ČR, Praha 1994

(35) Šklíba, Stejskal, Vampola : Some remarke to the position control of a spring seat,
"Euromech 31P - Stability and Vibrations of Mechatronic Systems",
Institut of Thermomechanic, Praha 1994

(36) Šklíba : O vlivu umístění pneumatické pružiny v pružícím podstavci sedačky na jeho stabilitu, "Inženýrská mechanika 95" národní konference s mezinárodní účastí,
Švratka 1995

(37) Lada : Pružné uložení strojů
Výzkumná zpráva SVÚSS 1954

(38) Fuňák Škoda Šklíba : Měření silenbloků sedaček
Technický záznam SVÚSS 1994

RNDr. Jan Š K L Í B A, CSc.

docentská habil. práce - 2. díl

červen 1995

EXPERIMENTÁLNÍ VÝSLEDKY

1. Popis experimentu a měřícího řetězce

Obecný popis zkušebního zařízení

Zkušební zařízení slouží k identifikaci vlastností odpružených sedaček ve zvolených režimech kinematického buzení spodní základny sedačky.Budící signály mohou být jak determinované tak i stochastické.

Jako determinovaný signál může být užit:

1) kvaziharmonický s konstantní amplitudou a pomalu se měnící frekvencí.
2) obdelníkový skok se stavitelnou frekvencí 0.2Hz.

Jako stochastický může být užit:

1) syntetický (bílý a růžový šum).
2) skutečný - naměřený na podlaze užitkového vozu.

Při měření se mohou snímat tyto hodnoty

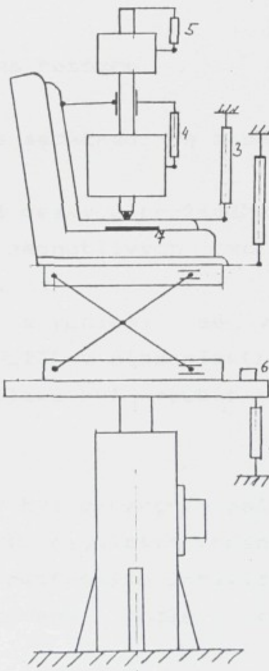
zdvih budící desky (podlahy)
zdvih na pružícím mechanizmu
zdvih na sedáku sedačky
zrychlení na budící desce
zrychlení na pružícím mechanizmu
zrychlení na sedáku sedačky
tlak v pneumatické pružině

Při použití dynamické zátěže, dále

zdvih velké hmoty zátěže
zdvih malé hmoty zátěže

Zkušební zařízení je na obr. 1.

Snímače 1, 2, 3 snímají absolutní zdvih, t.j. jsou připojeny k tuhému rámu, pevě spojenému se základnou pulzátoru. Snímače 4, 5 snímají relativní zdvih odpružených hmot vůči rámu dynamické zátěže.



1 - PD 200 snímač zdvihu; součást servoválce

2 - PD 200 snímač zdvihu

3 - PD 200 snímač zdvihu

4 - RC 100 snímač zdvihu

5 - RC 50 snímač zdvihu

6 - snímač zrychlení B & K

7 - deskový snímač zrychlení

obr. 1

Popis hydraulické a řídící části

Hydraulická část se skládá z hydraulického agregátu HA 250 (provozní tlak 250 bar a průtok 250 dm³/min) a dále z hydromotoru SAVAD 100-200. Řídící část tvoří měřící ústředna a PID regulátor. Měřící ústředna umožňuje vysílat řídící signál a dále snímat a vyhodnocovat 16 kanálů. Měřící a vyhodnocovací programy jsou vytvořeny v programovacím prostředí LabView.

Popis měřícího řetězce

Při experimentu se sedačkou se zaznamenávají zdvihy, zrychlení a tlak.

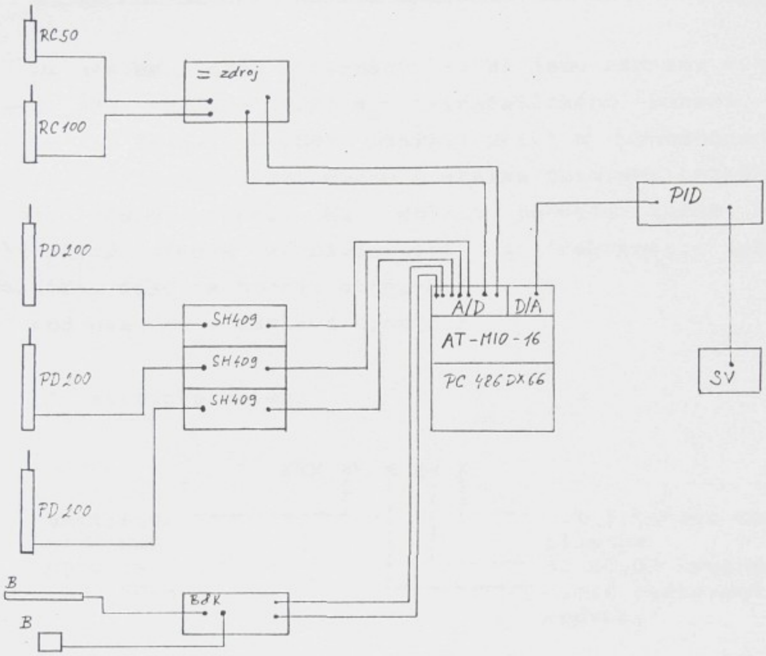
Zdvihy budící desky a pružícího podstavce se měří indukčními snímači, zdvihy jednotlivých hmot dynamické zátěže se měří odporovými snímači.

Pro měření zrychlení se využívaly snímače zrychlení piezorezistivní KULITE a piezoelektrické B&K.

Pro snímání tlaku byl použit tenzometrický snímač tlaku ZPA Jinonice.

Budící signál byl generován počítačem měřící ústředny a přes D/A převodník a PID regulátor veden do servoválce SAVAD. Měřené veličiny byly po potřebných úpravách vedeny na A/D převodník a počítačově zpracovány podle potřeby.

Zapojení snímačů je na obr. 2.



obr. 2

Použité snímače a přístroje

PD 200 - součást SAVADu 100-200, měření polohy měřící desky

PD 200 M028986 - měření polohy pružícího mech. sedačky

PD 200 M028985 - měření polohy na sedáku sedačky

RC 50 - měření zdvihu malé hmotnosti dyn. zátěže

RC 100 - měření zdvihu velké hmotnosti dyn. zátěže

B&K 4326 - měření zrychlení na desce pulzátoru

B&K 4322 - měření zrychlení na sedáku sedačky

GAD 813 2x - měření zrychlení

tenzometrický snímač tlaku

elektronika SH 409

stabilizovaný zdroj

můstek M 1000

8 kanálový nábojový zesilovač B&K 5969

PID regulátor

2. Měření sedačky Karosa buzené determinovaným signálem

Na následujících přílohách (1-38) jsou záznamy vyhodnoceného měření při různých režimech kinematického buzení. Na horním obrázku je časový průběh obálky kmitů s vyhodnocenou střední výchylkou vynesen silnou čarou a obálka časového průběhu budícího signálu slabou čarou. Na dolním obrázku každé přílohy je amplitudový přenos v závislosti na frekvenci, jež odpovídá okamžitému času na horním obrázku.

Kód uvedený v záhlaví označuje

Při statické zátěži

XXX XX X XX.X

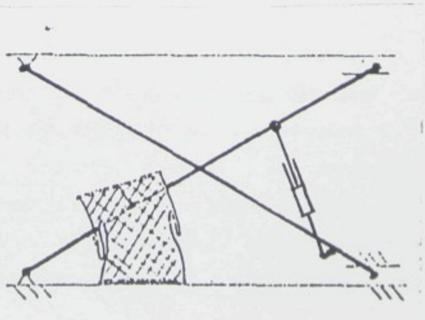
- amplituda (XX): H1 - 5mm, H2 - 18mm, O - 35mm
- M,S,T tuhost nastavení tlumiče (.X)
- 40,60,80 hmotnost zátěže (XX)
- H,D,S nastavení výšky sedačky (X)

Při dynamické zátěži

XXX H1 X DY.1

- typ sedačky (XXX): K95, KC, ISR, ISQ
- 1,2,3 tuhost tlumiče (.1)
- dynamická zátěž (DY)
- H,D,S nastavení výšky sedačky (X)

Pružící podstavec sedačky Karosa (prototyp 93) je realizován nůžkovým mechanizmem a zavěšení pneumatické pružiny a regulovatelného hydraulického tlumiče je patrné z následujícího obrázku:



Nakonec uvedeme, že pokud je vyhodnocen jiný průběh, než absl. výchylka kmitů horní základny sedačky resp. její přenos, znamená

Z buzení

Y_1 absol. výchylka horní základny

Y_2 absol. výchylka rámu dynamické zátěže

Y_3 absol. výchylka větší hmoty dyn. zátěže

Y_4 absol. výchylka menší hmoty dyn. zátěže

Na přílohách 1 - 5 jsou porovnány výsledky měření pro kvaziharmonické buzení s amplitudou H2 = 18 mm se třemi velikostmi statické zátěže 40, 60, 80 kg, při různých nastaveních výšky sedačky a tvrdostí tlumiče. Z porovnání s přílohami 5a,b,c a 6a,b,c pak můžeme vidět rozdíly v přenosu, když je zkoušená sedačka opatřena statickou či dynamickou zátěží se stejnou výslednou hmotností. Je patrné, že dynamická zátěž - zvláště z porovnání (5b,7b) a (5c,7c) vykazuje příznivější průběhy přenosu než zátěž statická.

Na dalších přílohách můžeme sledovat vliv pěny druhého vibroizolačního stupně. Přílohy 7 a 8 se týkají přenosu mezi horní základnou sedačky a budícím zdvihem; přílohy 9 a 10 přenosu mezi rámem dynamické zátěže a budícím zdvihem; na přílohách 11 a 12 je vynesen průběh přenosu mezi rámem dyn. zátěže a horní základnou sedačky. Je patrné, že přenos s rostoucí frekvencí v oblasti [0.4Hz] monotónně roste a negativně ovlivňuje vibroizolaci.

Kvaziharmonické buzení s amplitudou H2=18mm se týká oblasti [0.4 - 4 Hz]; frekvence se zvyšuje v intervalu [0 - 40 s] a lze připustit, že budící signál je kvazistacionární. Anomální průběhy odezvy (viz.1c) jsou způsobeny elektr. poruchami budícího signálu.

Kvaziharmonické buzení s amplitudou H1=5mm se týká oblasti [0.4 - 8 Hz]; frekvence se zvyšuje v intervalu [0 - 80 s] a lze rovněž připustit, že budící signál je kvaziharmonický. Malá amplituda buzení způsobuje, že k relativnímu pohybu pružícího podstavce dochází později (teoreticky při 1,9x vyšší frekvenci). Obálka rozvinutých kmitů je v podrezonanční i částečně v rezonanční oblasti doprovázena stejnosměrnou složkou. To je zapříčiněno zejména pásmem necitlivosti korekčního systému. Přílohy 13 - 18 se týkají statické zátěže (kód je analogický předešlému); bylo aplikováno měkké a střední nastavení tvrdosti tlumiče.

Opět z porovnání přílohy (17a,b,c)(18a,b,c)a (19a,b,c)(20a,b,c) lze posoudit rozdíl statické a dynamické zátěže při jejich stejné hmotnosti 80 kg. Je stejný jako v předešlém případě buzení větší amplitudou:zejména v nadrezonanční oblasti dává experiment s dynamickou zátěží příznivější průběhy přenosu mezi zdvihem horní a dolní základny pružícího podstavce.

Na přílohách 21 a 22, je zaznamenána obálka kmitů rámu dynamické zátěže a přenos amplitud těchto kmitů vůči budící amplitudě; porovnáme-li tyto výsledky s výsledky měřené na přílohách 19 a 20 můžeme odvodit vliv pěny: v nadrezonanční oblasti (do 8Hz) zvyšuje amplitudy vybuzených kmitů. Je to stejný závěr jako v případě buzení velkou amplitudou (i když bychom rádi očekávali spíše opačný výsledek).

Na dalších přílohách je sledován přenos jednotlivých hmot dynamické zátěže. Příloha 23b znázorňuje přenos menší hmoty m_4 pro střední nastavení tlumiče (.2) a střední výšce (S). V porovnání s tím (23a resp. 23c) znázorňují případy měkkého (23a) a tvrdého (23c) nastavení tlumiče; na druhé straně z porovnání (23b) a příloh (24a) a (24b) je patrný vliv výškového přestavení při středním nastavení tlumiče.

Analogicky tomu znázorňují varianty (25a,b,c) přenos kmitů větší hmoty m_3 při měkkém nastavení tlumiče,(26a,b,c) při středním nastavení tlumiče, (27a,b,c) při tvrdém nastavení tlumiče. Přitom je vždy: a - dolní nastavení výšky, b - střední a c - horní nastavení výšky.

Na přílohách 28, 29, 30 jsou časové průběhy relativních zdvihů větší a menší hmoty při standardním harmonickém buzení s amplitudou 18 mm; (tři různé nastavení výšky a tři různé nastavení tlumiče). Horní časový průběh se týká malé hmoty (m_4), spodní větší hmoty (m_3); vidíme, že k intenzivnímu relativnímu pohybu vůči rámu dynamické zátěže dochází až v nadrezonanční oblasti. Anomální průběh zdvihu na příloze 30a byl způsoben povolenou aretací sklápění sedačky.

Konečně na přílohách 31a,b,c a 32a,b jsou při různých výškách a různých nastavení tlumiče porovnány časové průběhy absolutního vertikálního zrychlení. Akcelerometr byl umístěn na rámu dynamické zátěže. Je patrné, jak negativní vliv má v nadrezonanční oblasti tvrdé nastavení tlumiče.

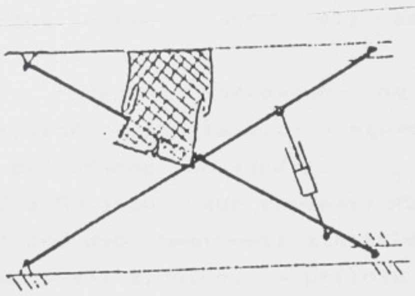
Přílohy 33a,b znázorňují odezvy sedačky se statickou zátěží při skokovém (obdelníkovém)budícím signálu při hmotě 40 kg; a měkkém a středním nastavení tlumiče; přílohy (34a,b) totéž při hmotnosti 80 kg. Z porovnání této přílohy s následující přílohou (35a,b) znázorňující odezvu sedačky na jednotkový skok s dynamickou zátěží můžeme registrovat podstatný rozdíl v reakci zejména u měkkého nastavení tlumiče.

Konečně na přílohách 36 až 38 (tři různé výšky, tři nastavení tlumiče) jsou znázorněny časové průběhy absolutních zdvihů horní základny pružícího podstavce (silná čára) a rámu sedačky (slabá čára) - je patrný nepodstatný vliv pěny při tomto typu buzení.

3. Měření sedačky Isring buzené determinovaným signálem

Na přílohách 39-69 jsou výsledky měřené sedačky Isring (model 1993). Kód, uvedený v záhlaví jednotlivých příloh je stejný jako v předešlém případě.

Pružící podstavec sedačky Isring je realizován nůžkovým mechanizmem a zavěšení pneumatické pružiny a regulovatelného hydraulického tlumiče je patrné z následujícího obrázku.



obr.4

Na přílohách 39 - 44 jsou výsledky simulace sedačky Isring (model 1993) pro kvaziharmonické buzení s amplitudou 5 mm alternované výškové přestavení (D,S,H) a tvrdost tlumiče (M,S). Anomální průběhy přenosů v oblasti (5 - 5.5Hz) viz např. přílohy (42c,44c), vysvětlujeme chybnou funkcí tlumiče a jeho ztvrdnutím při určité pístové rychlosti, nikoliv vznikem subharmonické rezonance, jež potřebuje ke svému vzniku vždy velmi malé tlumení. Právě z tohoto důvodu nebyl ani tlumič nastavován na tvrdý režim (T).

Na přílohách 45 - 50 jsou výsledky simulace pro kvaziharmonické buzení s amplitudou do 18 mm, frekvence v rozmezí 40 s. zvýšila z 0.4 na 4 Hz. K výše zmíněné anomálii nedojde, i když tlumič dosáhne zřejmě vyšších pístových rychlostí, než v předchozím případě buzení amplitud 3,6 krát menší. Poznamenejme, že pro hmotnosti 40kg a 60kg se jeví vibroizolační systém podstavce jako přetlumený a při nastavení tlumiče na vyšší tvrdost by byl amplitudový přenos pravděpodobně roven jedné v celém frekvenčním rozsahu.

Výsledky měření na přílohách 51, 52 se týkají dynamické zátěže při stejné amplitudě buzení. Porovnáme-li jednotlivé varianty s variantami na přílohách 49, 50 (stejné hmotnosti statické a dynamické zátěže), je patrné, že statická zátěž dává vesměs vyšší hodnoty přenosu v nadrezonanční oblasti než zátěž dynamická.

Na příloze (53a,b,c,d) jsou porovnány přenosy absolutních výchylek horní základny sedačky (a), rámu dyn. zátěže (b), větší hmoty (c), malé hmoty (d). Zajímavé je porovnání (a) a (b), z něhož vyplývá, že pěna zhorší téměř v celé amplitudové oblasti přenos.

Tento závěr je podrobně předveden na přílohách 54 - 56(alternativně nastavené výšky (a,b,c) nastavení tlumiče), kde je zobrazen amplitudový přenos pěny:Y_2/Y_1.

Na přílohách 57 a 58 jsou uvedeny odezvy na obdelníkový skok (s amplitudou 35 mm) pro dvě hmotnosti statické zátěže 40 a 80kg a měkké a střední nastavení tlumiče, na příloze 59 pro dynamickou zátěž. Ze srovnání (58a, 59a) a (58b, 59b) vidíme, že pružící podstavec s dynamickou zátěží je vůči statické relativně méně zatlumen a vykazuje větší rozkmity odezvy.

Přílohy 60 a 61 dokumentují prakticky shodné zdvihy u horní základny nůžek a rámu dynamické zátěže (60a,b,c - vliv nastavení tlumiče (61a, 60b, 61b) přestavení výšky.

Přílohy 62 a 63 dokumentují zdvihy obou pružně uložených hmot dynamické zátěže při obdélníkovém skoku - (62a,b,c) vliv tlumiče a (63a, 62b a 63b) vliv přestavné výšky.

Přílohy 64 a 65 dokumentují časové průběhy zrychlení na rámu dynamické zátěže (64a,b,c + vliv tlumení; (65a, 64b, 65b) vliv přestavné výšky.

Konečně přílohy (66a,b,c) ukazují časové průběhy tlaku na místě vstupního otvoru do pneumatické pružiny. Kolísání tlaku nepřesahuje 2,5 baru.

Na přílohách 67, 68 jsou časové průběhy relativních zdvihů obou hmot dynamické zátěže při kvaziharmonickém buzení; alternativy 67a,b,c - vliv tlumení 68a, 67b, 68b vliv přestavení výšky.

Příloha 69a,b dokumentují časový průběh tlaku na vstupu do pneumatické pružiny a zrychlení na základně panáku.

4. Měření sedačky Karosa, buzené kinematickým stochastickým signálem

V tomto případě bylo využito nového přenosného měřícího systému SVÚSS a. s.
Toto špičkové zařízení se skládá s přenosného počítače typu notebook IBM ThinkPad 755Cs s procesorem 486DX2, měřicí karty PCL 818(A/D převodník), analogového filtru, baterií pro napájení systému a ze vstupní a výstupní jednotky pro 16 A/D vstupů a 2 D/A výstupy.

Tento počítač je vybaven programem HVLAB určeným pro měření, sběr a analýzu dat, který obsahuje řadu funkcí pro frekvenční analýzu, digitální filtraci a jiné operace s naměřenými daty. Program byl zhotoven v Institutu hluku a vibrací na univerzitě v Southamptonu v odboru výzkumu vlivu faktorů na člověka. Program HVLAB umožňuje analýzu vibrací dle Britských i mezinárodních hygienichých norem.

Uvedený systém byl využit k vysílání analogového řídícího signálu do pulzátoru pro jeho pohyb a současně byl zaznamenáván průběh zrychlení desky pulzátoru, na němž byla připevněna sedačka (kinematické buzení) a také zrychlení sedačky(odezva). K měření zrychlení bylo užito tříosých snímačů zrychlení B&K typu 4326 a 4322.

Na příloze 70 je záznam čas. signálu zrychlení na podlaze nákl. automobilu, jedoucího přes železniční přejezd. Čas. průběh zrychlení, rychlosti(po 1.integraci) a výchylky(po 2.integraci) a vyhodnocení spektrální výkonové hustoty je na příloue 70. Zdvihový signál(posuv Z) sloužil jako vstupní signál pro kinematické buzení elektrohydraulického pulzátoru, na němž byla zkoušena sedačka Karosa a to

1) jako pružící podstavec se stat. zátěží 80kg(přílohy 71-73) vždy pro tři alternativy nastavení výšky a tři alterenativy nastavení tlumiče

2) kompletní s dynamickou zátěží 80kg(přílohy 74-76) ve stejných alternativách

Ze srovnání je patrné: zrychlení na rámu dynamické zátěže vykazuje ve většině případů větší rozdíl špičkových hodnot než na statické zátěži, zatímco po dvojí integraci(rozdíl špiček hodnot u zdvihů) je větší u statické zátěže.

Pokud porovnáváme průběhy spektrální výkonové hustoty v oblasti (0,10Hz), vyznačují se všechny maximem 2,3-2,5Hz, odpovídající rezonanční frekvenci sedačky. Hodnota tohoto maxima roste se zvyšující se tvrdostí tlumiče pro všechny alternativy výškového přestavení. Hodnota maxima je u statických zátěží vyšší než u dynamických.

Na přílohách 70 až 79 jsou výsledky třetinoktávové analýzy snímaného zrychlení na sedačce. Ve frekvenční oblasti (0,20Hz) jsou v každém třetinoktávovém pásmu vyneseny efektivní hodnoty zrychlení pro statickou a dynamickou zátěž vedle sebe.

V pásmu (2,5-18,5Hz) jsou hodnoty efektivního zrychlení u statické zátěže vyšší než u dynamické. Tento závěr platí i pro frekvence 16 a 20Hz pro horní nastavení výšky ve velké většině případů a pro frekvence 1,0 až 1,6Hz pro dolní a střední polohu. Zvláště význačné rozdíly jsou v pásmech se střední frekvencí (8,10,12.5Hz).

5. Závěr

Ještě než přejdeme k závěrečnému hodnocení experimentu, je třeba si uvědomit, že vlastní frekvence pružně zavěšených hmot dynamické zátěže leží nad rezonanční frekvencí pružícího podstavce, takže při kvaziharmonickém buzení v podrezonanční oblasti 0 -1.2 Hz nedochází k relativnímu pohybu žádné hmoty ani mechanizmu vůči kinematicky buzené spodní základně. V rezonanční oblasti (1.3 - 2.6 Hz) dochází k relativnímu pohybu mechanizmu pružícího podstavce, ale nikoliv k relativnímu pohybu hmot dynamické zátěže vůči horní základně pružícího podstavce. Nad první rezonancí (v oblasti vyšší než 2.6 Hz) se uplatňuje plně vibroizolační efekt: absolutní výchylka kmitů horní základny se ustaluje a amplitudový přenos postupně klesá k velmi malým hodnotám. V oblasti rezonance větší hmoty (4 Hz) a menší hmoty (8 Hz) je buzení rámu dynamické zátěže tedy velmi malé , horní základna sedačky prakticky stojí a dochází jen k malým výchylkám obou hmot, jejichž pružné uložení je navíc opatřeno tlumiči.

Lze tedy očekávat, že rozdíly v experimentálních výsledcích budou jen v nadrezonanční oblasti a to nepříliš výrazné a při skokovém buzení jak determinovaném, tak stochastickém.

1. Tento odhadnutý závěr byl většinou při kvaziharmonickém buzení potvrzen. Systém s dynamickou zátěží se vzhledem k systému se statickou zátěží chová tak, jako by měl vhodněji nastavené měkčí tlumení: vykazuje menší hodnotu přenosu v nadrezonanční oblasti a o něco vyšší hodnotu přenosu v první rezonanci. Přitom je třeba přihlédnout k určité anomálii způsobené např. chybnou funkcí hydraulického tlumiče.

2. Podobně se chová systém s dynamickou zátěží při determinovaném skokovém buzení; zde vykazuje o něco větší hodnoty překmitu (opět jako by měl níže nastavenou tuhost tlumiče). Poznamenejme, že při tomto buzení lze skutečně registrovat relativní výchylky obou hmot dynamické zátěže.

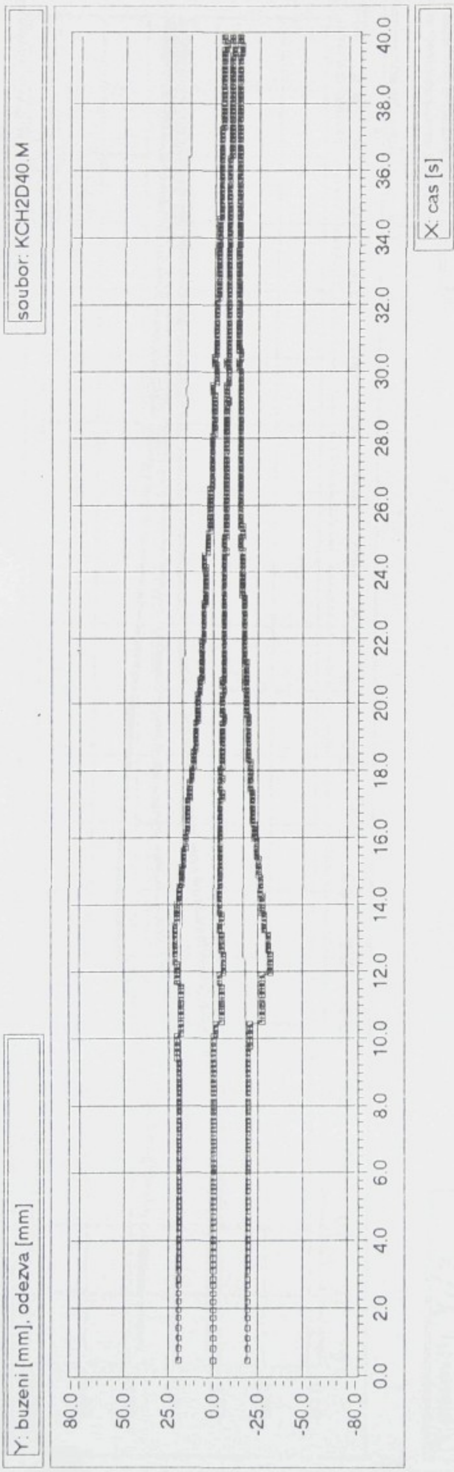
3. Z tohoto důvodu byl vybrán jako stochastický budící signál vzorek přejezdu přes železniční trať. Ale ukázalo se, že přesto, že efektivní hodnota zrychlení v nadrezonančních třetinooktávových pásmech sledovaných hygienickou normou je nižší - špičky zrychlení při přejezdu u dynamické zátěže (hodnocen vzájemný maximální rozdíl v obou směrech) jsou vyšší než u

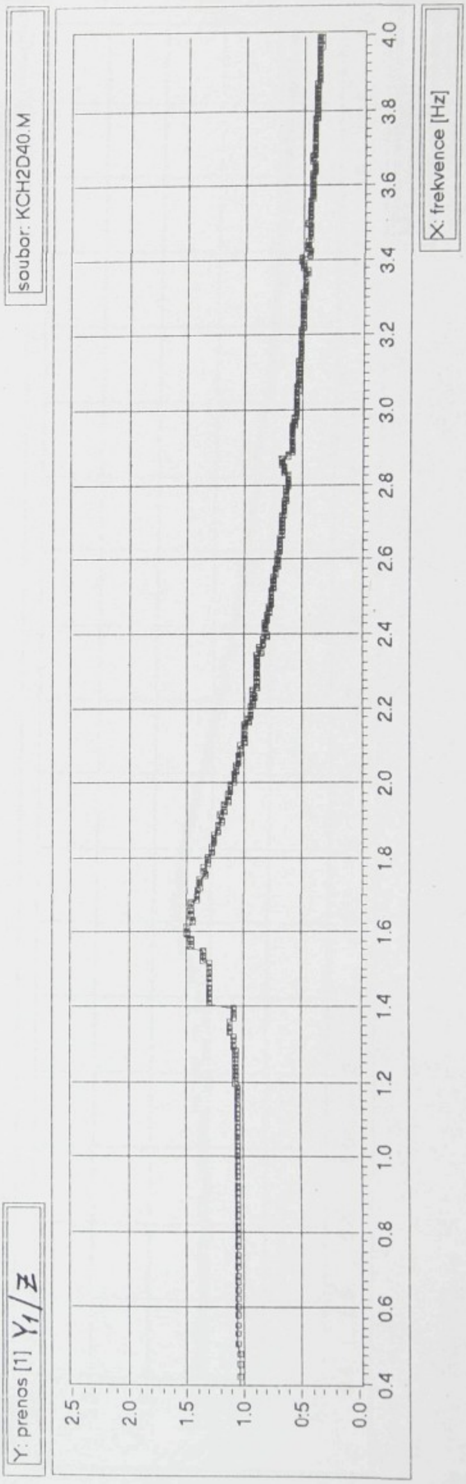
statické.

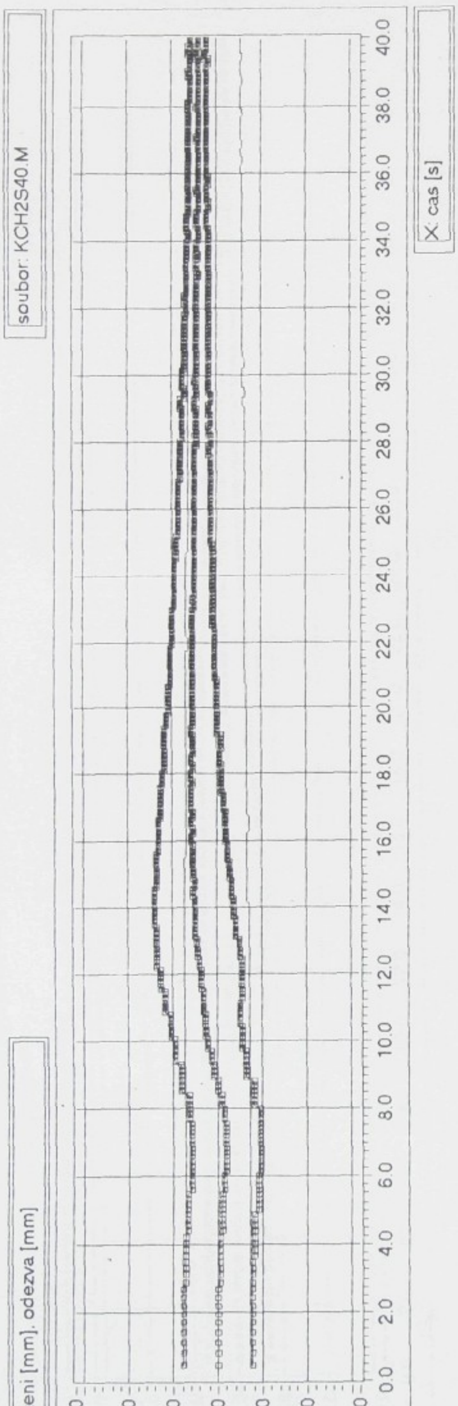
I když nejsou zde uvedená měření u dvou moderních sedaček plně vyčerpávající, lze učinit následující závěr:

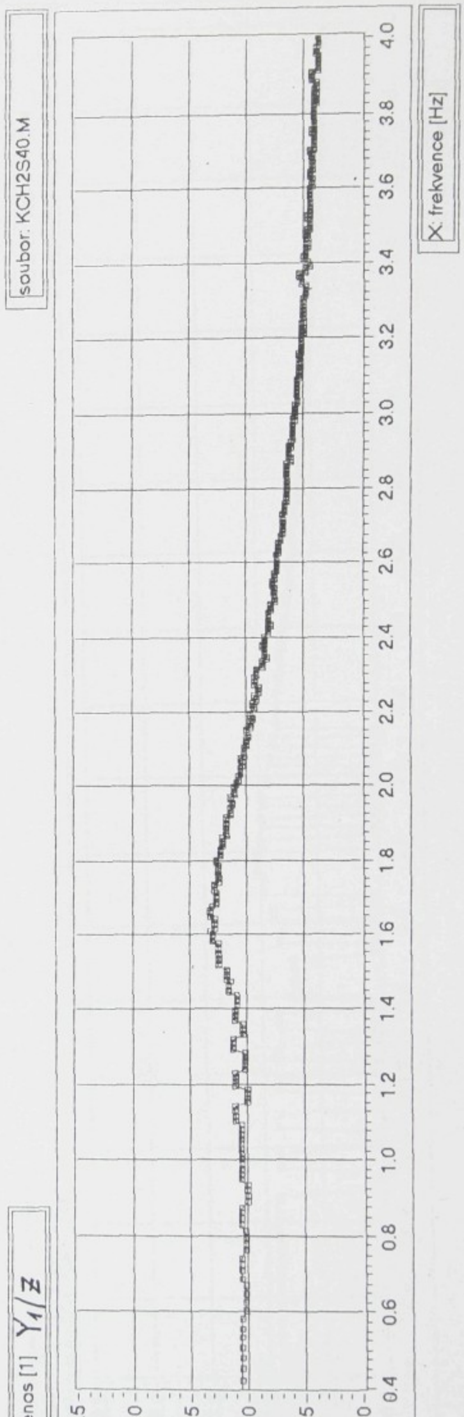
A. Pro základní vyladění systému při kvaziharmonickém buzení lze použít statické zátěže (dává horší výsledky v nadrezonanční oblasti).

B. Splnění hygienické normy je nutné kotrolovat experimentem s dynamickou zátěží, neboť třetinooktávová analýza nedává jednoznačné výsledky v celé frekvenční oblasti.

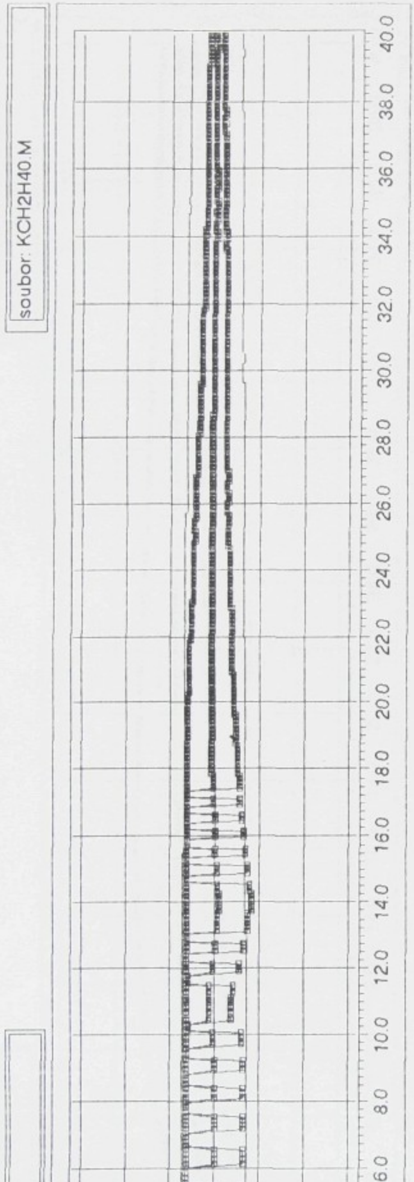

soubor: KCH2D40.M
Y: buzeni [mm], odezva [mm]
X: cas [s]
80.0
50.0
25.0
0.0
-25.0
-50.0
-80.0
0.0
2.0
4.0
6.0
8.0
10.0
12.0
14.0
16.0
18.0
20.0
22.0
24.0
26.0
28.0
30.0
32.0
34.0
36.0
38.0
40.0

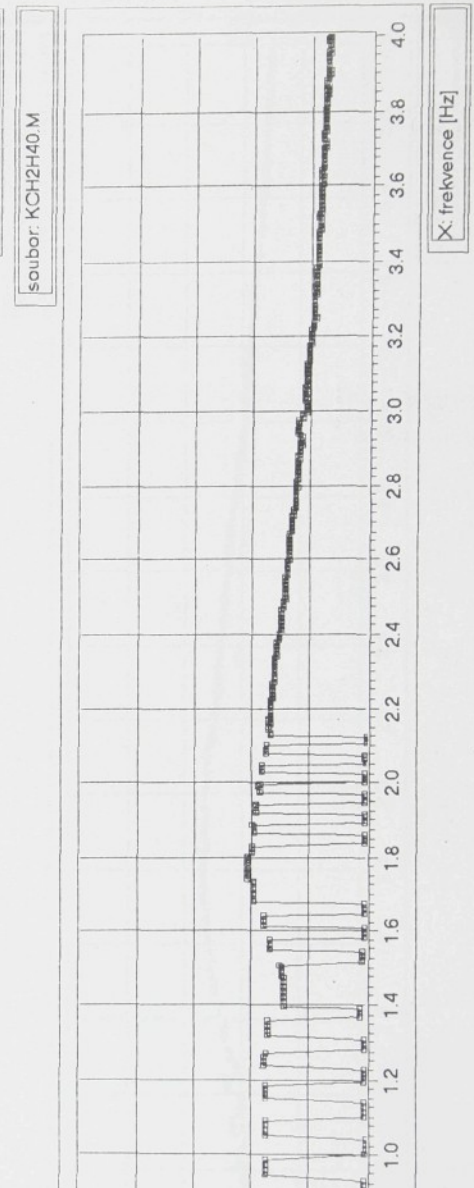

soubor: KCH2D40.M
Y: prenos [1] Y_1/Z
X: frekvence [Hz]
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0.4
0.6
0.8
1.0
1.2
1.4
1.6
1.8
2.0
2.2
2.4
2.6
2.8
3.0
3.2
3.4
3.6
3.8
4.0

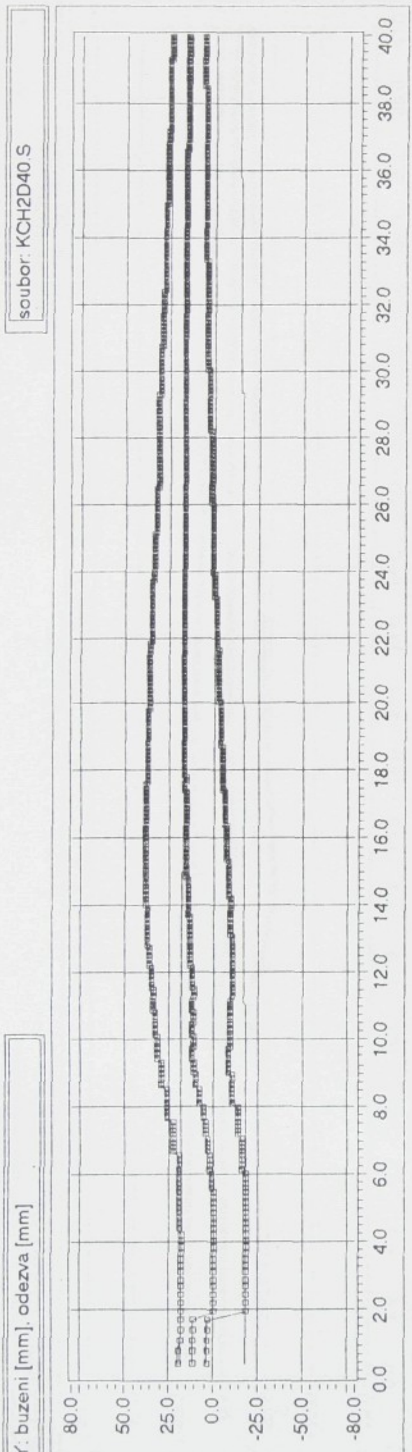

soubor: KCH2S40.M
Y: buzeni [mm], odezva [mm]
X: cas [s]

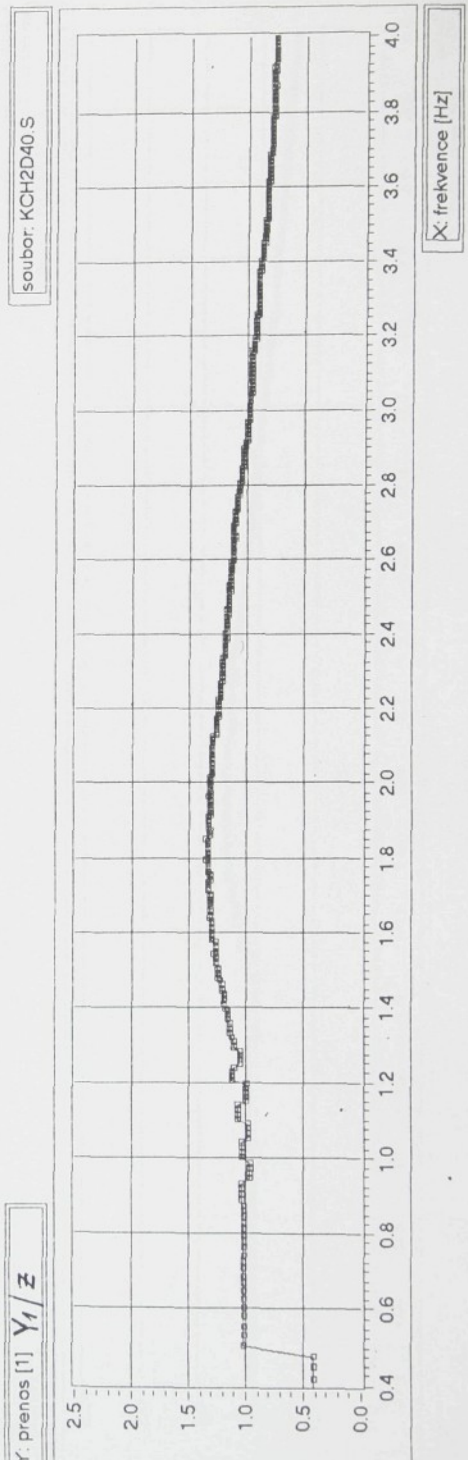

soubor: KCH2S40.M
Y: prenos [1]
Y1/Z
X: frekvence [Hz]

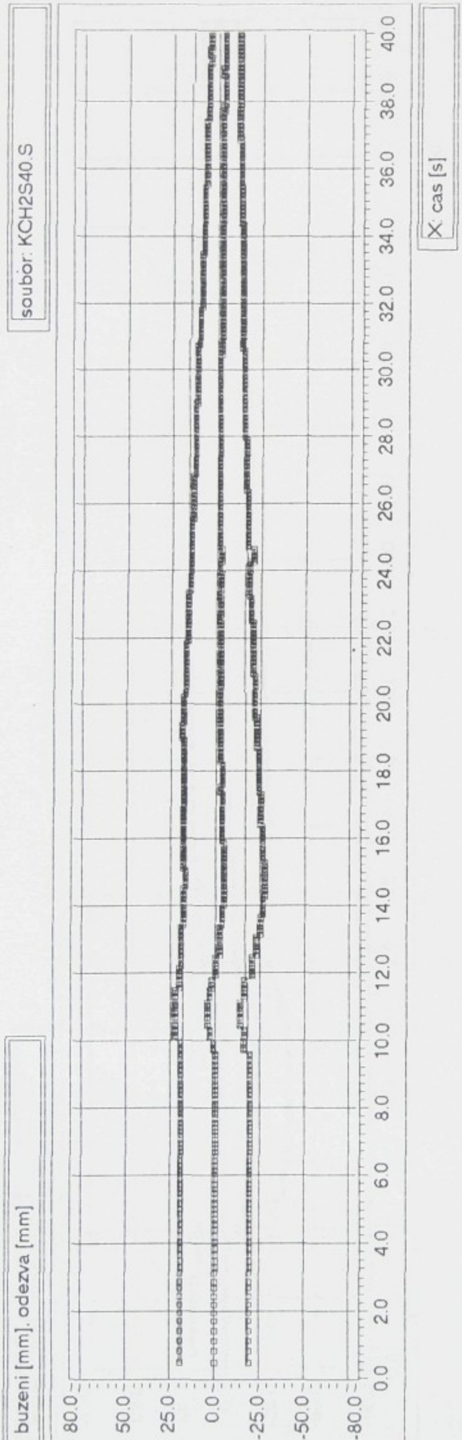
Příloha 1 c

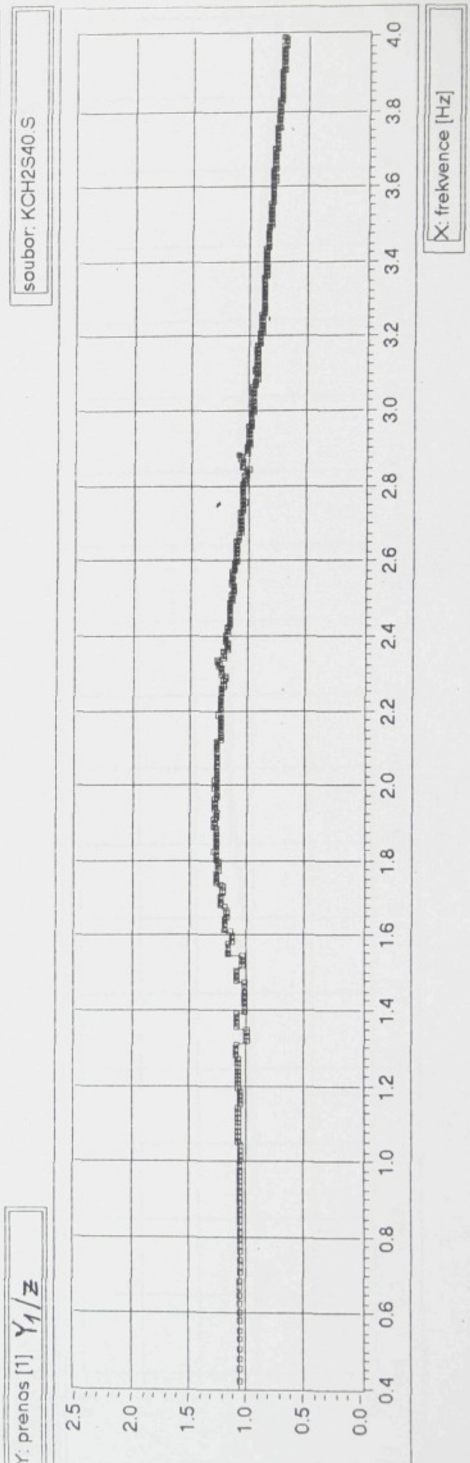

soubor: KCH2H40.M
Y: buzeni [mm], odezva [mm]
X: cas [s]


soubor: KCH2H40.M
Y: prenos [1]
Y1/Z
X: frekvence [Hz]

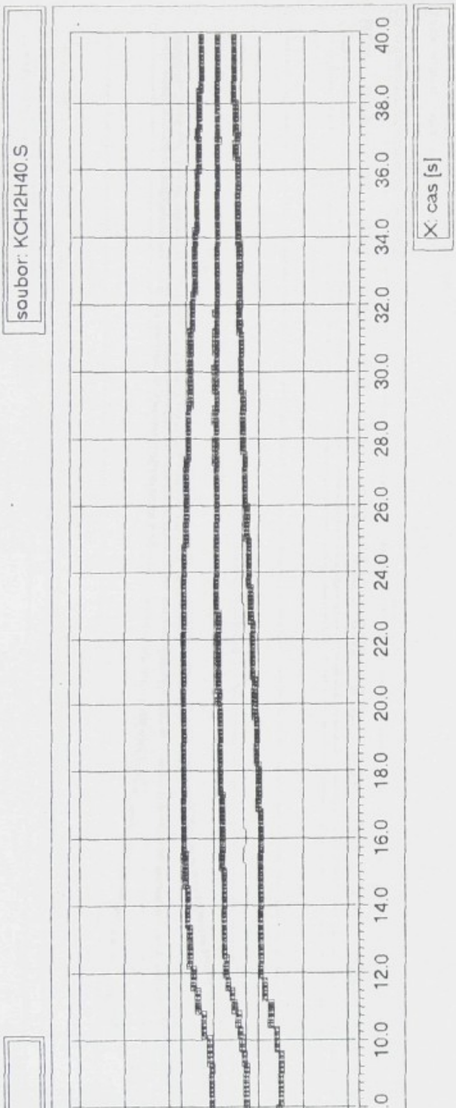

soubor: KCH2D40.S
Y: buzeni [mm], odezva [mm]
X: cas [s]
80.0
50.0
25.0
0.0
-25.0
-50.0
-80.0
0.0
2.0
4.0
6.0
8.0
10.0
12.0
14.0
16.0
18.0
20.0
22.0
24.0
26.0
28.0
30.0
32.0
34.0
36.0
38.0
40.0

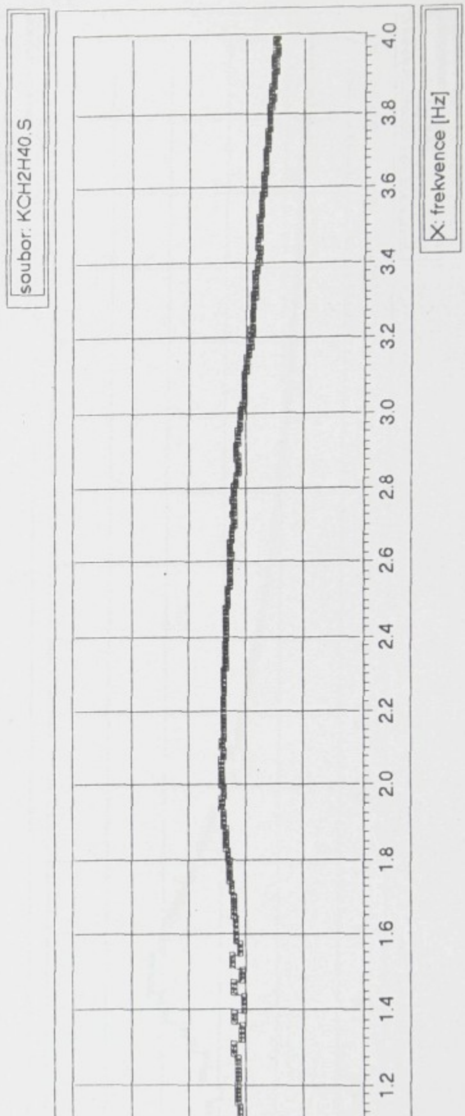

soubor: KCH2D40.S
Y: prenos [1]
Y1/Z
X: frekvence [Hz]
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0.4
0.6
0.8
1.0
1.2
1.4
1.6
1.8
2.0
2.2
2.4
2.6
2.8
3.0
3.2
3.4
3.6
3.8
4.0

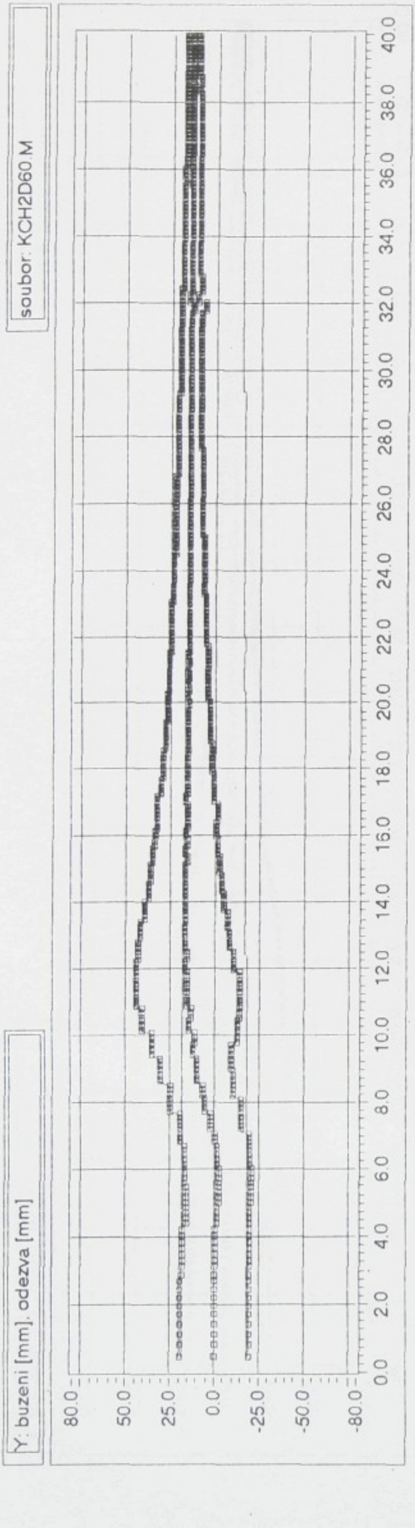

soubor: KCH2S40.S
Y: buzeni [mm], odezva [mm]
X: cas [s]
80.0
50.0
25.0
0.0
-25.0
-50.0
-80.0
0.0
2.0
4.0
6.0
8.0
10.0
12.0
14.0
16.0
18.0
20.0
22.0
24.0
26.0
28.0
30.0
32.0
34.0
36.0
38.0
40.0

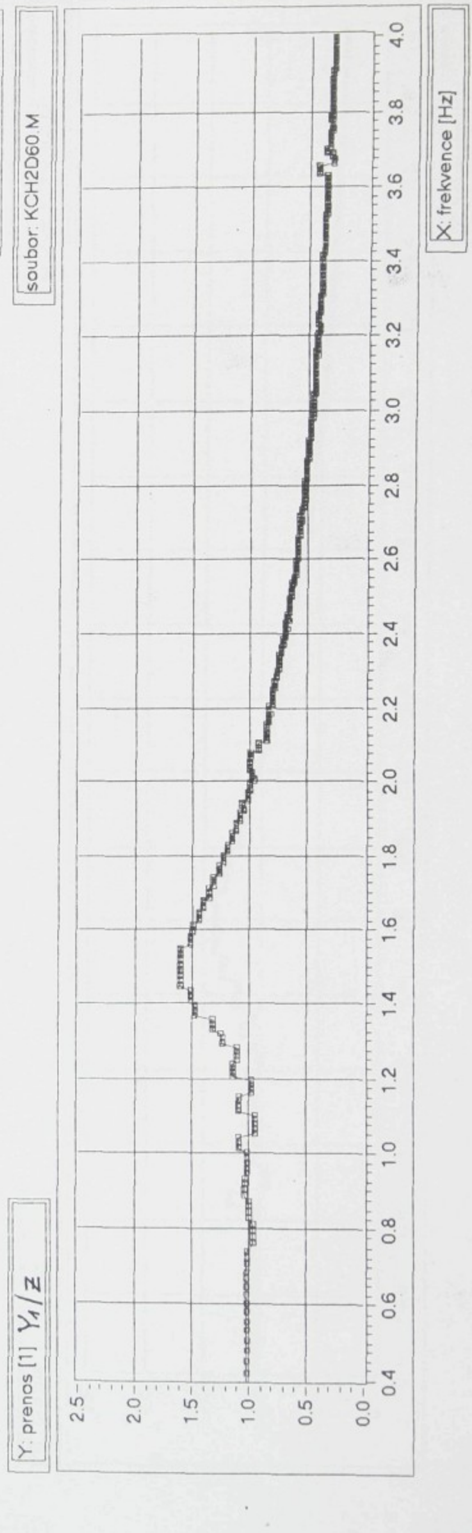

soubor: KCH2S40.S
Y: prenos [1] Y1/z
X: frekvence [Hz]
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0.4
0.6
0.8
1.0
1.2
1.4
1.6
1.8
2.0
2.2
2.4
2.6
2.8
3.0
3.2
3.4
3.6
3.8
4.0

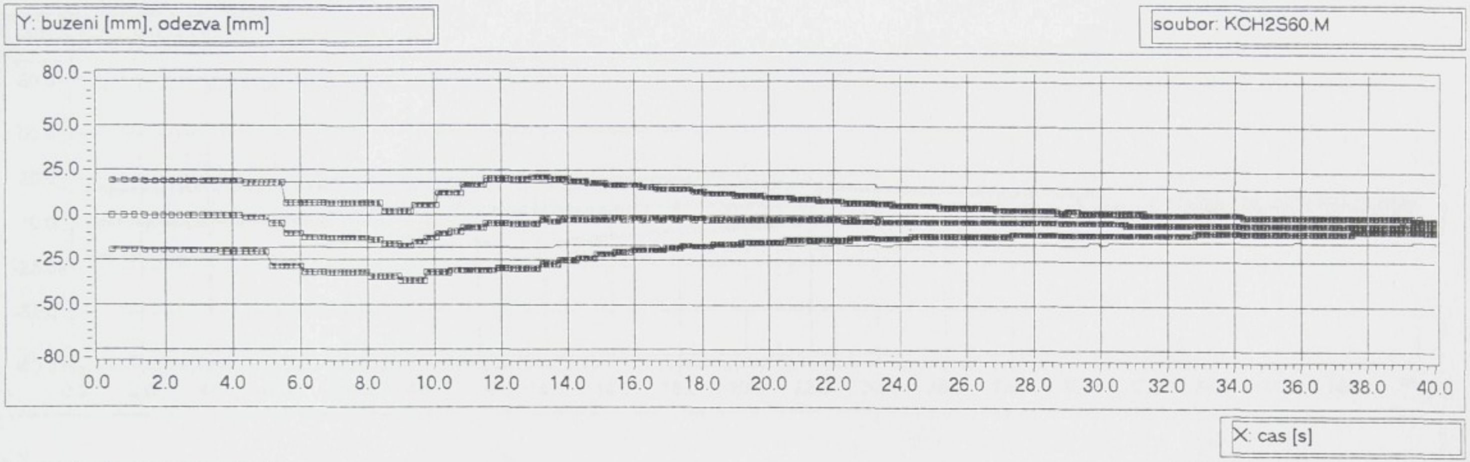
Příloha 2 c

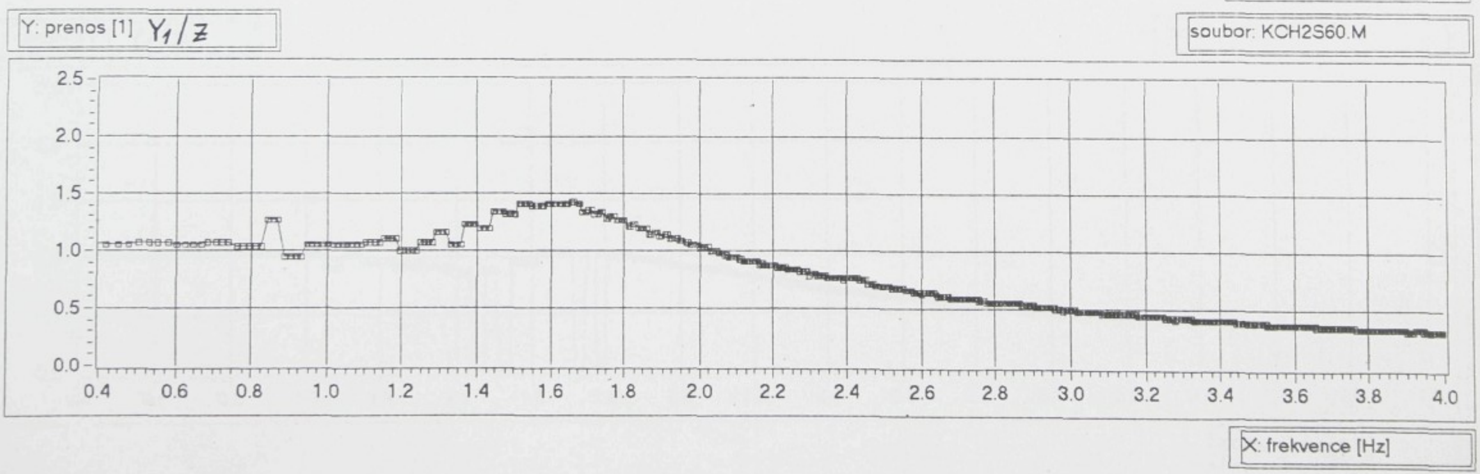

soubor: KCH2H40.S
Y: buzeni [mm], odezva [mm]
X: cas [s]
80.0
50.0
25.0
0.0
-25.0
-50.0
-80.0
0.0
2.0
4.0
6.0
8.0
10.0
12.0
14.0
16.0
18.0
20.0
22.0
24.0
26.0
28.0
30.0
32.0
34.0
36.0
38.0
40.0


soubor: KCH2H40.S
Y: prenos [1]
Y1/Z
X: frekvence [Hz]
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0.4
0.6
0.8
1.0
1.2
1.4
1.6
1.8
2.0
2.2
2.4
2.6
2.8
3.0
3.2
3.4
3.6
3.8
4.0

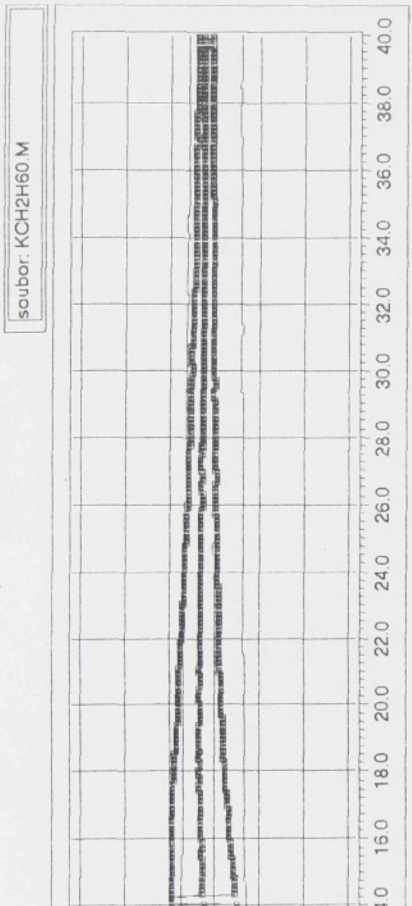

soubor: KCH2D60.M
Y: buzeni [mm], odezva [mm]
X: cas [s]
80.0
50.0
25.0
0.0
-25.0
-50.0
-80.0
0.0
2.0
4.0
6.0
8.0
10.0
12.0
14.0
16.0
18.0
20.0
22.0
24.0
26.0
28.0
30.0
32.0
34.0
36.0
38.0
40.0

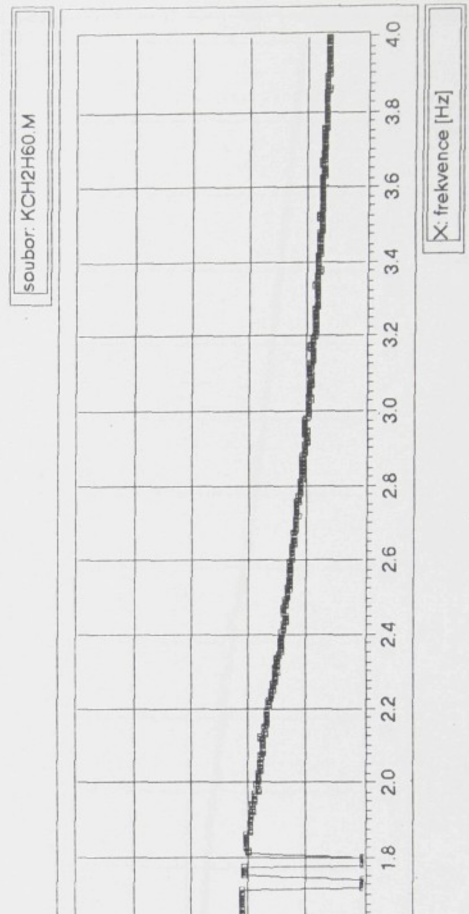

soubor: KCH2D60.M
Y: prenos [1] Y_1/z
X: frekvence [Hz]
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0.4
0.6
0.8
1.0
1.2
1.4
1.6
1.8
2.0
2.2
2.4
2.6
2.8
3.0
3.2
3.4
3.6
3.8
4.0

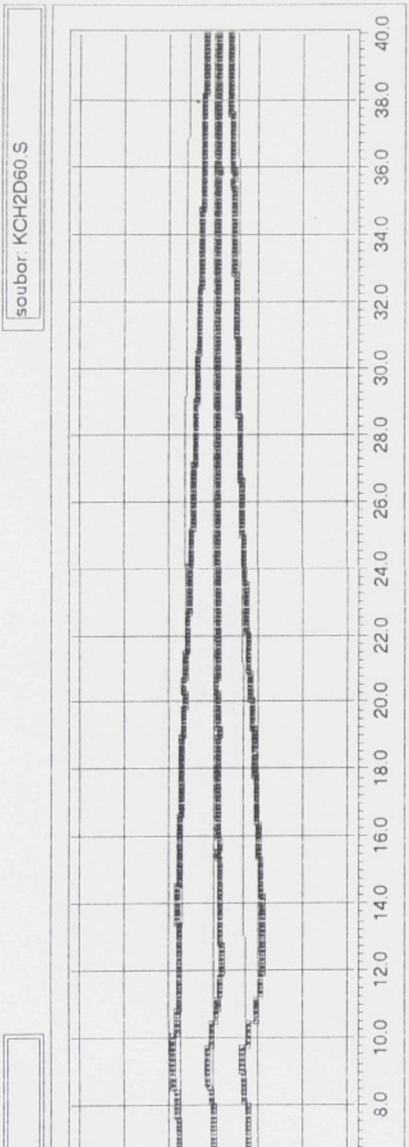

Y: buzeni [mm], odezva [mm]
soubor: KCH2S60.M
80.0
50.0
25.0
0.0
-25.0
-50.0
-80.0
0.0
2.0
4.0
6.0
8.0
10.0
12.0
14.0
16.0
18.0
20.0
22.0
24.0
26.0
28.0
30.0
32.0
34.0
36.0
38.0
40.0
X: cas [s]

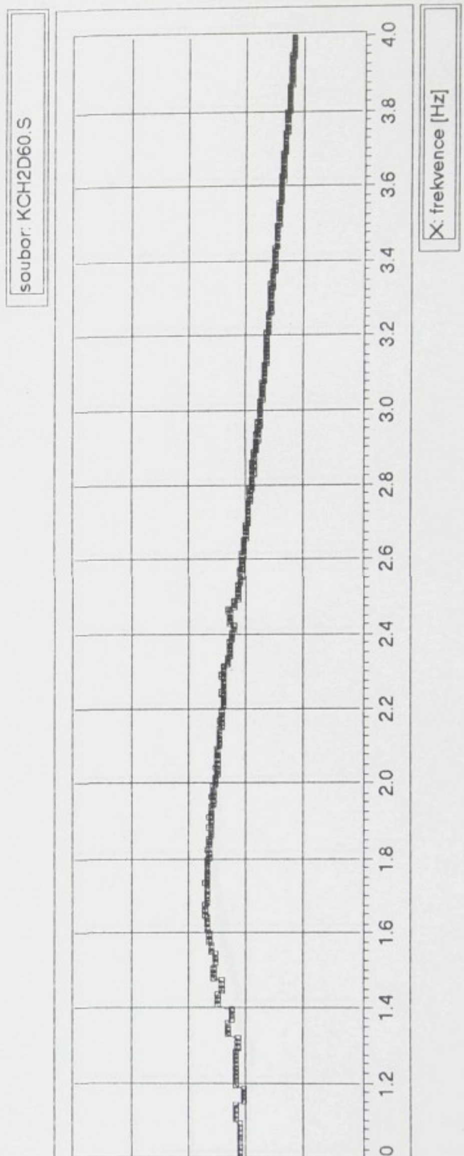

Y: prenos [1] Y_1/Z
soubor: KCH2S60.M
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0.4
0.6
0.8
1.0
1.2
1.4
1.6
1.8
2.0
2.2
2.4
2.6
2.8
3.0
3.2
3.4
3.6
3.8
4.0
X: frekvence [Hz]

Příloha 3 c

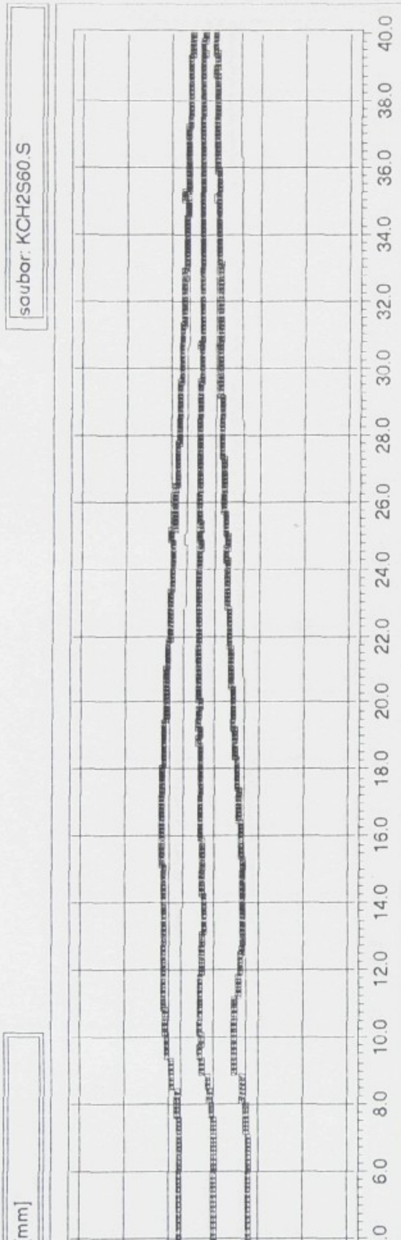

soubor: KCH2H60.M
Y: buzeni [mm], odezva [mm]
X: cas [s]
80.0
50.0
25.0
0.0
-25.0
-50.0
-80.0
0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0 22.0 24.0 26.0 28.0 30.0 32.0 34.0 36.0 38.0 40.0

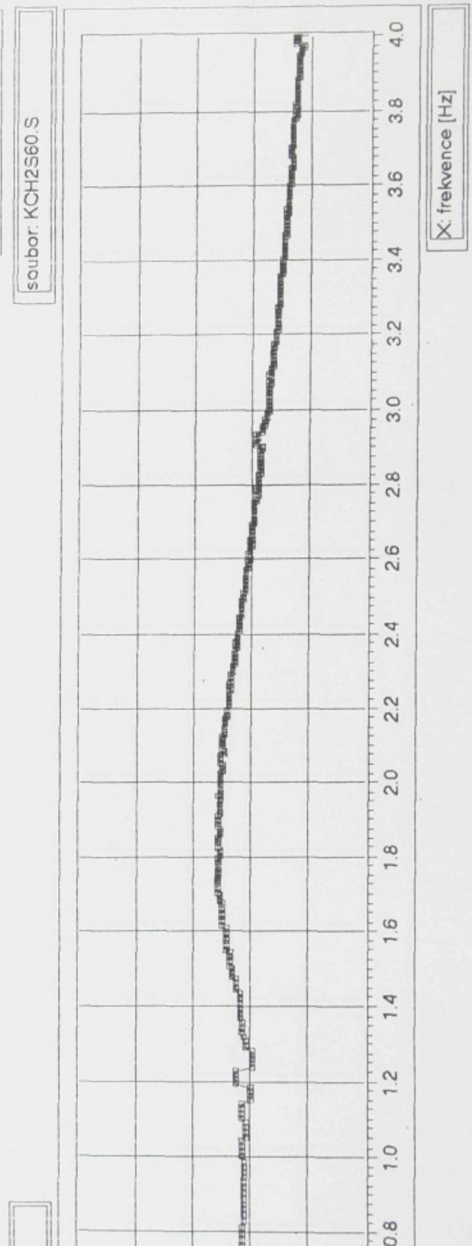

soubor: KCH2H60.M
Y: prenos [1] Y1/Z
X: frekvence [Hz]
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0.4 0.6 0.8 1.0 1.2 1.4 1.6 1.8 2.0 2.2 2.4 2.6 2.8 3.0 3.2 3.4 3.6 3.8 4.0

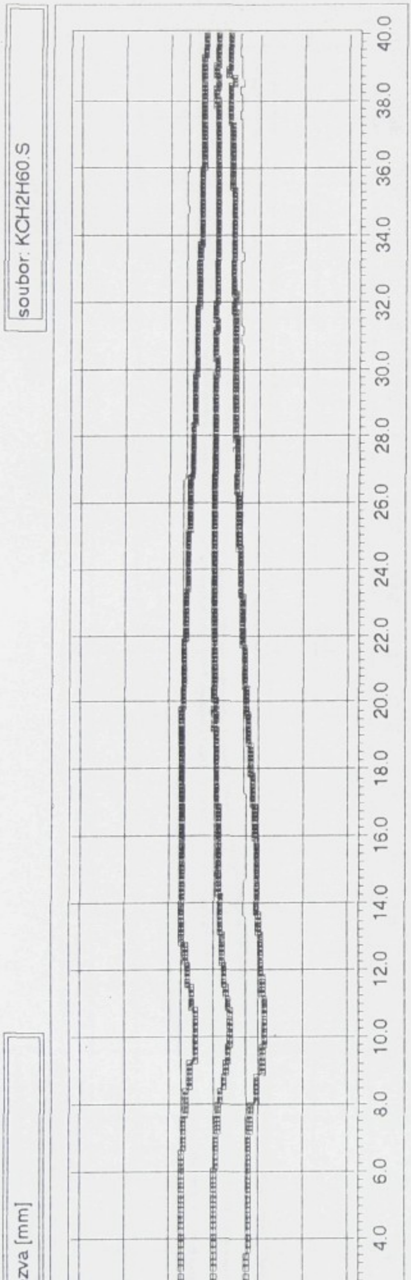

soubor: KCH2D60.S
Y: buzeni [mm], odezva [mm]
X: cas [s]

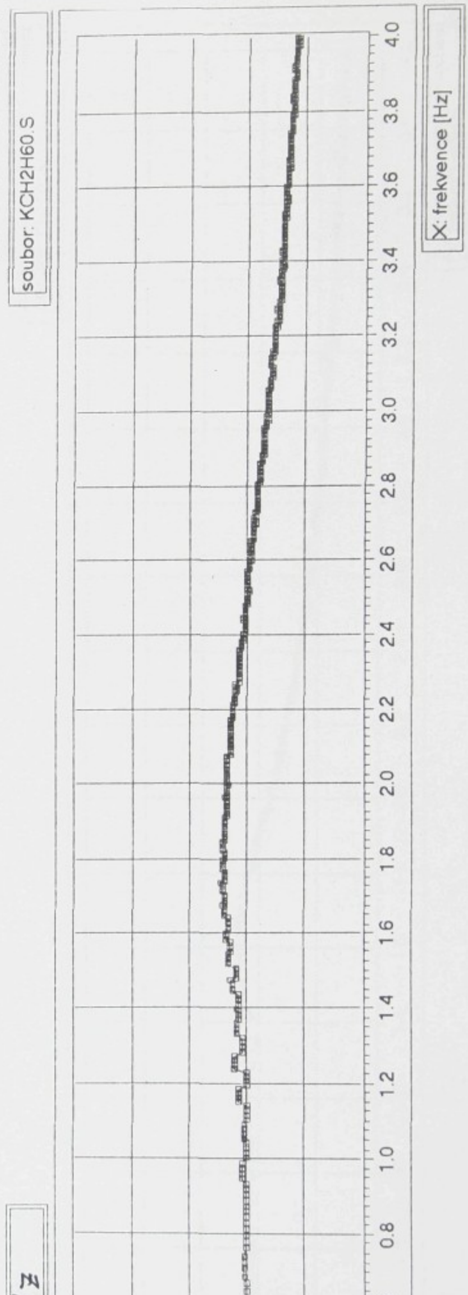

soubor: KCH2D60.S
Y: prenos [1]
Y1/Z
X: frekvence [Hz]

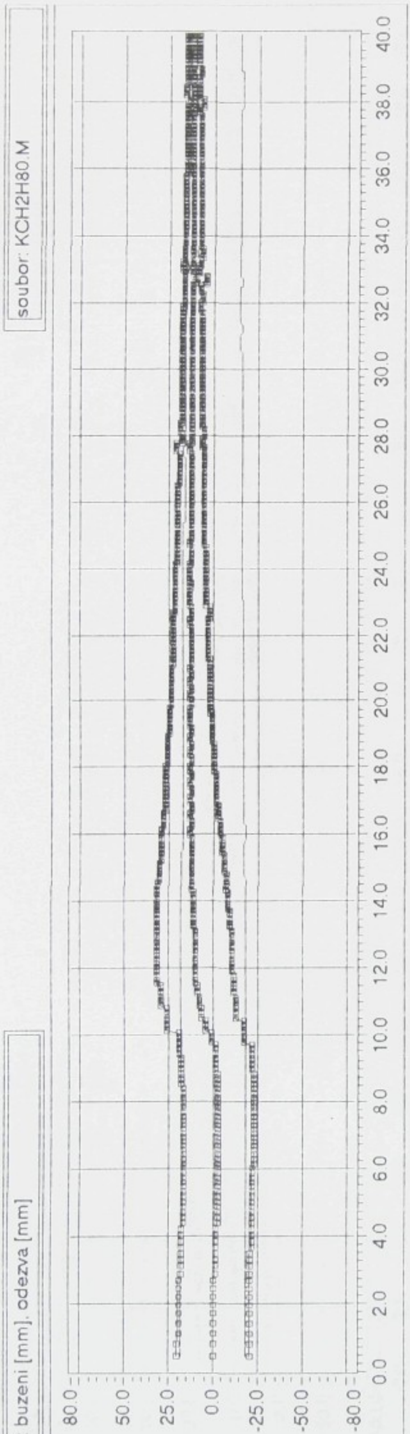
Příloha 4 b

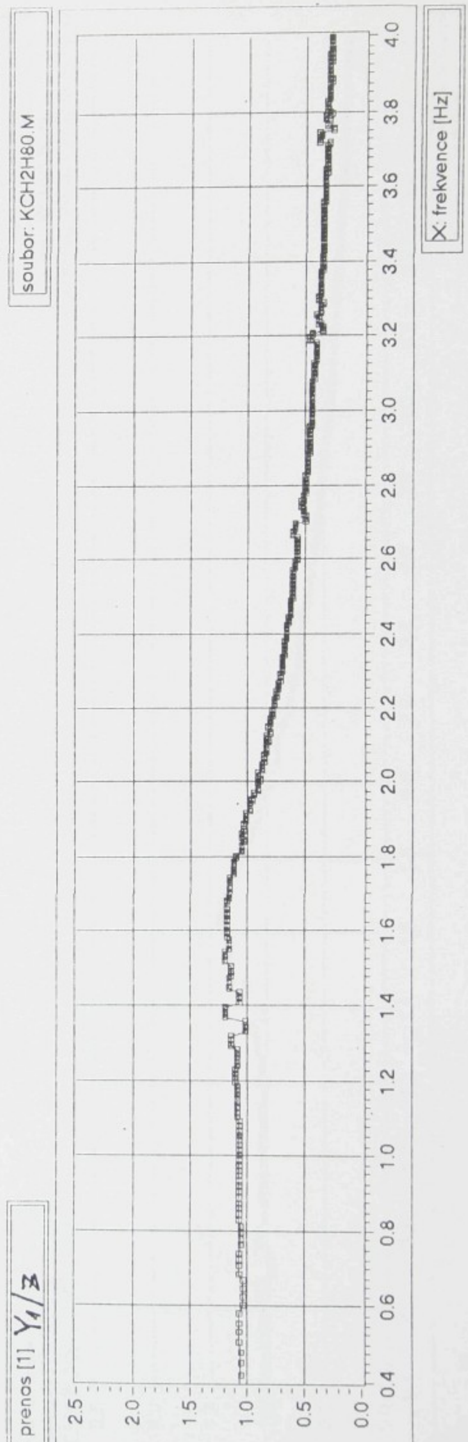

soubor: KCH2S60.S
Y: buzeni [mm], odezva [mm]
X: cas [s]


soubor: KCH2S60.S
Y: prenos [1]
Y1/Z
X: frekvence [Hz]

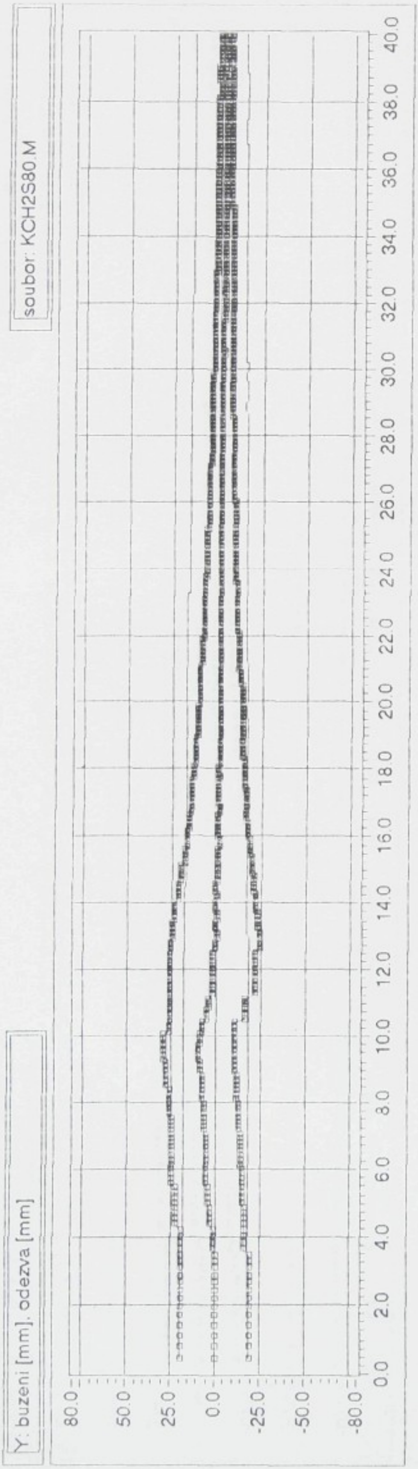

soubor: KCH2H60.S
Y: buzeni [mm], odezva [mm]
X: cas [s]
80.0
50.0
25.0
0.0
-25.0
-50.0
-80.0
0.0
2.0
4.0
6.0
8.0
10.0
12.0
14.0
16.0
18.0
20.0
22.0
24.0
26.0
28.0
30.0
32.0
34.0
36.0
38.0
40.0


soubor: KCH2H60.S
Y: prenos [1] Y1/Z
X: frekvence [Hz]
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0.4
0.6
0.8
1.0
1.2
1.4
1.6
1.8
2.0
2.2
2.4
2.6
2.8
3.0
3.2
3.4
3.6
3.8
4.0

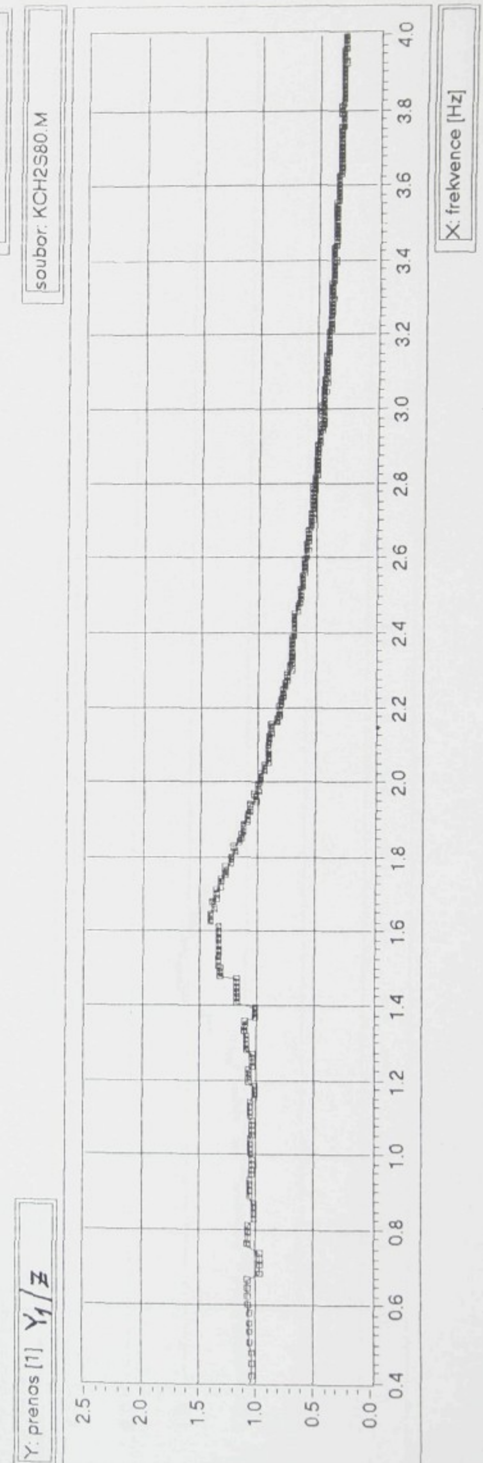

soubor: KCH2H80.M
Y: buzeni [mm], odezva [mm]
X: cas [s]
80.0
50.0
25.0
0.0
-25.0
-50.0
-80.0
0.0
2.0
4.0
6.0
8.0
10.0
12.0
14.0
16.0
18.0
20.0
22.0
24.0
26.0
28.0
30.0
32.0
34.0
36.0
38.0
40.0


soubor: KCH2H80.M
Y: prenos [1] Y1/Z
X: frekvence [Hz]
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0.4
0.6
0.8
1.0
1.2
1.4
1.6
1.8
2.0
2.2
2.4
2.6
2.8
3.0
3.2
3.4
3.6
3.8
4.0

Příloha 5 b

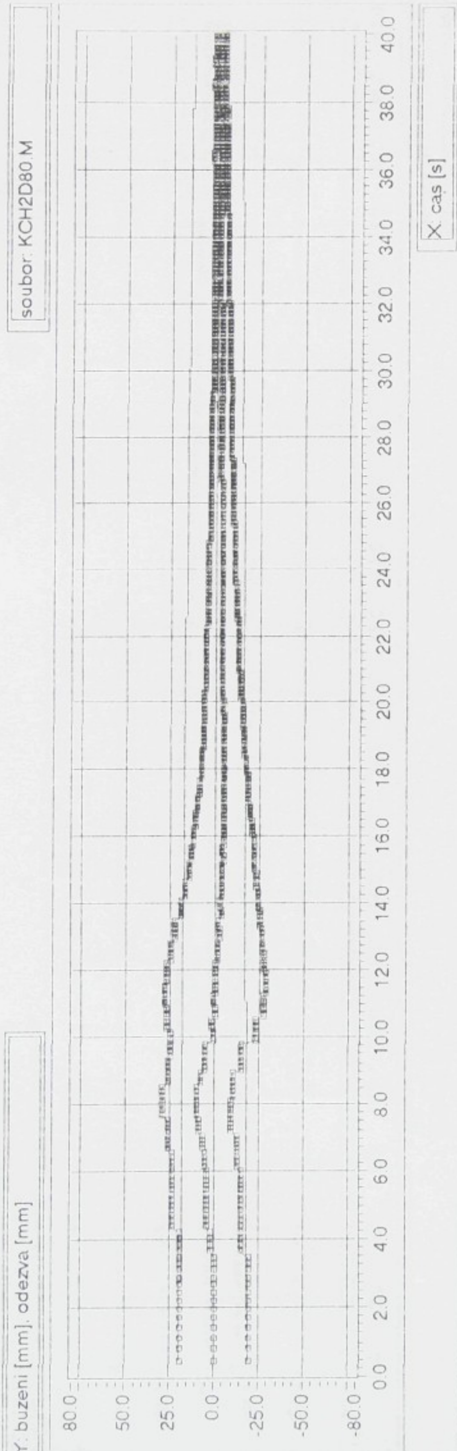


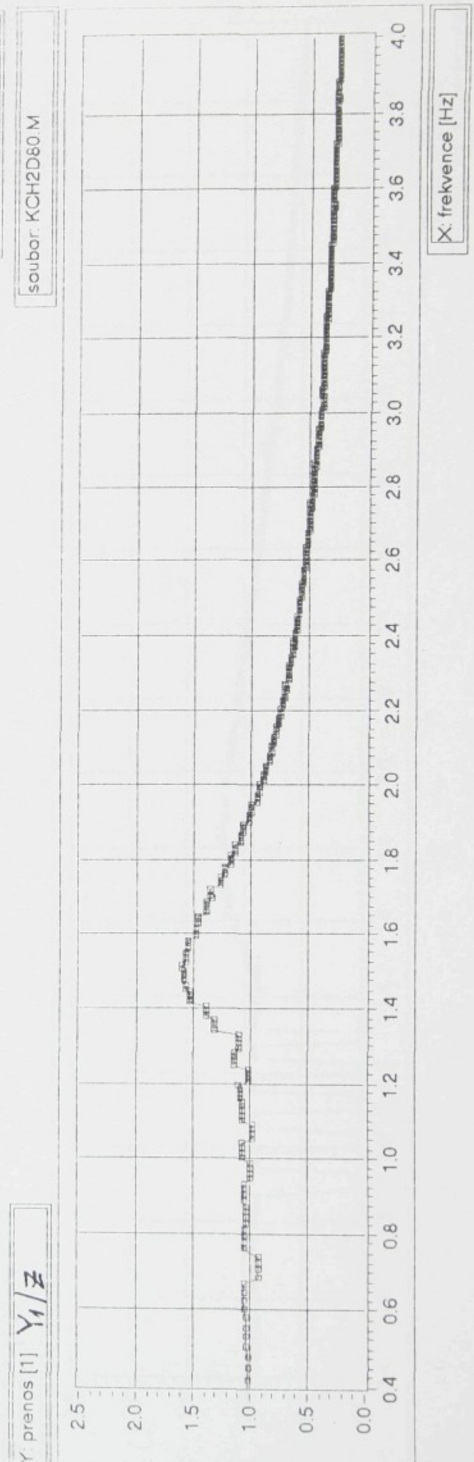
soubor: KCH2S80.M
Y: buzeni [mm], odezva [mm]
X: cas [s]
80.0
50.0
25.0
0.0
-25.0
-50.0
-80.0
0.0
2.0
4.0
6.0
8.0
10.0
12.0
14.0
16.0
18.0
20.0
22.0
24.0
26.0
28.0
30.0
32.0
34.0
36.0
38.0
40.0



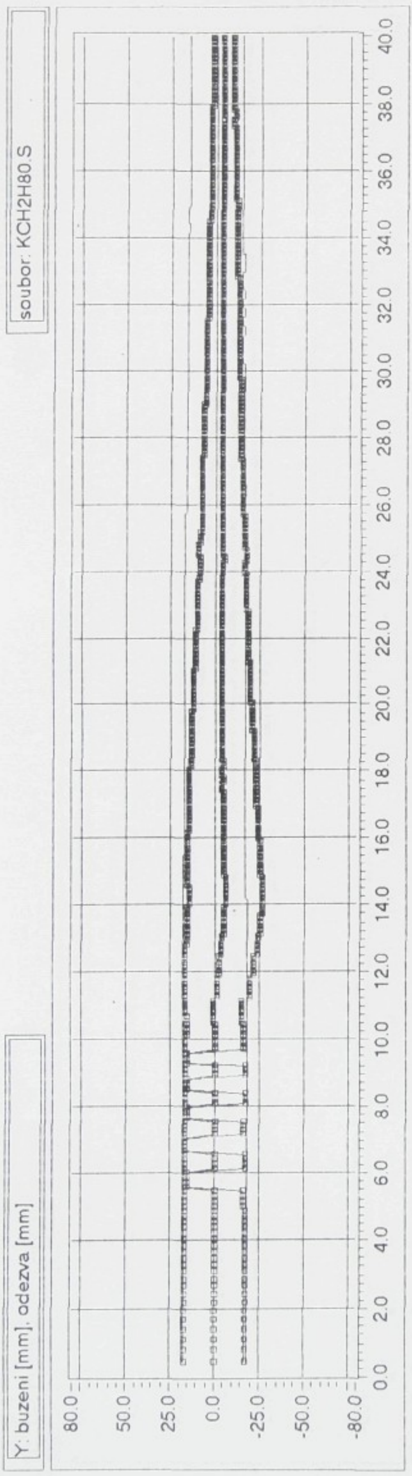
soubor: KCH2S80.M
Y: prenos [1] Y1/Z
X: frekvence [Hz]
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0.4
0.6
0.8
1.0
1.2
1.4
1.6
1.8
2.0
2.2
2.4
2.6
2.8
3.0
3.2
3.4
3.6
3.8
4.0

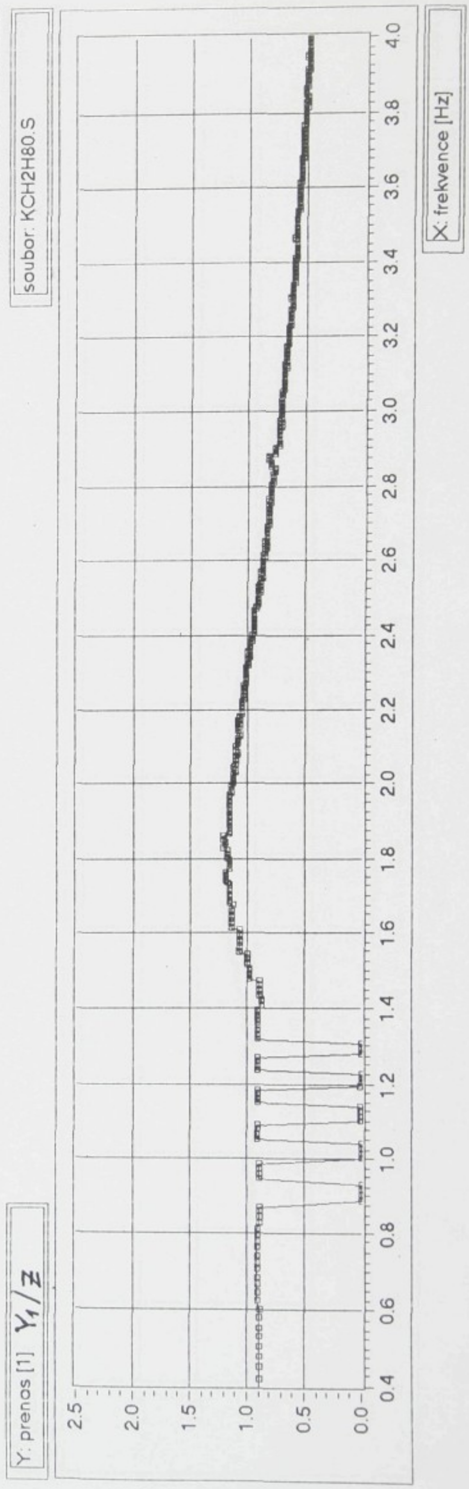
5 c


soubor: KCH2D80.M
Y: buzeni [mm], odezva [mm]
X: cas [s]

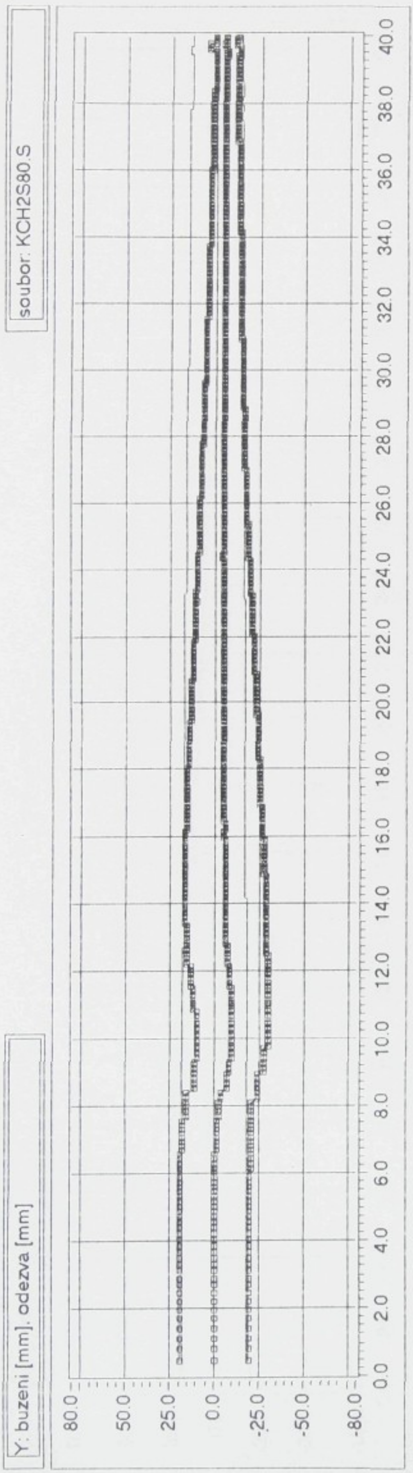

soubor: KCH2D80.M
Y: prenos [1]
Y1/Z
X: frekvence [Hz]

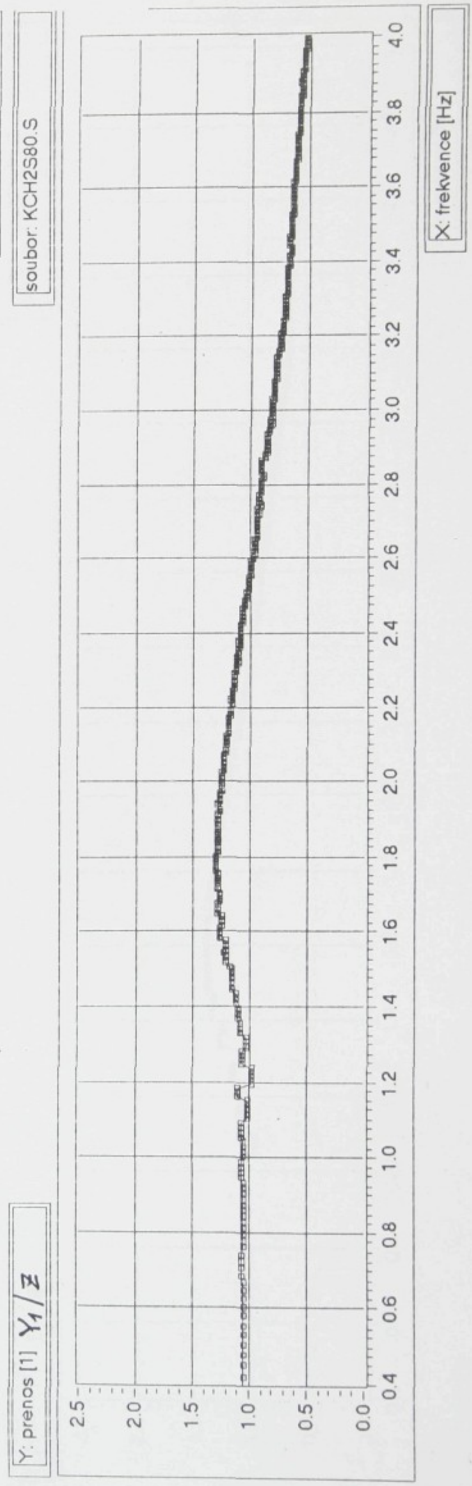
6


soubor: KCH2H80.S
Y: buzeni [mm], odezva [mm]
X: cas [s]
80.0
50.0
25.0
0.0
-25.0
-50.0
-80.0
0.0
2.0
4.0
6.0
8.0
10.0
12.0
14.0
16.0
18.0
20.0
22.0
24.0
26.0
28.0
30.0
32.0
34.0
36.0
38.0
40.0

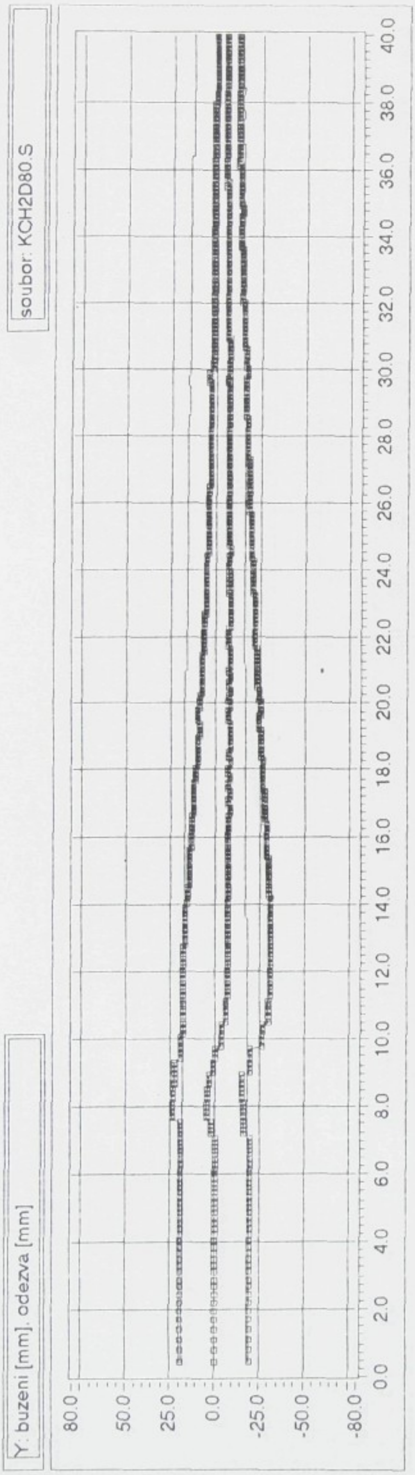

soubor: KCH2H80.S
Y: prenos [1] Y_1/Z
X: frekvence [Hz]
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0.4
0.6
0.8
1.0
1.2
1.4
1.6
1.8
2.0
2.2
2.4
2.6
2.8
3.0
3.2
3.4
3.6
3.8
4.0

Příloha 6 b

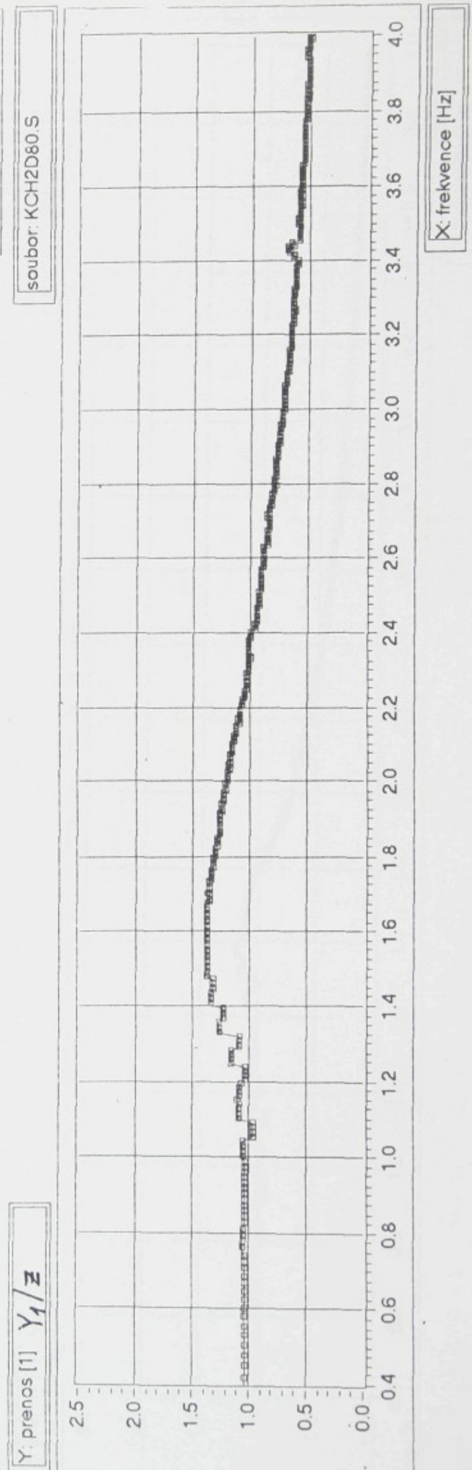

soubor: KCH2S80.S
Y: buzeni [mm]. odezva [mm]
X: cas [s]
80.0
50.0
25.0
0.0
-25.0
-50.0
-80.0
0.0
2.0
4.0
6.0
8.0
10.0
12.0
14.0
16.0
18.0
20.0
22.0
24.0
26.0
28.0
30.0
32.0
34.0
36.0
38.0
40.0


soubor: KCH2S80.S
Y: prenos [1] Y1/Z
X: frekvence [Hz]
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0.4
0.6
0.8
1.0
1.2
1.4
1.6
1.8
2.0
2.2
2.4
2.6
2.8
3.0
3.2
3.4
3.6
3.8
4.0

Příloha 6 c

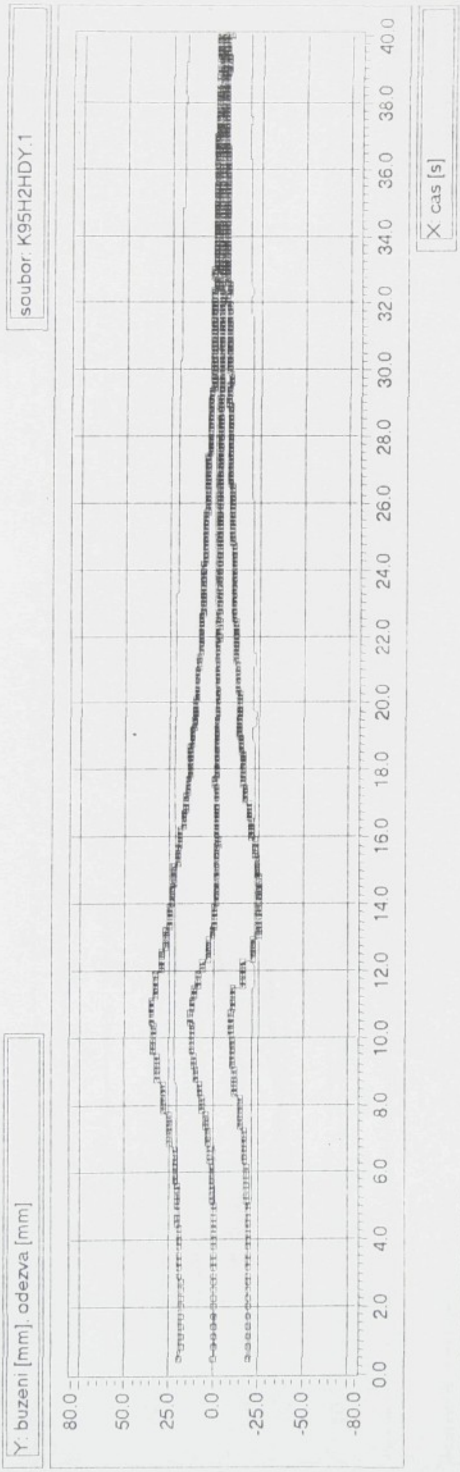


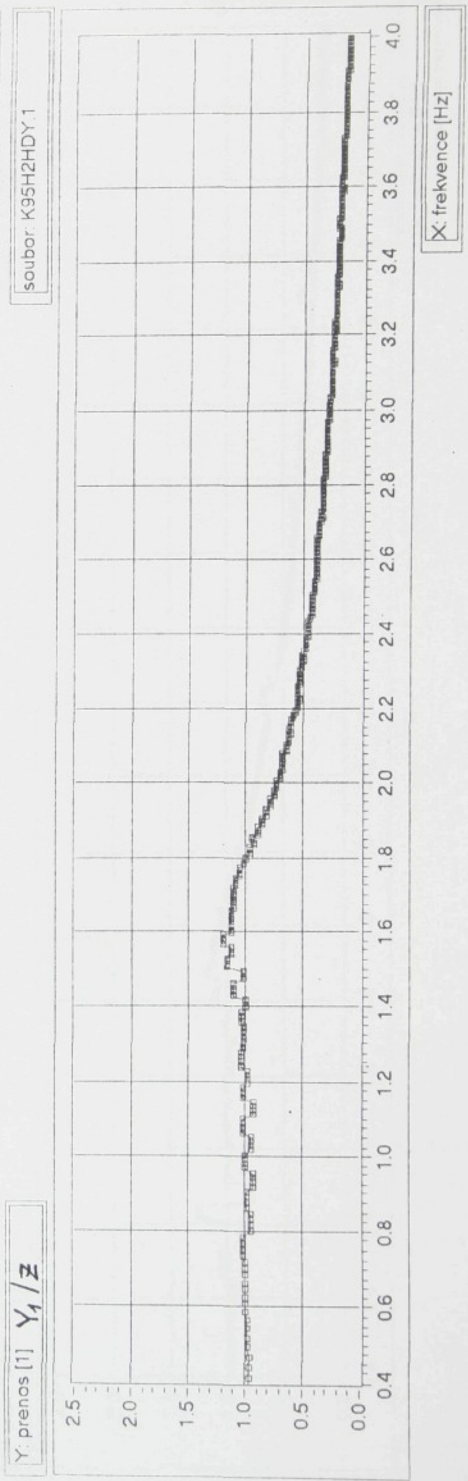
soubor: KCH2D80.S
Y: buzeni [mm], odezva [mm]
X: cas [s]
80.0
50.0
25.0
0.0
-25.0
-50.0
-80.0
0.0
2.0
4.0
6.0
8.0
10.0
12.0
14.0
16.0
18.0
20.0
22.0
24.0
26.0
28.0
30.0
32.0
34.0
36.0
38.0
40.0



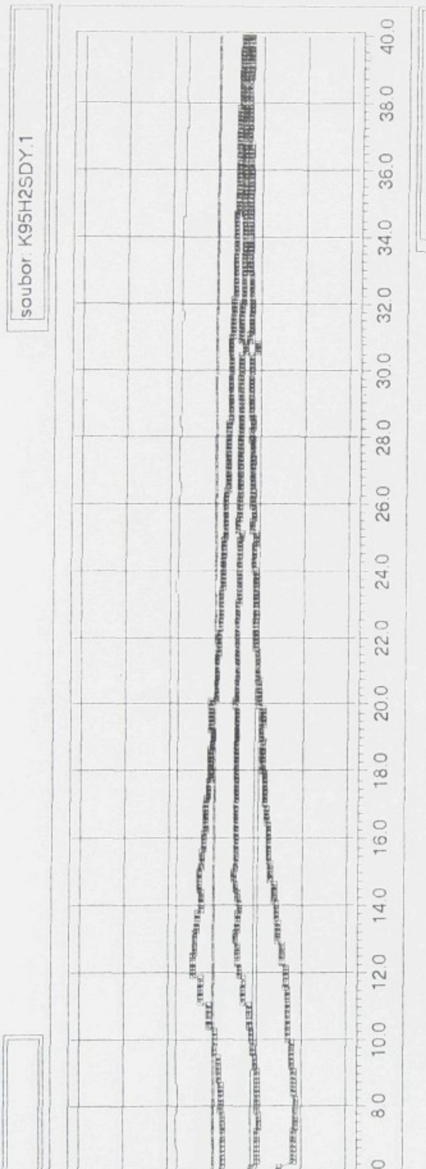
soubor: KCH2D80.S
Y: prenos [1] Y_1/Z
X: frekvence [Hz]
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0.4
0.6
0.8
1.0
1.2
1.4
1.6
1.8
2.0
2.2
2.4
2.6
2.8
3.0
3.2
3.4
3.6
3.8
4.0

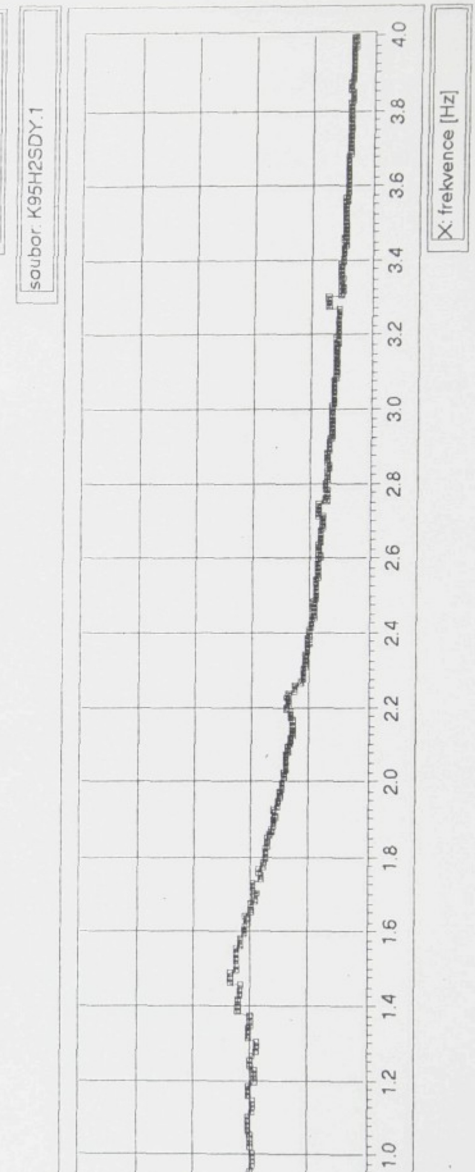
Příloha 7 a


soubor: K95H2HDY.1
Y: buzeni [mm], odezva [mm]
X: cas [s]
80.0
50.0
25.0
0.0
-25.0
-50.0
-80.0
0.0
2.0
4.0
6.0
8.0
10.0
12.0
14.0
16.0
18.0
20.0
22.0
24.0
26.0
28.0
30.0
32.0
34.0
36.0
38.0
40.0

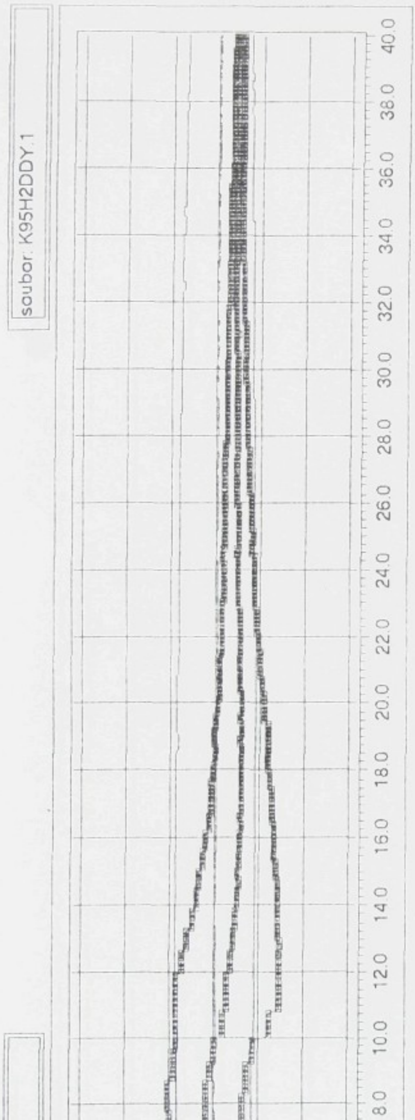

soubor: K95H2HDY.1
Y: prenos [1]
Y1/z
X: frekvence [Hz]
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0.4
0.6
0.8
1.0
1.2
1.4
1.6
1.8
2.0
2.2
2.4
2.6
2.8
3.0
3.2
3.4
3.6
3.8
4.0

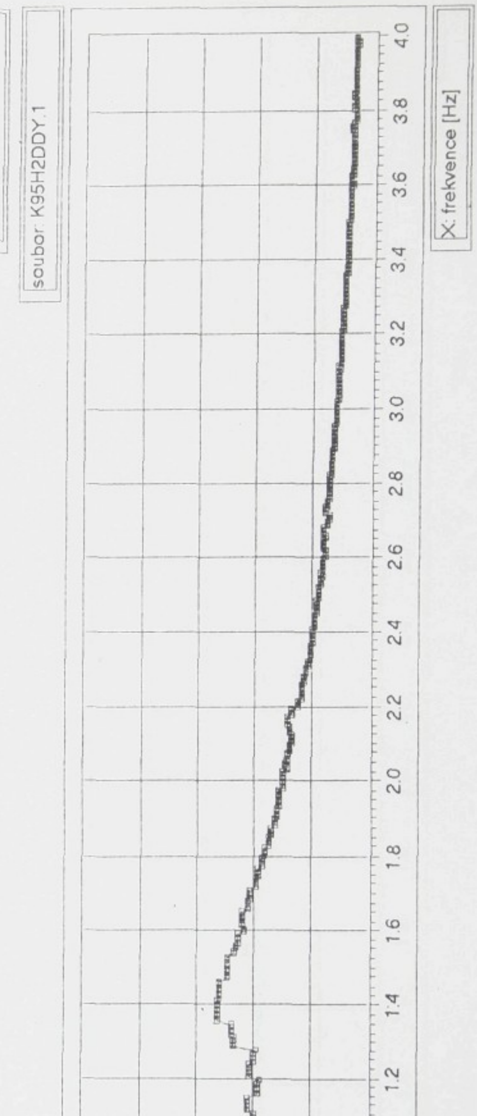
Příloha 7 b

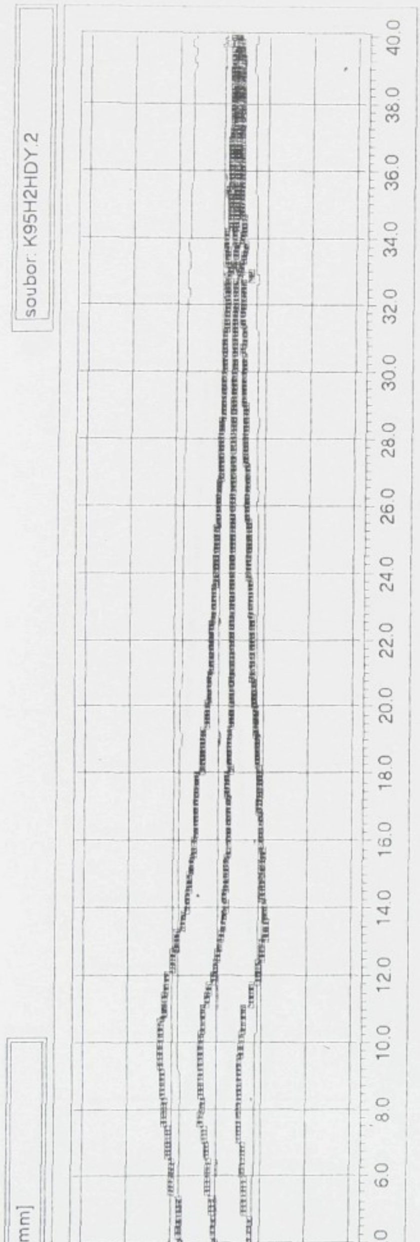

soubor: K95H2SDY.1
Y: buzeni [mm]. odezva [mm]
X: cas [s]
80.0
50.0
25.0
0.0
-25.0
-50.0
-80.0
0.0
2.0
4.0
6.0
8.0
10.0
12.0
14.0
16.0
18.0
20.0
22.0
24.0
26.0
28.0
30.0
32.0
34.0
36.0
38.0
40.0

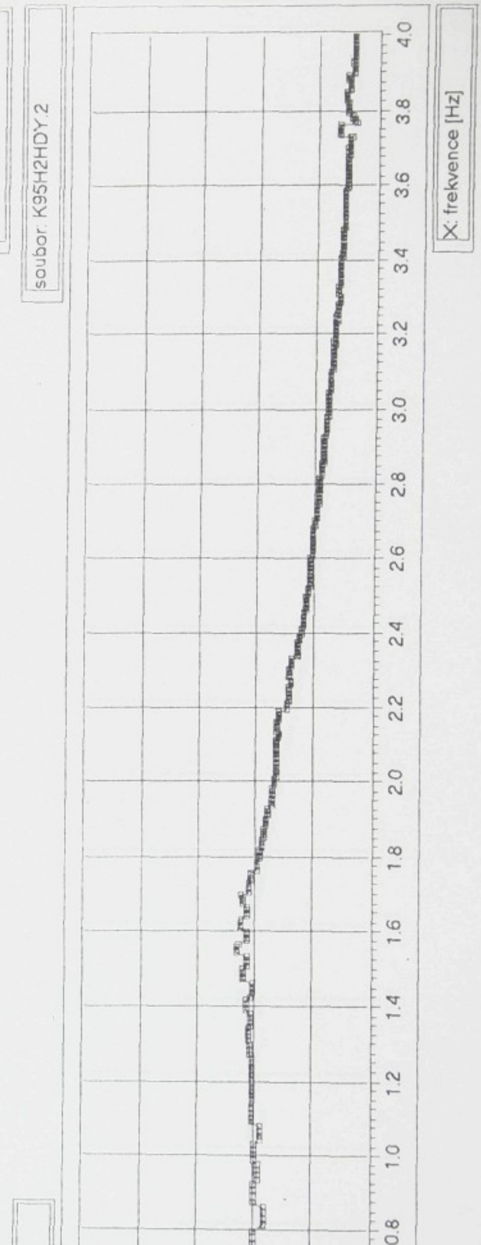

soubor: K95H2SDY.1
Y: prenos [1]
Y1/Z
X: frekvence [Hz]
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0.4
0.6
0.8
1.0
1.2
1.4
1.6
1.8
2.0
2.2
2.4
2.6
2.8
3.0
3.2
3.4
3.6
3.8
4.0

Příloha 7 c

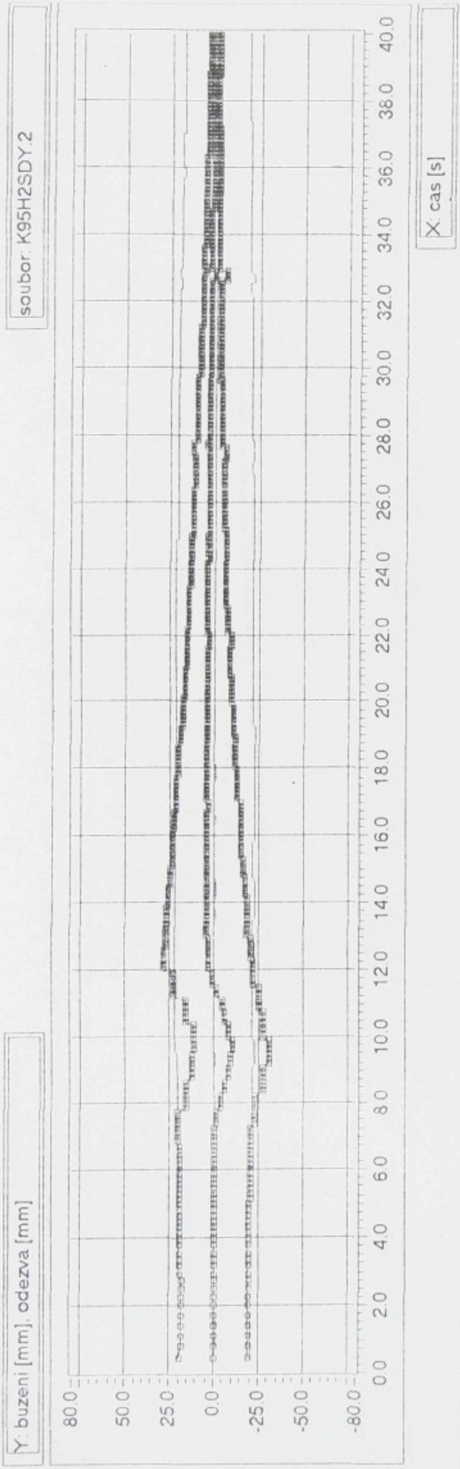

soubor: K95H2DDY.1
Y: buzeni [mm], odezva [mm]
80.0
50.0
25.0
0.0
-25.0
-50.0
-80.0
0.0
2.0
4.0
6.0
8.0
10.0
12.0
14.0
16.0
18.0
20.0
22.0
24.0
26.0
28.0
30.0
32.0
34.0
36.0
38.0
40.0
X: cas [s]

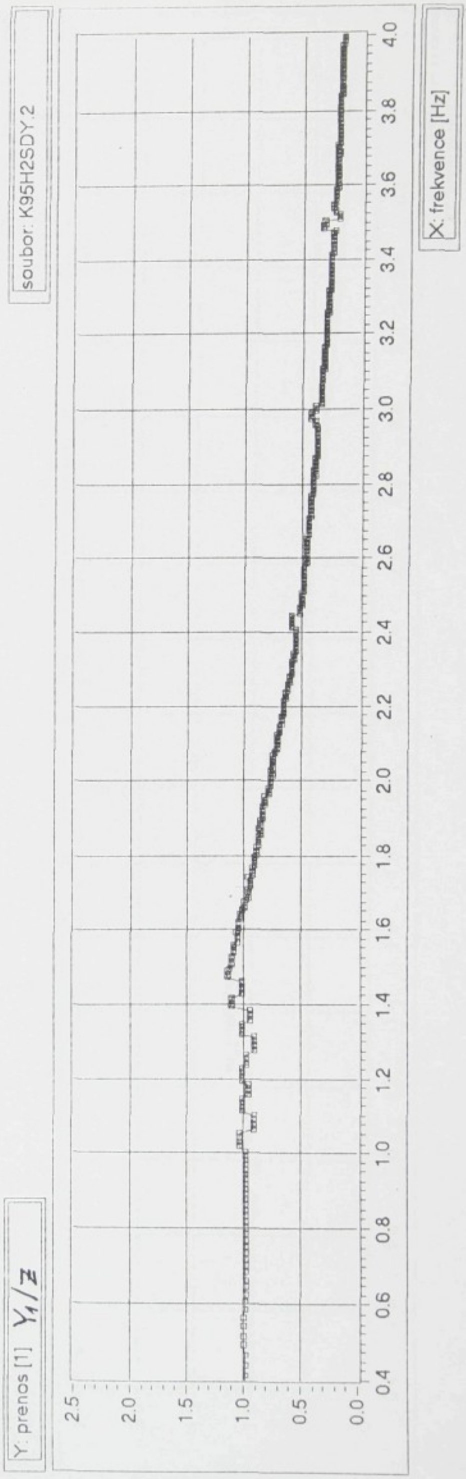

soubor: K95H2DDY.1
Y: prenos [1]
Y1/Z
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0.4
0.6
0.8
1.0
1.2
1.4
1.6
1.8
2.0
2.2
2.4
2.6
2.8
3.0
3.2
3.4
3.6
3.8
4.0
X: frekvence [Hz]


Y: buzeni [mm], odezva [mm]
soubor: K95H2HDY.2
80.0
50.0
25.0
0.0
-25.0
-50.0
-80.0
0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0 22.0 24.0 26.0 28.0 30.0 32.0 34.0 36.0 38.0 40.0
X: cas [s]

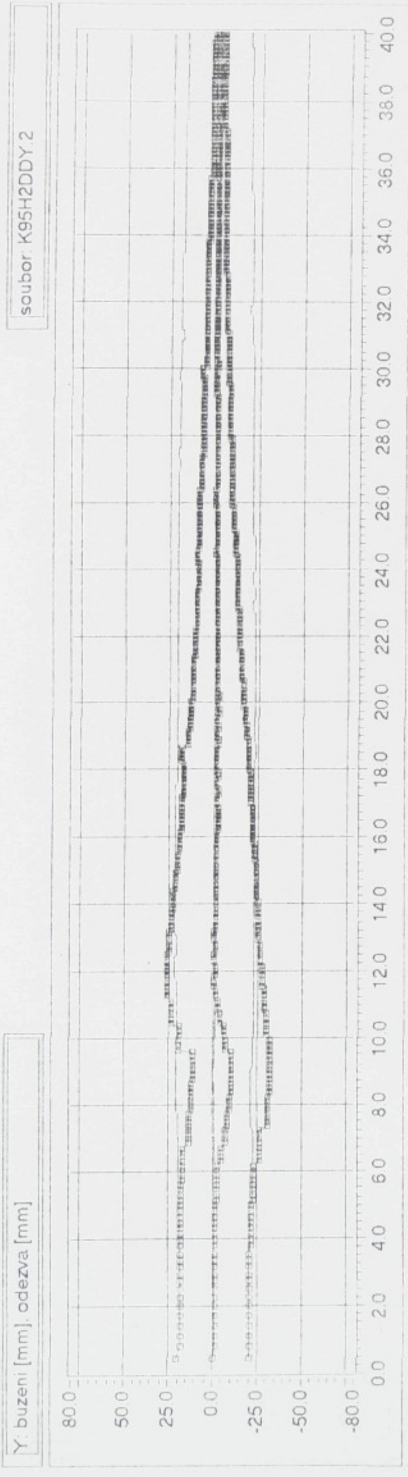

Y: prenos [1] Y1/Z
soubor: K95H2HDY.2
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0.4 0.6 0.8 1.0 1.2 1.4 1.6 1.8 2.0 2.2 2.4 2.6 2.8 3.0 3.2 3.4 3.6 3.8 4.0
X: frekvence [Hz]

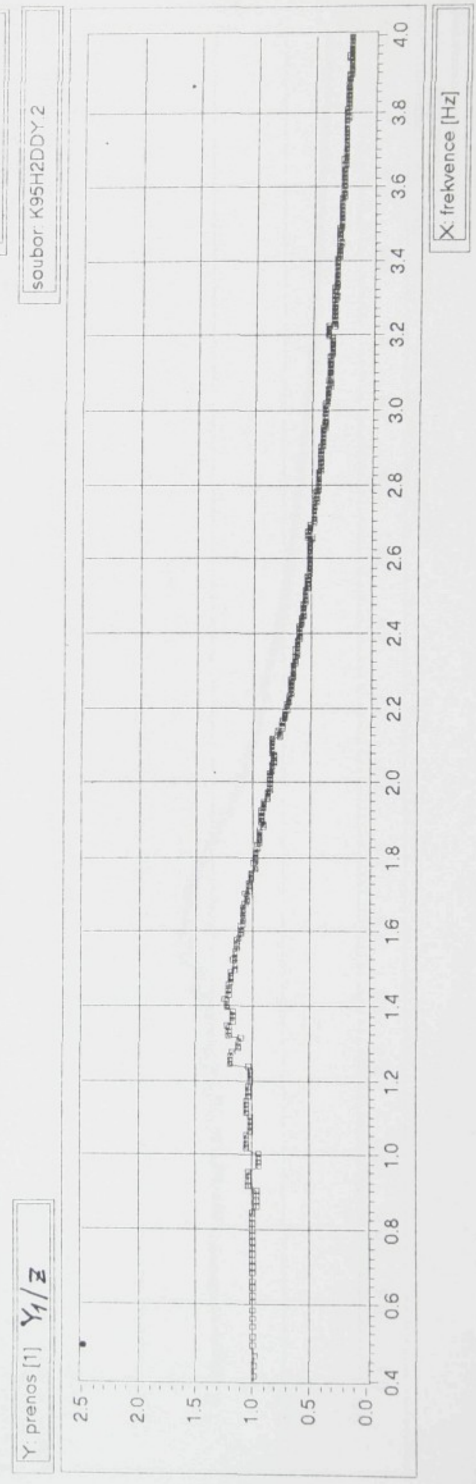
Příloha 8 b

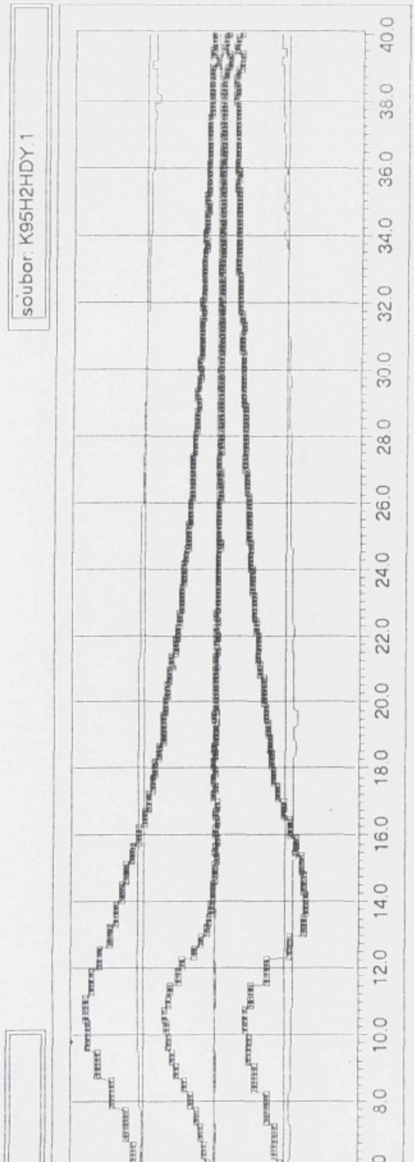

soubor: K95H2SDY.2
Y: buzeni [mm], odezva [mm]
X: cas [s]

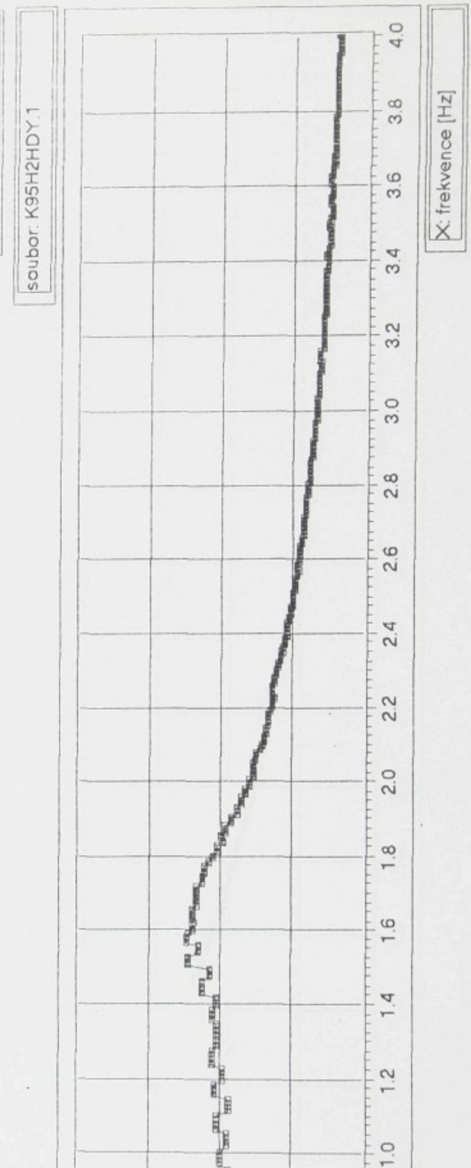

soubor: K95H2SDY.2
Y: prenos [1]
Y1/Z
X: frekvence [Hz]

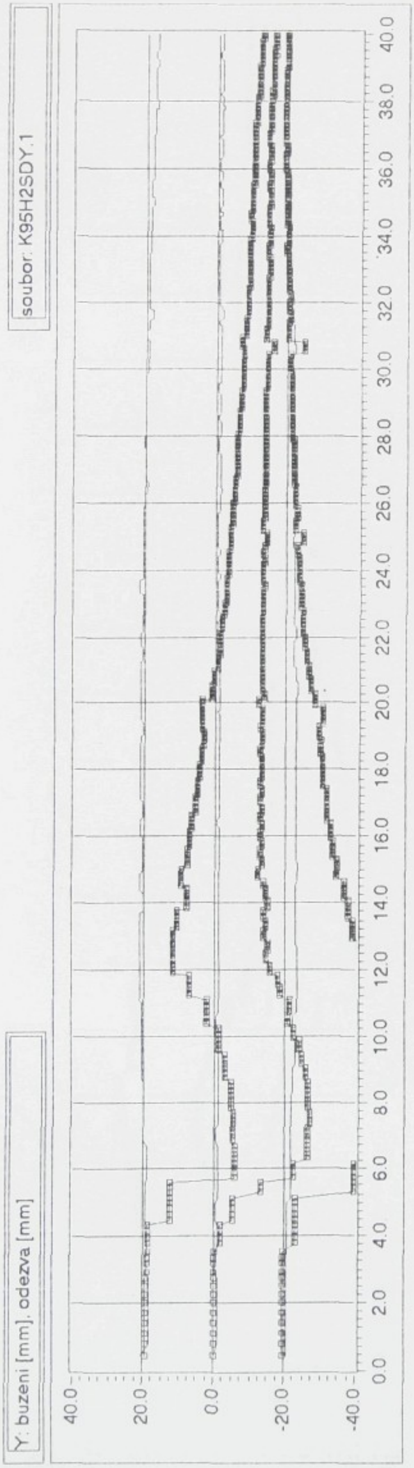
Příloha 8 c

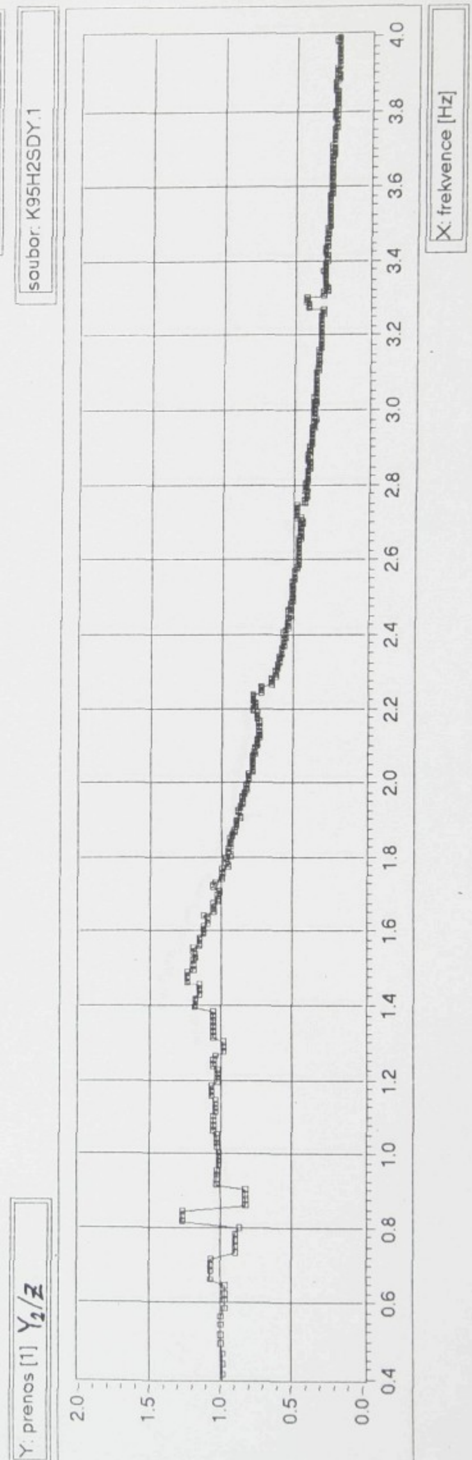

soubor: K95H2DDY.2
Y: buzeni [mm], odezva [mm]
X: cas [s]

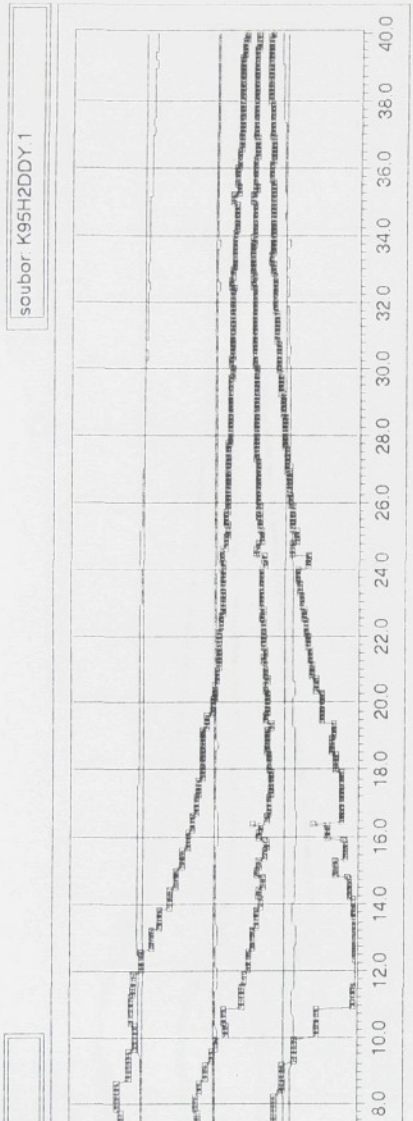

soubor: K95H2DDY.2
Y: prenos [1]
Y1/Z
X: frekvence [Hz]

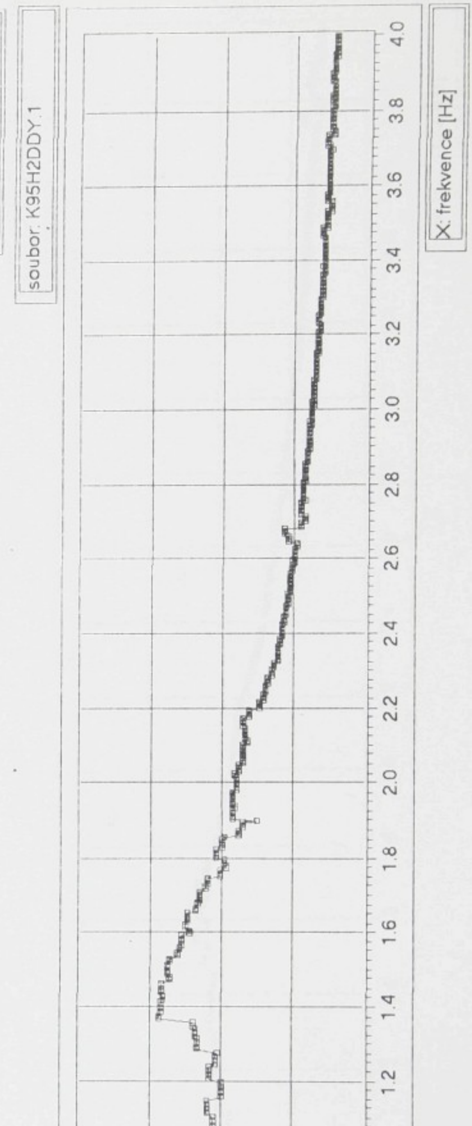

soubor: K95H2HDY.1
Y: buzeni [mm], odezva [mm]
X: cas [s]
40.0
20.0
0.0
-20.0
-40.0
0.0
2.0
4.0
6.0
8.0
10.0
12.0
14.0
16.0
18.0
20.0
22.0
24.0
26.0
28.0
30.0
32.0
34.0
36.0
38.0
40.0

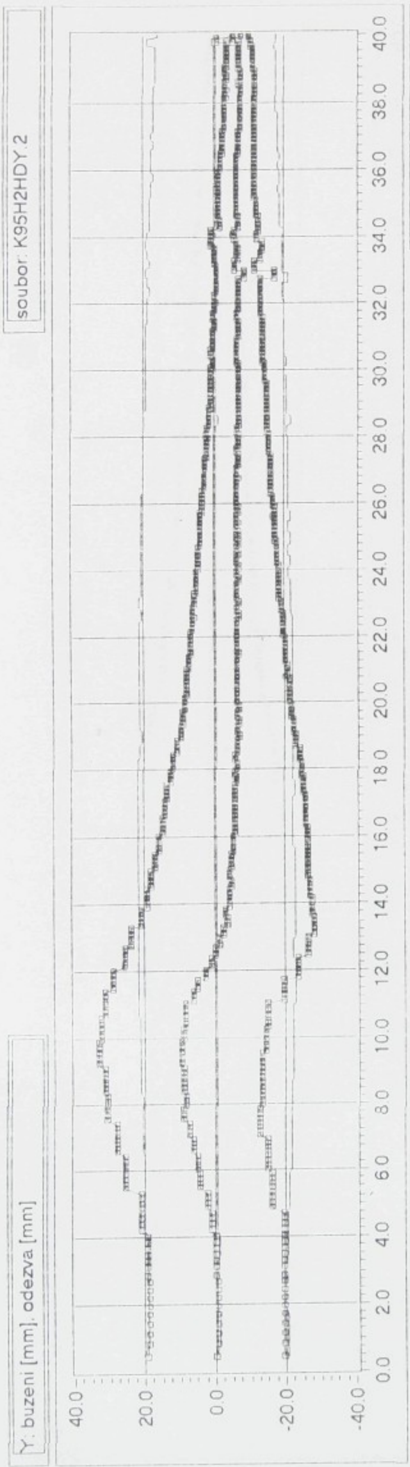

soubor: K95H2HDY.1
Y: prenos [1]
Y2/Z
X: frekvence [Hz]
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0.4
0.6
0.8
1.0
1.2
1.4
1.6
1.8
2.0
2.2
2.4
2.6
2.8
3.0
3.2
3.4
3.6
3.8
4.0

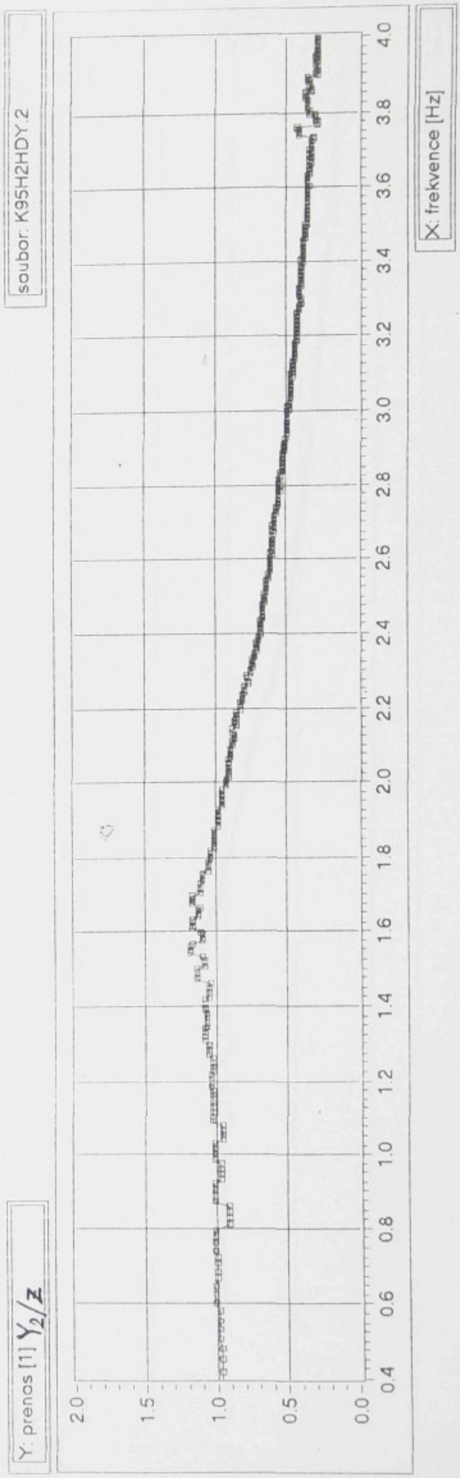

soubor: K95H2SDY.1
Y: buzeni [mm], odezva [mm]
X: cas [s]
40.0
20.0
0.0
-20.0
-40.0
0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0 22.0 24.0 26.0 28.0 30.0 32.0 34.0 36.0 38.0 40.0


soubor: K95H2SDY.1
Y: prenos [1]
Y_2/Z
X: frekvence [Hz]
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0.4 0.6 0.8 1.0 1.2 1.4 1.6 1.8 2.0 2.2 2.4 2.6 2.8 3.0 3.2 3.4 3.6 3.8 4.0

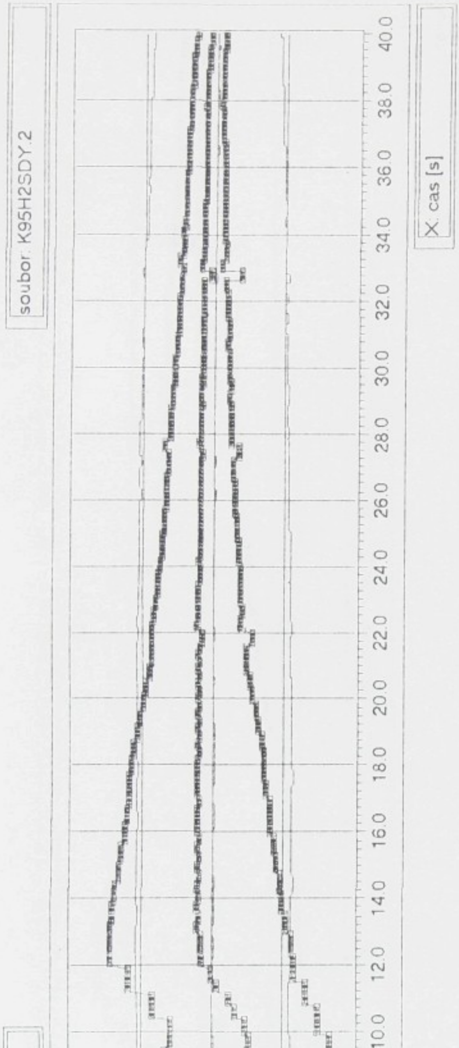

soubor: K95H2DDY.1
Y: buzeni [mm], odezva [mm]
X: cas [s]
40.0
20.0
0.0
-20.0
-40.0
0.0
2.0
4.0
6.0
8.0
10.0
12.0
14.0
16.0
18.0
20.0
22.0
24.0
26.0
28.0
30.0
32.0
34.0
36.0
38.0
40.0

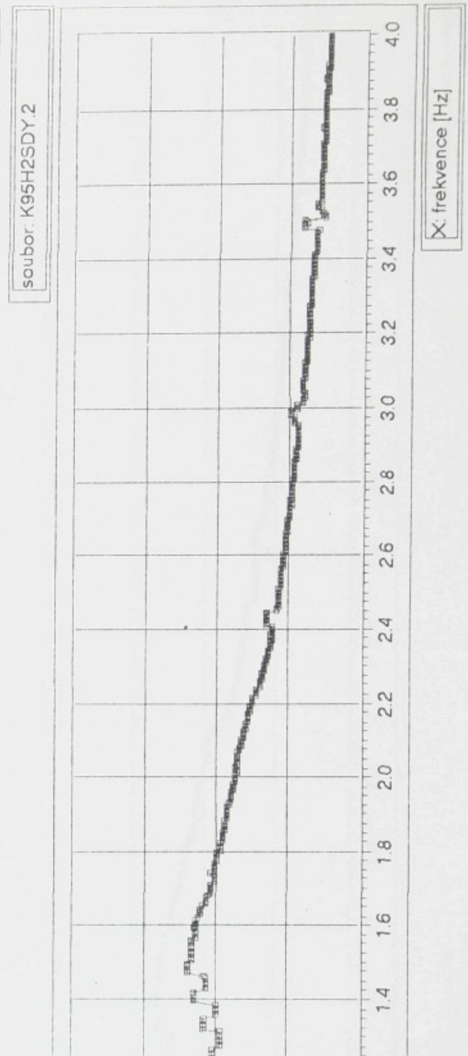

soubor: K95H2DDY.1
Y: prenos [1] Y_2/Z
X: frekvence [Hz]
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0.4
0.6
0.8
1.0
1.2
1.4
1.6
1.8
2.0
2.2
2.4
2.6
2.8
3.0
3.2
3.4
3.6
3.8
4.0

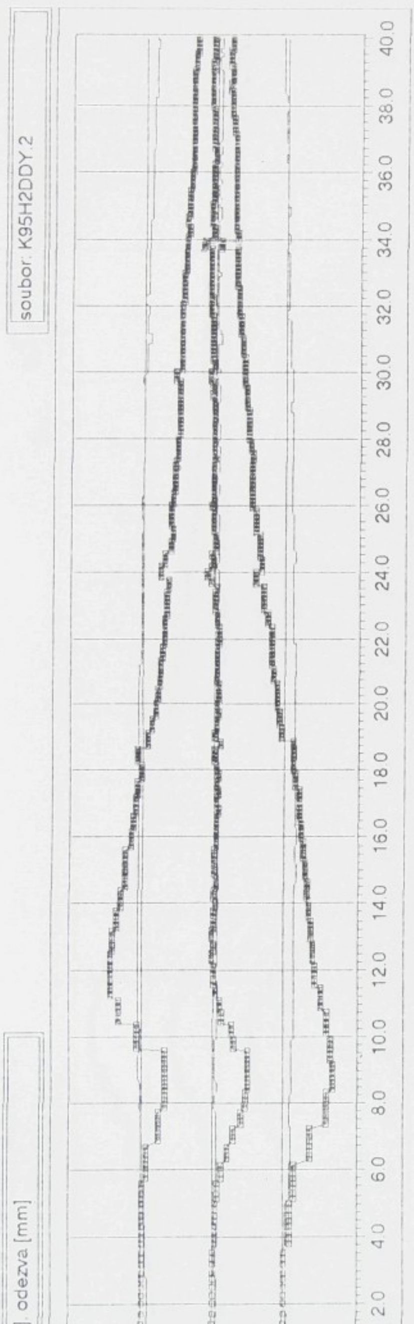

soubor: K95H2HDY.2
Y: buzeni [mm], odezva [mm]
X: cas [s]
40.0
20.0
0.0
-20.0
-40.0
0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0 22.0 24.0 26.0 28.0 30.0 32.0 34.0 36.0 38.0 40.0

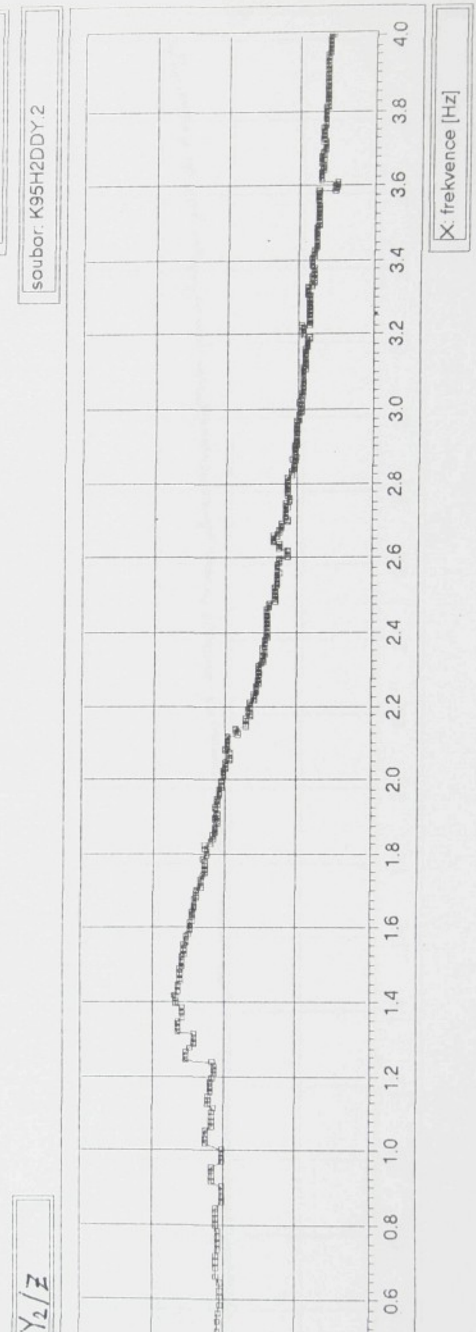

soubor: K95H2HDY.2
Y: prenos [1] Y2/z
X: frekvence [Hz]
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0.4 0.6 0.8 1.0 1.2 1.4 1.6 1.8 2.0 2.2 2.4 2.6 2.8 3.0 3.2 3.4 3.6 3.8 4.0

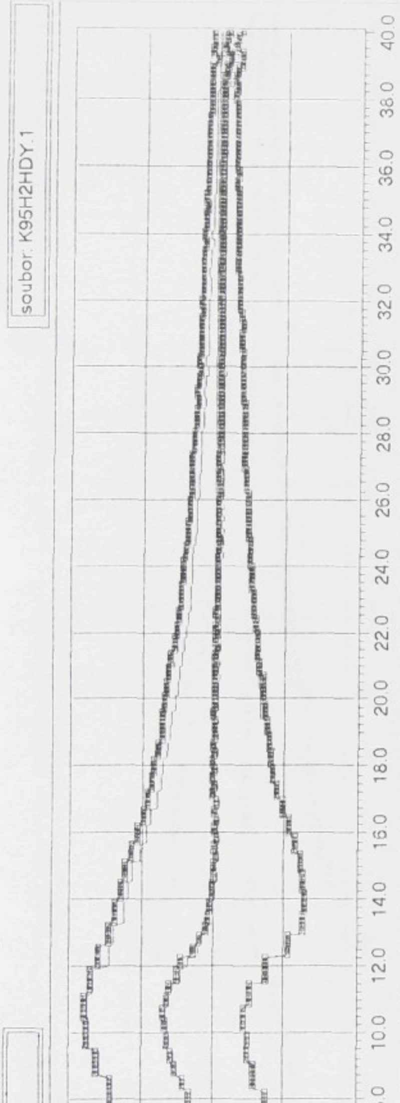
Příloha 10 b

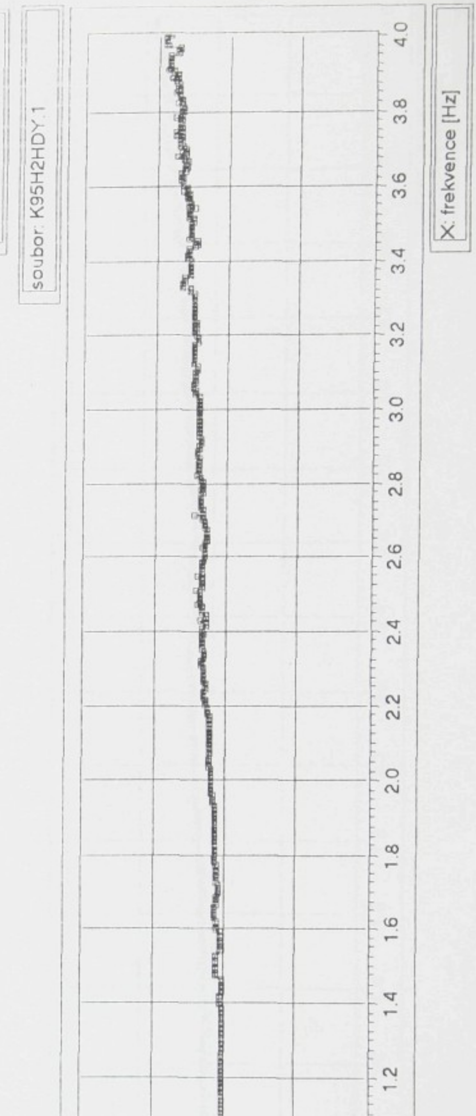

soubor: K95H2SDY.2
Y: buzeni [mm], odezva [mm]
X: cas [s]
40.0
20.0
0.0
-20.0
-40.0
0.0
2.0
4.0
6.0
8.0
10.0
12.0
14.0
16.0
18.0
20.0
22.0
24.0
26.0
28.0
30.0
32.0
34.0
36.0
38.0
40.0

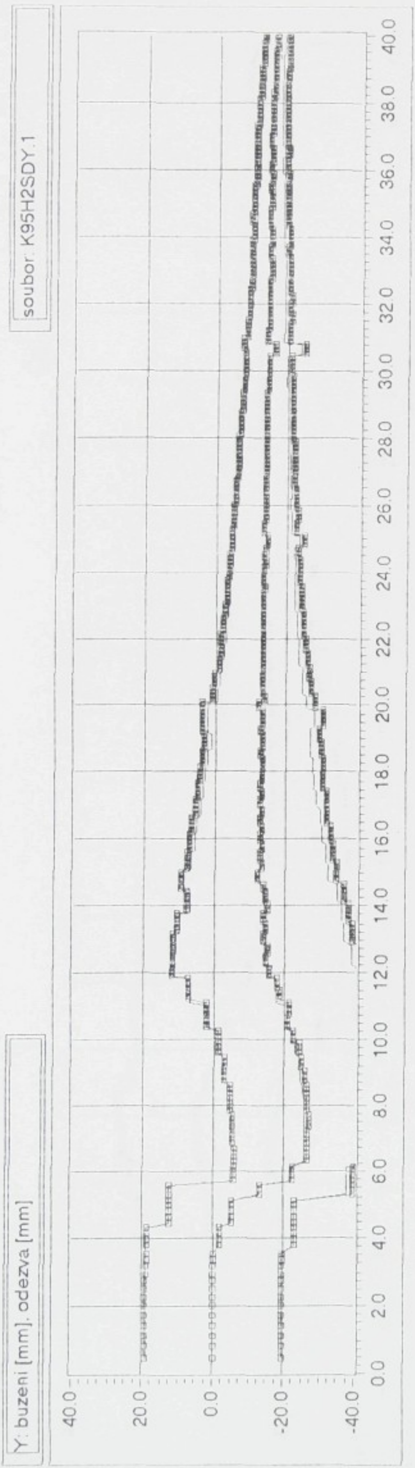

soubor: K95H2SDY.2
Y: prenos [1] Y2/Z
X: frekvence [Hz]
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0.4
0.6
0.8
1.0
1.2
1.4
1.6
1.8
2.0
2.2
2.4
2.6
2.8
3.0
3.2
3.4
3.6
3.8
4.0

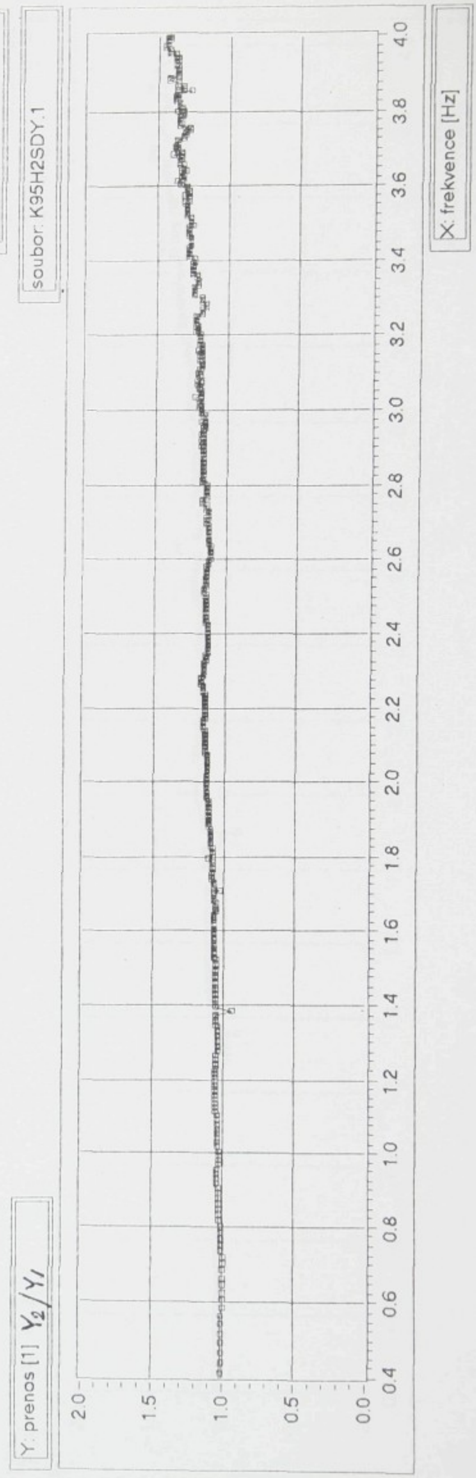

soubor: K95H2DDY.2
Y: buzeni [mm], odezva [mm]
X: cas [s]
40.0
20.0
0.0
-20.0
-40.0
0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0 22.0 24.0 26.0 28.0 30.0 32.0 34.0 36.0 38.0 40.0

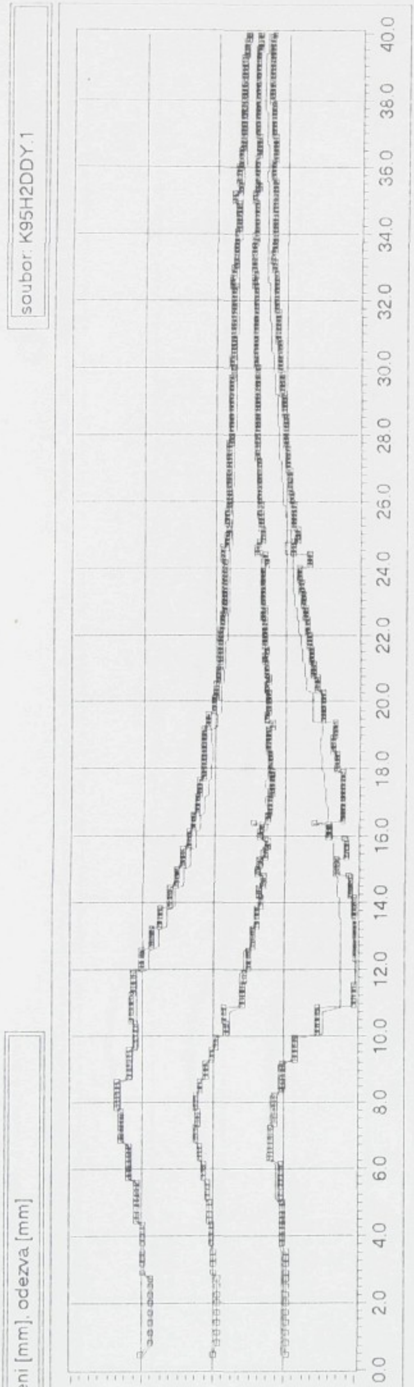

soubor: K95H2DDY.2
Y: prenos [1] Y2/Z
X: frekvence [Hz]
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0.4 0.6 0.8 1.0 1.2 1.4 1.6 1.8 2.0 2.2 2.4 2.6 2.8 3.0 3.2 3.4 3.6 3.8 4.0

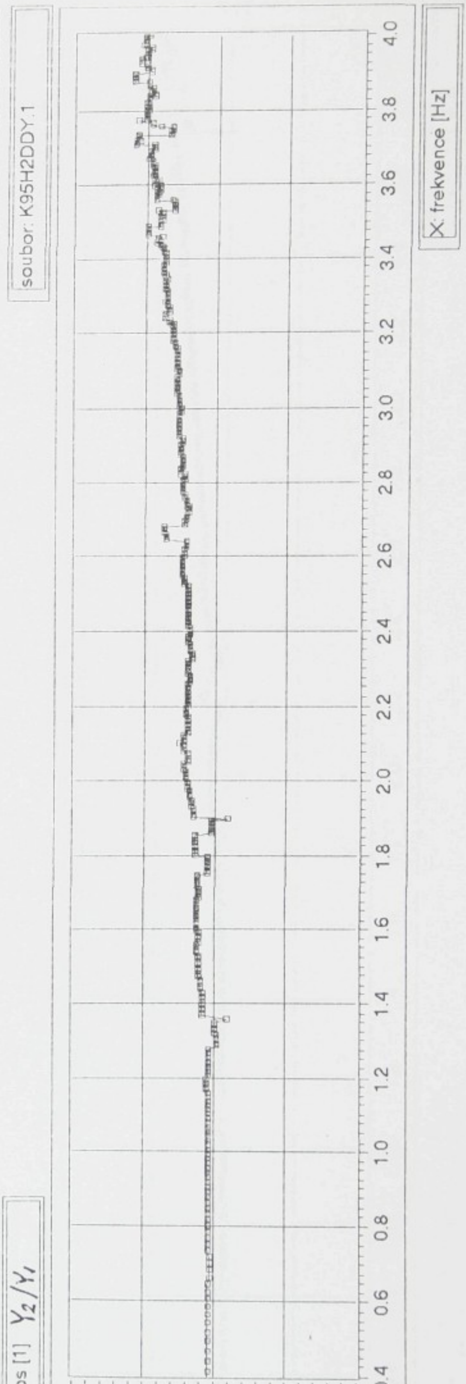

Y: buzeni [mm], odezva [mm]
soubor: K95H2HDY.1
X: cas [s]
40.0
20.0
0.0
-20.0
-40.0
0.0
2.0
4.0
6.0
8.0
10.0
12.0
14.0
16.0
18.0
20.0
22.0
24.0
26.0
28.0
30.0
32.0
34.0
36.0
38.0
40.0


Y: prenos [1] Y2/Y1
soubor: K95H2HDY.1
X: frekvence [Hz]
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0.4
0.6
0.8
1.0
1.2
1.4
1.6
1.8
2.0
2.2
2.4
2.6
2.8
3.0
3.2
3.4
3.6
3.8
4.0

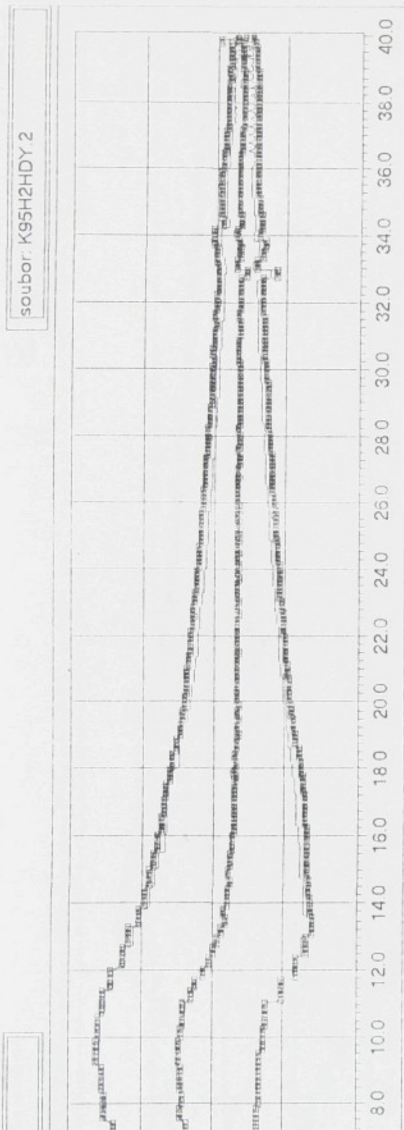

soubor: K95H2SDY.1
Y: buzeni [mm], odezva [mm]
X: cas [s]
40.0
20.0
0.0
-20.0
-40.0
0.0
2.0
4.0
6.0
8.0
10.0
12.0
14.0
16.0
18.0
20.0
22.0
24.0
26.0
28.0
30.0
32.0
34.0
36.0
38.0
40.0


soubor: K95H2SDY.1
Y: prenos [1] Y_2/Y_1
X: frekvence [Hz]
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0.4
0.6
0.8
1.0
1.2
1.4
1.6
1.8
2.0
2.2
2.4
2.6
2.8
3.0
3.2
3.4
3.6
3.8
4.0

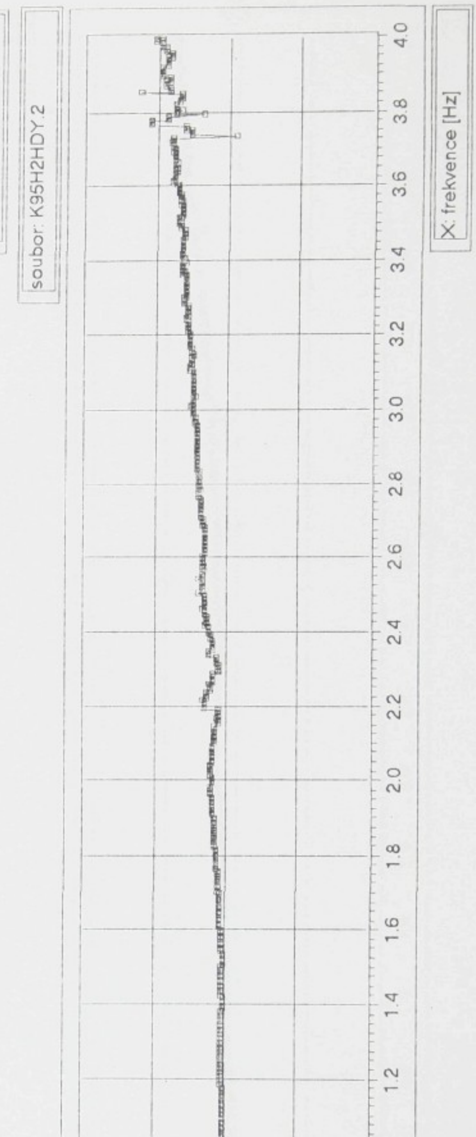

soubor: K95H2DDY.1
Y: buzeni [mm], odezva [mm]
X: cas [s]


soubor: K95H2DDY.1
Y: prenos [1] Y2/Y1
X: frekvence [Hz]

Příloha 12 a

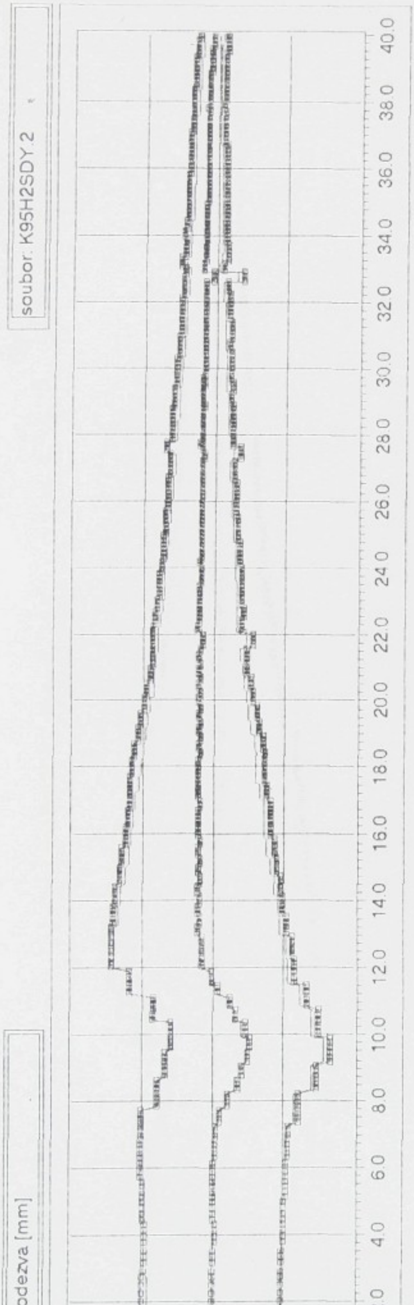


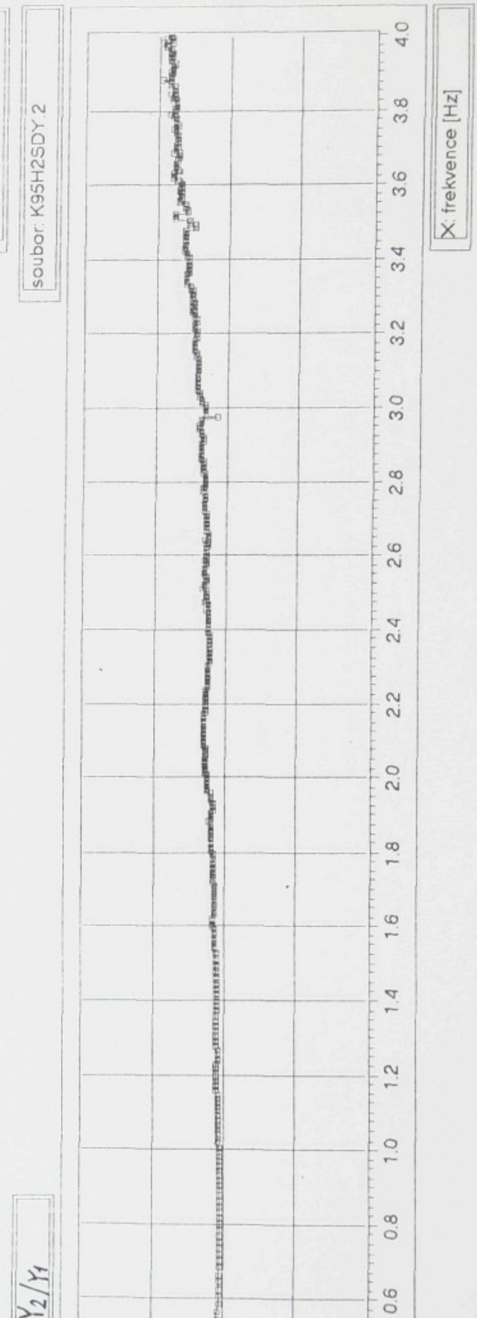
soubor: K95H2HDY.2
Y: buzeni [mm], odezva [mm]
X: cas [s]
40.0
20.0
0.0
-20.0
-40.0
0.0
2.0
4.0
6.0
8.0
10.0
12.0
14.0
16.0
18.0
20.0
22.0
24.0
26.0
28.0
30.0
32.0
34.0
36.0
38.0
40.0



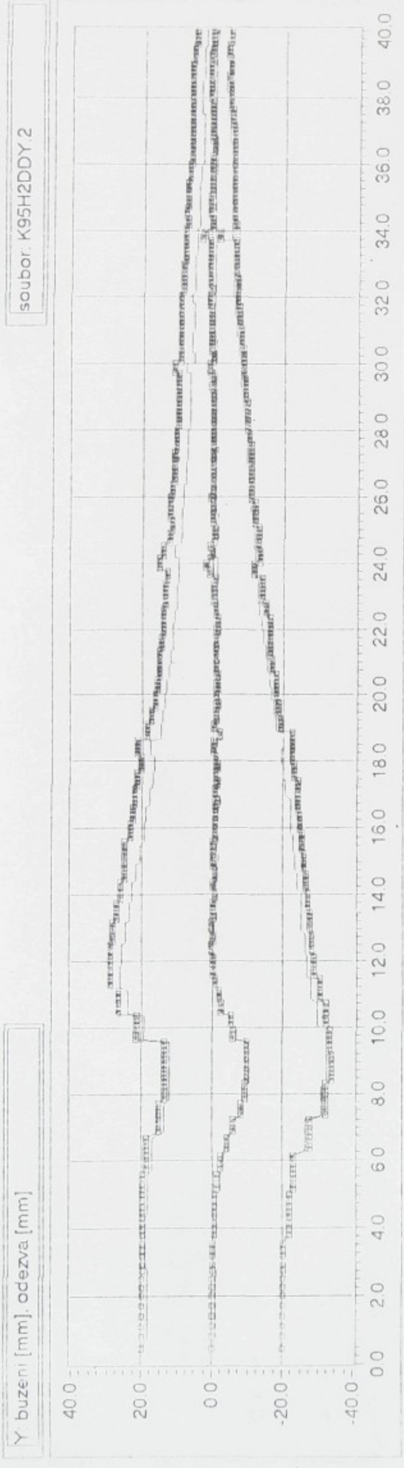
soubor: K95H2HDY.2
Y: prenos [1] Y2/Y1
X: frekvence [Hz]
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0.4
0.6
0.8
1.0
1.2
1.4
1.6
1.8
2.0
2.2
2.4
2.6
2.8
3.0
3.2
3.4
3.6
3.8
4.0

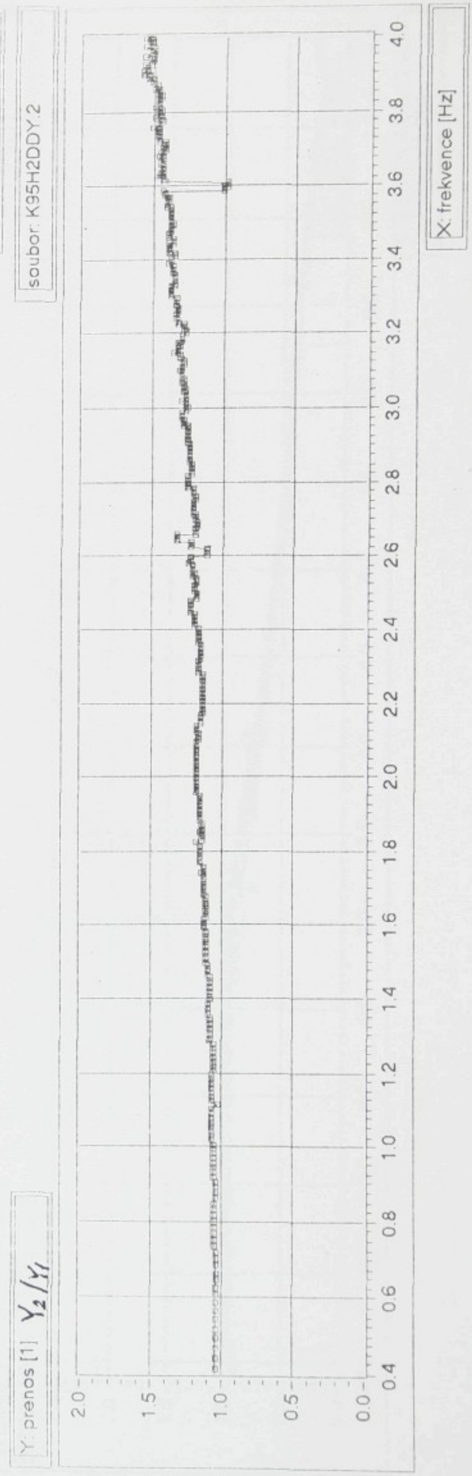
Příloha 12 b


Y: buzeni [mm], odezva [mm]
soubor: K95H2SDY.2
X: cas [s]

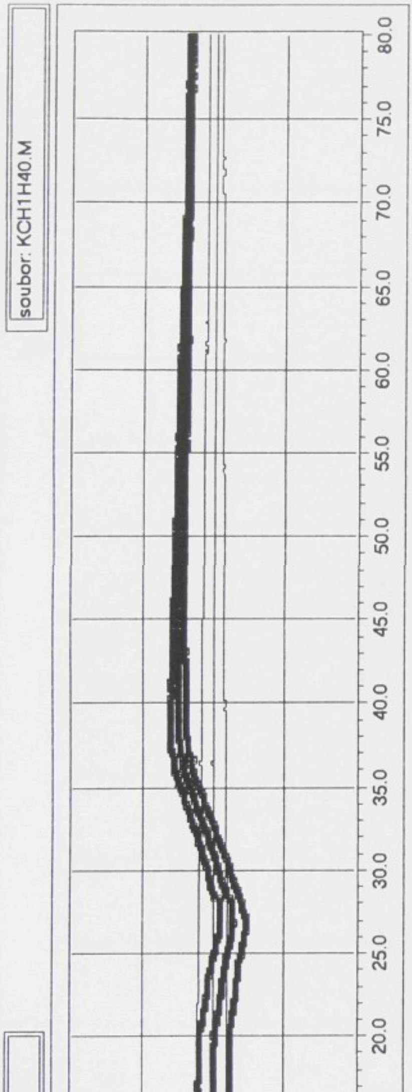

Y: prenos [1] Y2/Y1
soubor: K95H2SDY.2
X: frekvence [Hz]

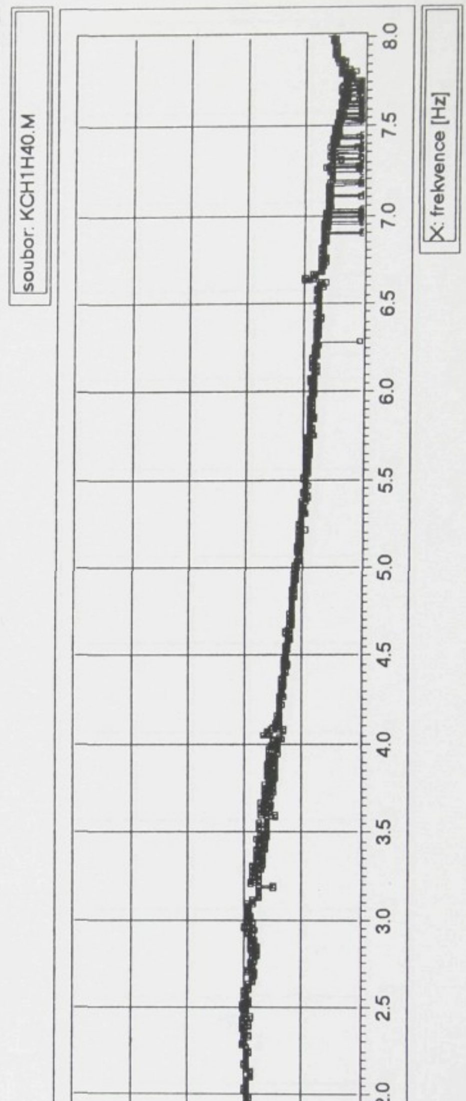
Příloha 12 c

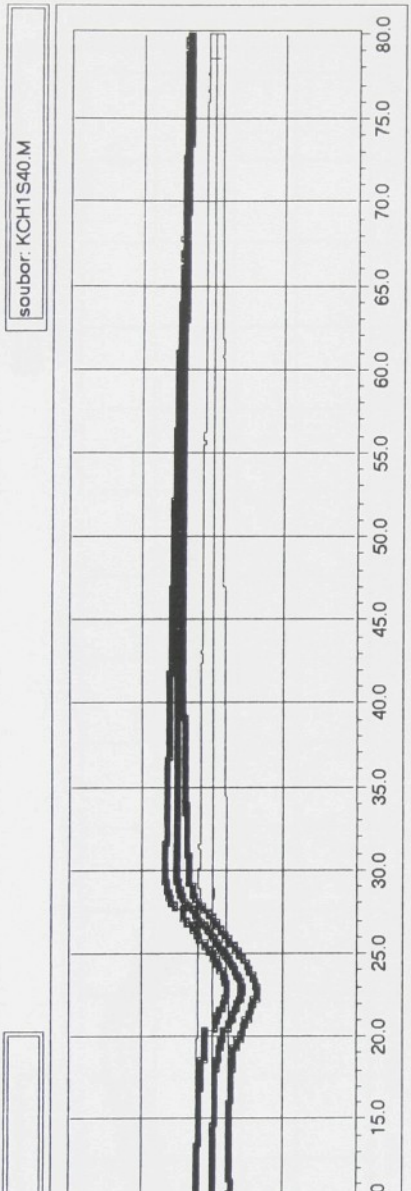

soubor: K95H2DDY.2
Y: buzeni [mm], odezva [mm]
X: cas [s]
40.0
20.0
0.0
-20.0
-40.0
0.0
2.0
4.0
6.0
8.0
10.0
12.0
14.0
16.0
18.0
20.0
22.0
24.0
26.0
28.0
30.0
32.0
34.0
36.0
38.0
40.0

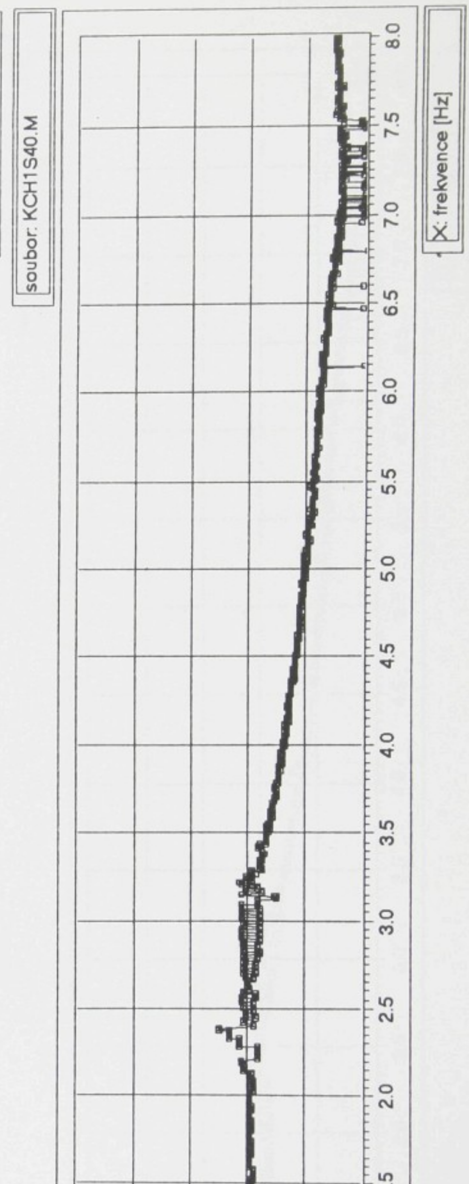

soubor: K95H2DDY.2
Y: prenos [1] Y_2/Y_1
X: frekvence [Hz]
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0.4
0.6
0.8
1.0
1.2
1.4
1.6
1.8
2.0
2.2
2.4
2.6
2.8
3.0
3.2
3.4
3.6
3.8
4.0

Příloha 13 a

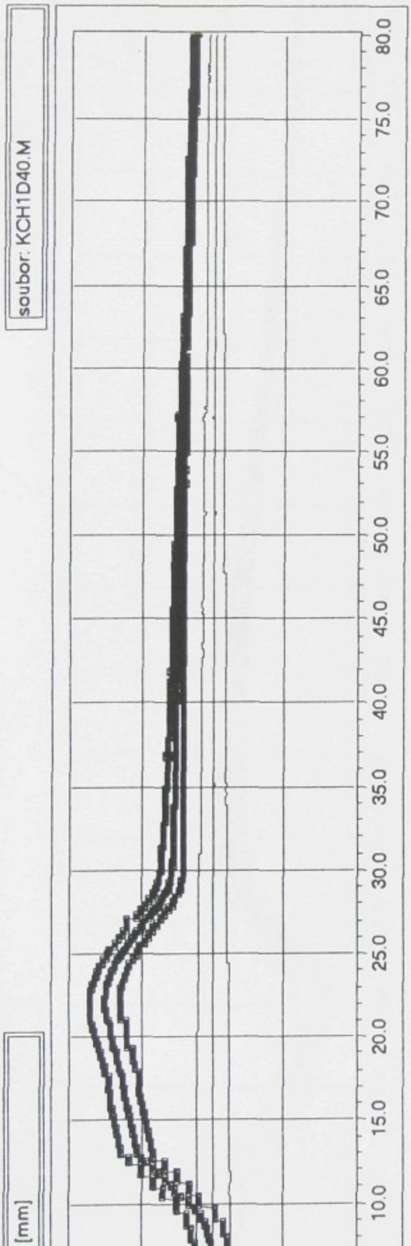

Y: buzeni [mm]. odezva [mm]
soubor: KCH1H40.M
X: cas [s]
40.0
20.0
0.0
-20.0
-40.0
0.0
5.0
10.0
15.0
20.0
25.0
30.0
35.0
40.0
45.0
50.0
55.0
60.0
65.0
70.0
75.0
80.0

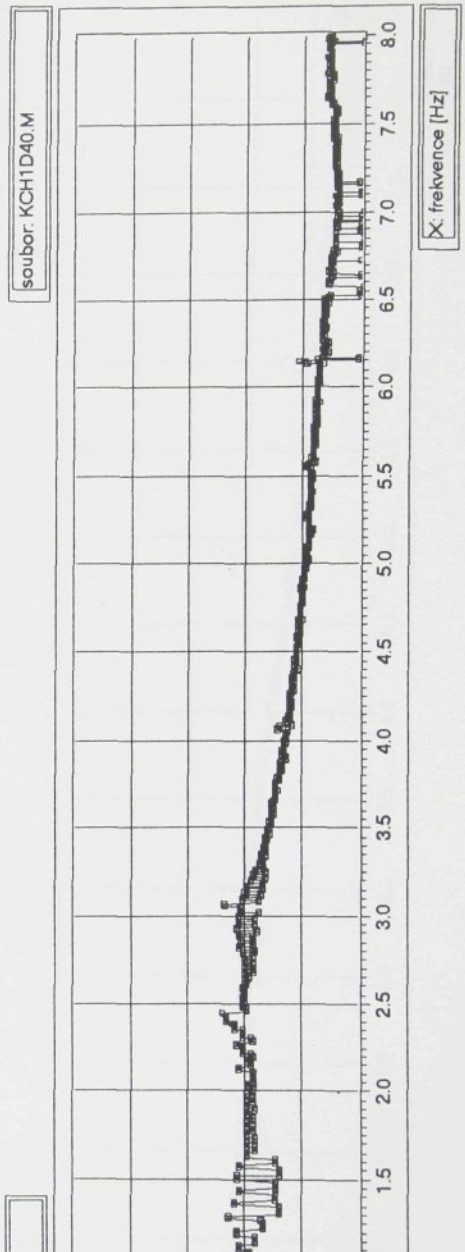

Y: prenos [1]
Y_1/Z
soubor: KCH1H40.M
X: frekvence [Hz]
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0.4
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0
4.5
5.0
5.5
6.0
6.5
7.0
7.5
8.0

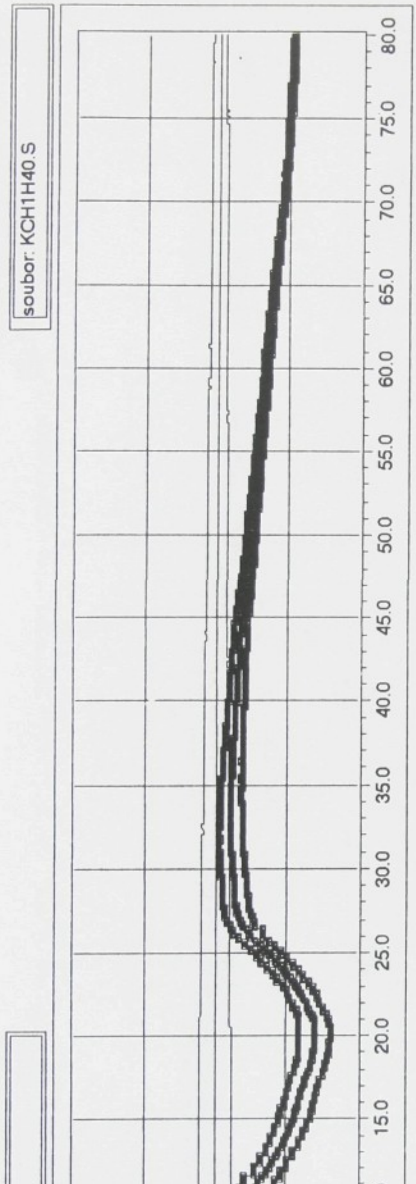

soubor: KCH1S40.M
Y: buzeni [mm], odezva [mm]
X: cas [s]
40.0
20.0
0.0
-20.0
-40.0
0.0
5.0
10.0
15.0
20.0
25.0
30.0
35.0
40.0
45.0
50.0
55.0
60.0
65.0
70.0
75.0
80.0

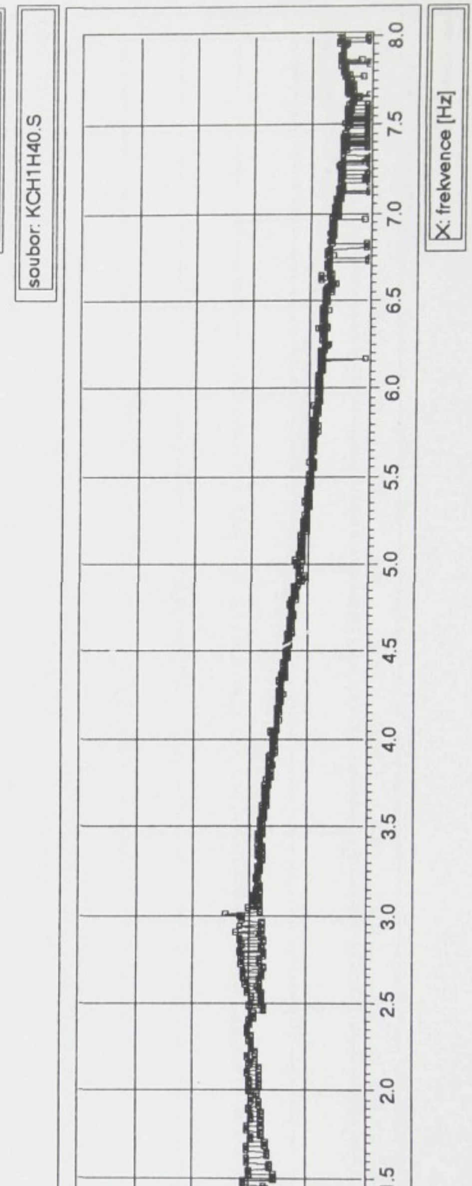

soubor: KCH1S40.M
Y: prenos [1] Y1/Z
X: frekvence [Hz]
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0.4
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0
4.5
5.0
5.5
6.0
6.5
7.0
7.5
8.0

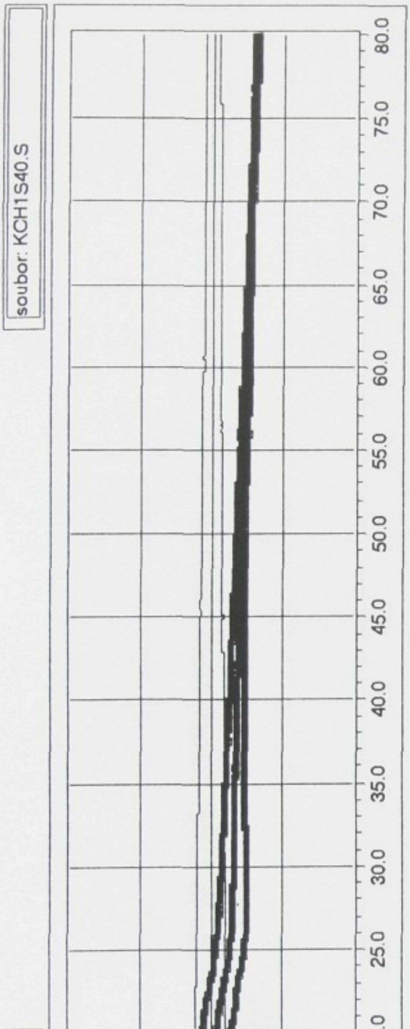
Příloha 13 c

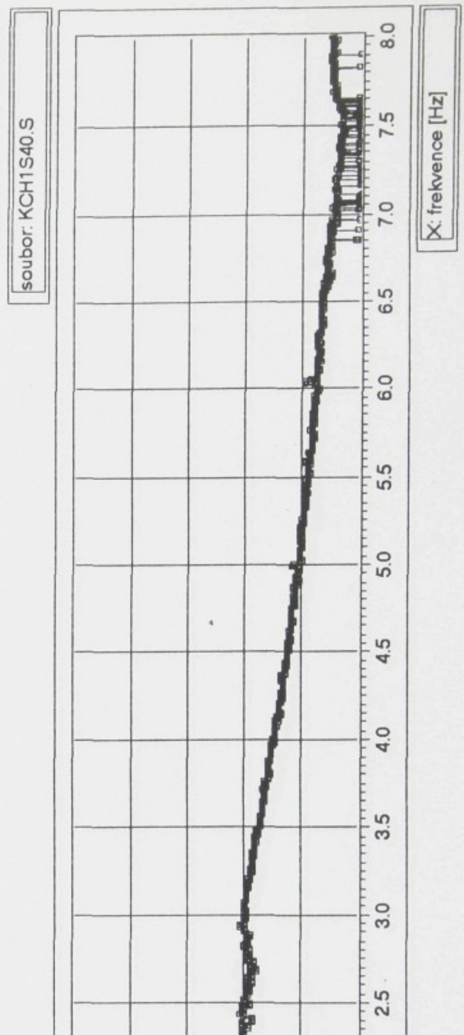

soubor: KCH1D40.M
Y: buzeni [mm], odezva [mm]
X: cas [s]
40.0
20.0
0.0
-20.0
-40.0
0.0
5.0
10.0
15.0
20.0
25.0
30.0
35.0
40.0
45.0
50.0
55.0
60.0
65.0
70.0
75.0
80.0

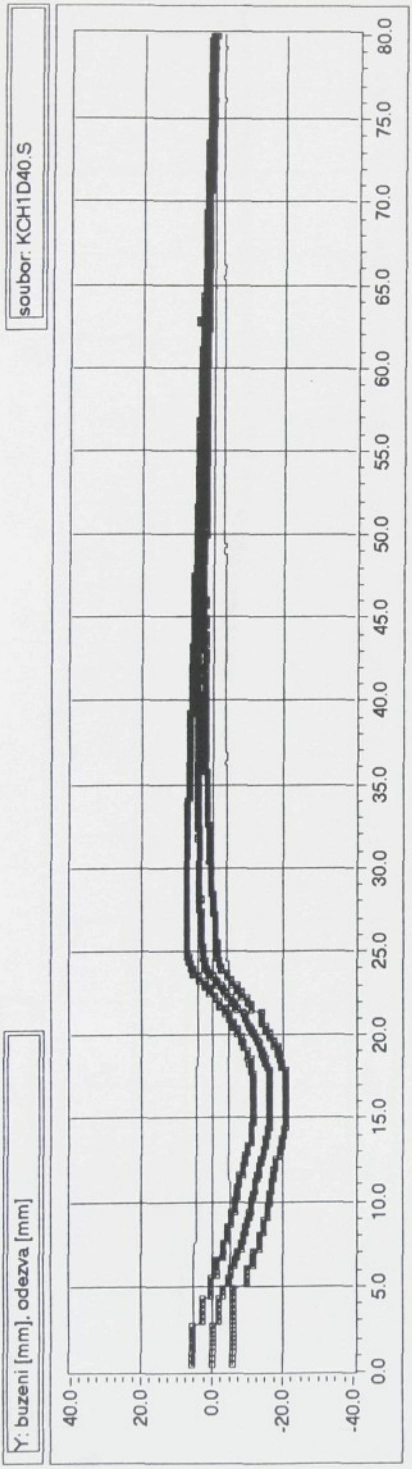

soubor: KCH1D40.M
Y: prenos [1] Y_1/Z
X: frekvence [Hz]
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0.4
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0
4.5
5.0
5.5
6.0
6.5
7.0
7.5
8.0

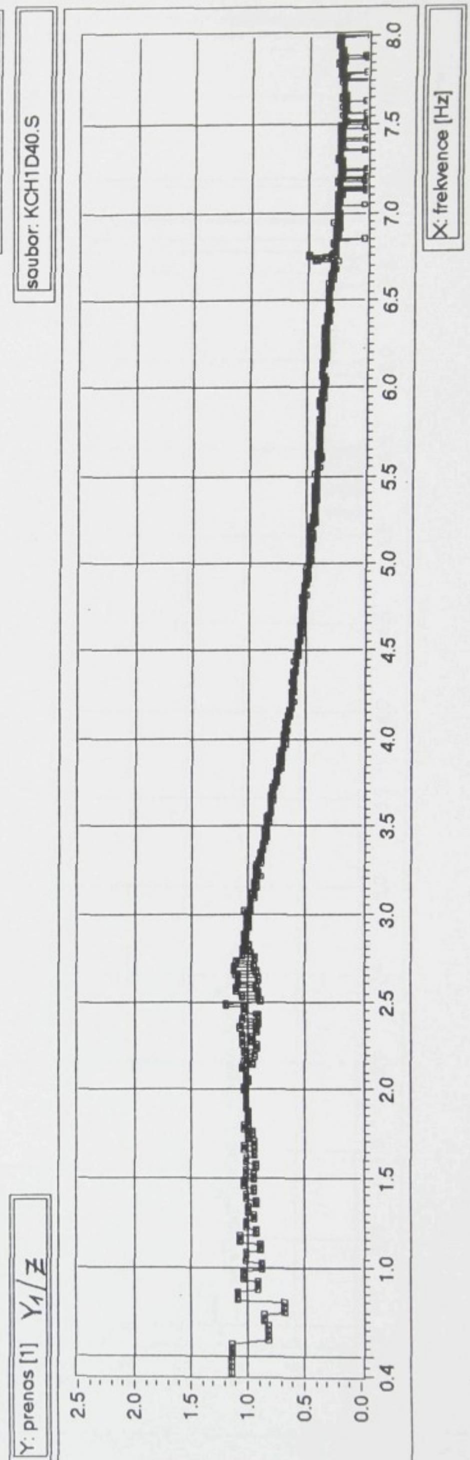

soubor: KCH1H40.S
Y: buzeni [mm], odezva [mm]
X: cas [s]
40.0
20.0
0.0
-20.0
-40.0
0.0
5.0
10.0
15.0
20.0
25.0
30.0
35.0
40.0
45.0
50.0
55.0
60.0
65.0
70.0
75.0
80.0

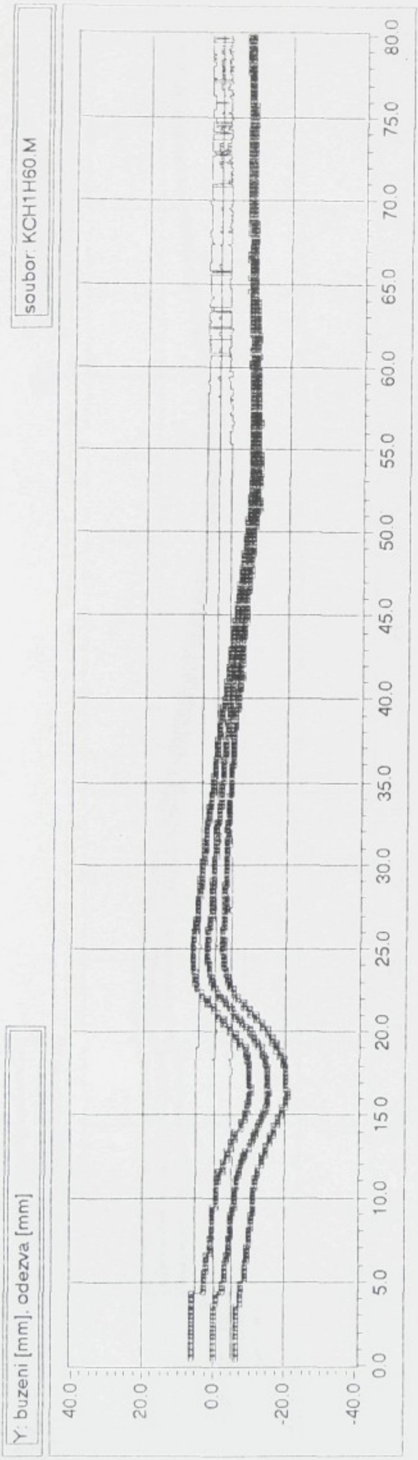

soubor: KCH1H40.S
Y: prenos [1] Y_1/Z
X: frekvence [Hz]
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0.4
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0
4.5
5.0
5.5
6.0
6.5
7.0
7.5
8.0

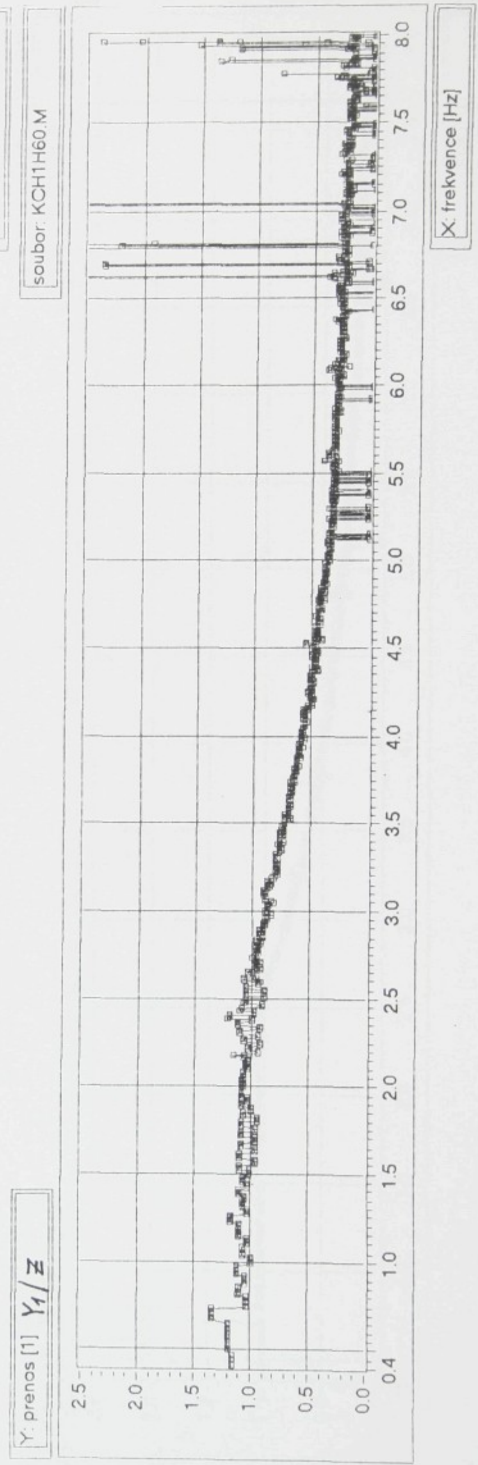

soubor: KCH1S40.S
Y: buzeni [mm], odezva [mm]
X: cas [s]
40.0
20.0
0.0
-20.0
-40.0
0.0
5.0
10.0
15.0
20.0
25.0
30.0
35.0
40.0
45.0
50.0
55.0
60.0
65.0
70.0
75.0
80.0

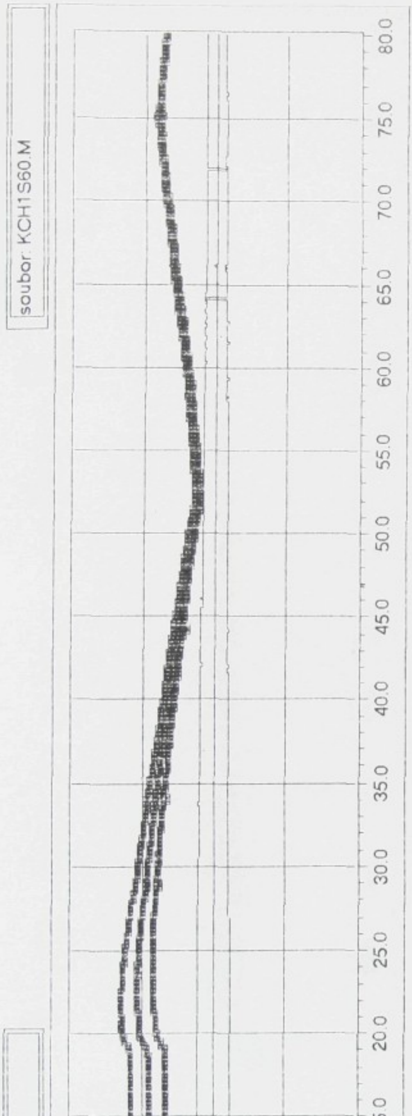

soubor: KCH1S40.S
Y: prenos [1] Y1/Z
X: frekvence [Hz]
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0.4
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0
4.5
5.0
5.5
6.0
6.5
7.0
7.5
8.0

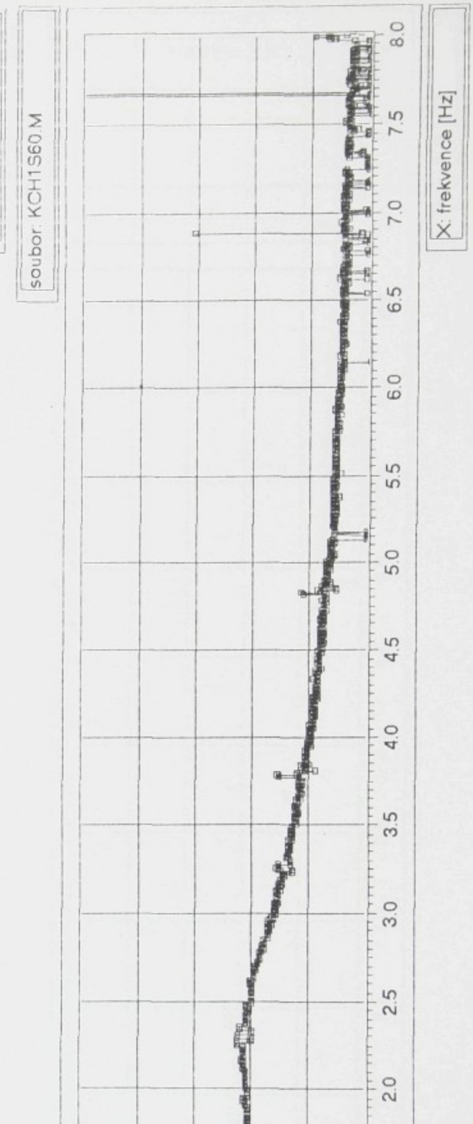

soubor: KCH1D40.S
Y: buzeni [mm], odezva [mm]
X: cas [s]
40.0
20.0
0.0
-20.0
-40.0
0.0
5.0
10.0
15.0
20.0
25.0
30.0
35.0
40.0
45.0
50.0
55.0
60.0
65.0
70.0
75.0
80.0


soubor: KCH1D40.S
Y: prenos [1]
Y1/Z
X: frekvence [Hz]
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0.4
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0
4.5
5.0
5.5
6.0
6.5
7.0
7.5
8.0

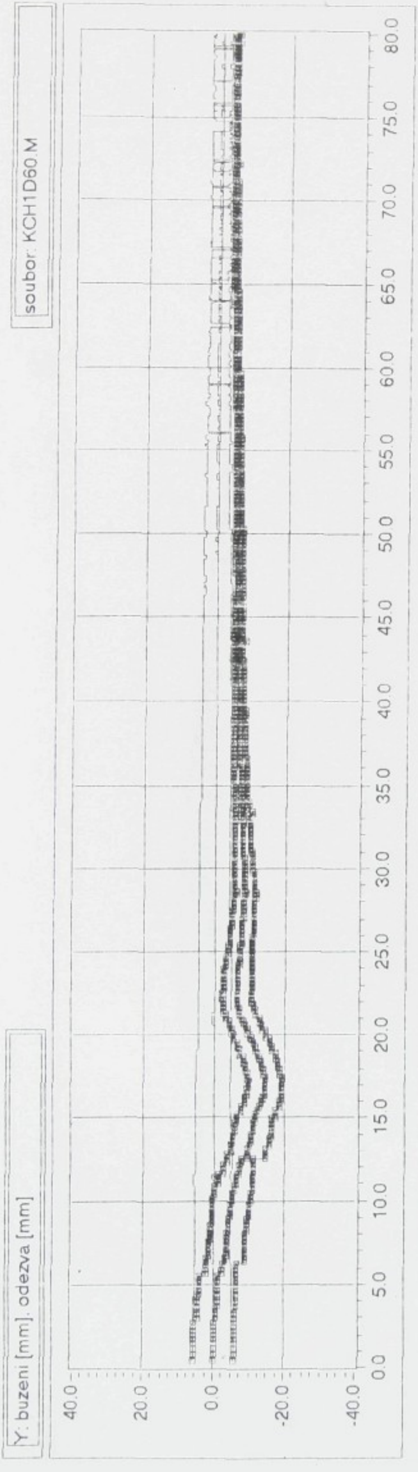

soubor: KCH1H60.M
Y: buzeni [mm], odezva [mm]
X: cas [s]

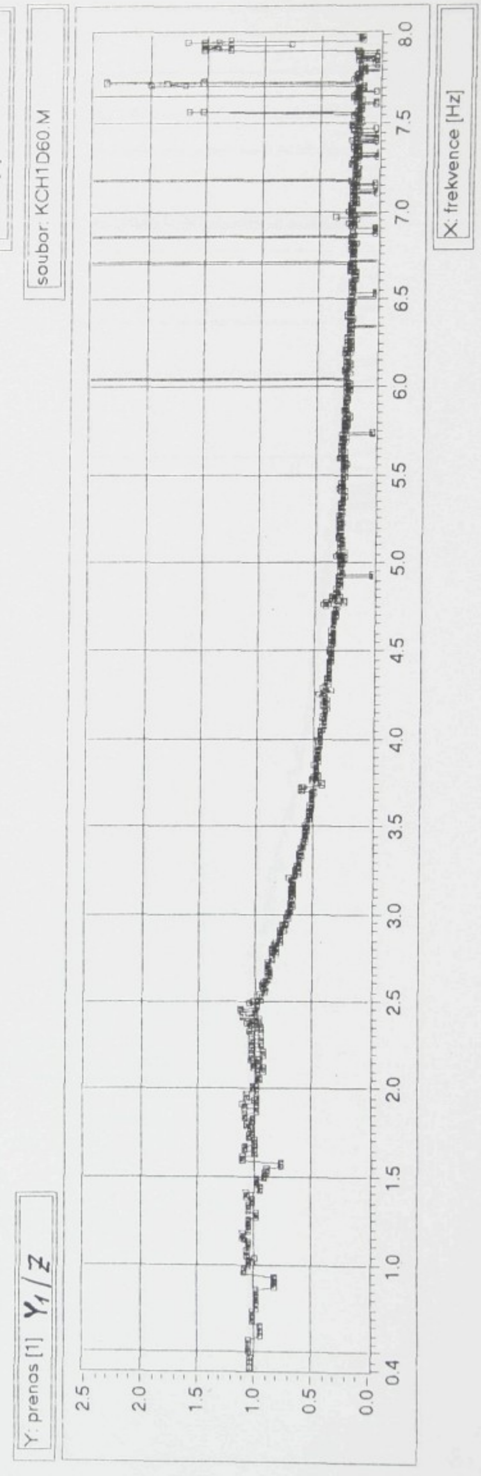

soubor: KCH1H60.M
Y: prenos [1] Y1/Z
X: frekvence [Hz]

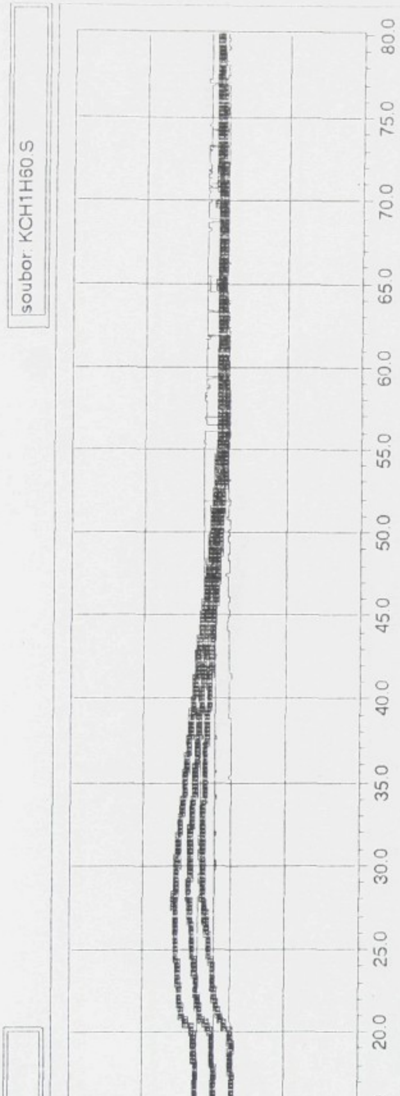

soubor: KCH1S60.M
Y: buzeni [mm], odezva [mm]
X: cas [s]
40.0
20.0
0.0
-20.0
-40.0
0.0
5.0
10.0
15.0
20.0
25.0
30.0
35.0
40.0
45.0
50.0
55.0
60.0
65.0
70.0
75.0
80.0

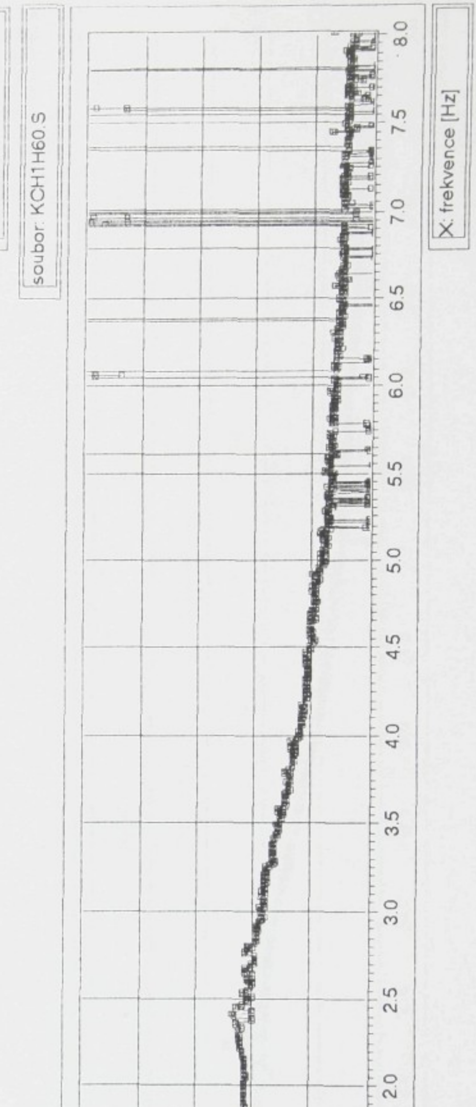

soubor: KCH1S60.M
Y: prenos [1] Y1/Z
X: frekvence [Hz]
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0.4
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0
4.5
5.0
5.5
6.0
6.5
7.0
7.5
8.0

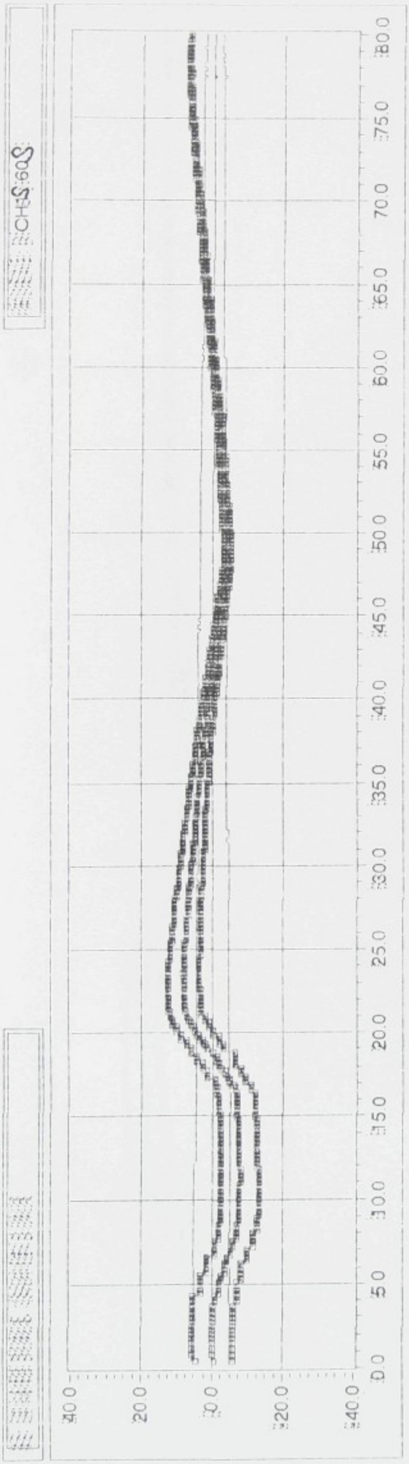
Příloha 15 c

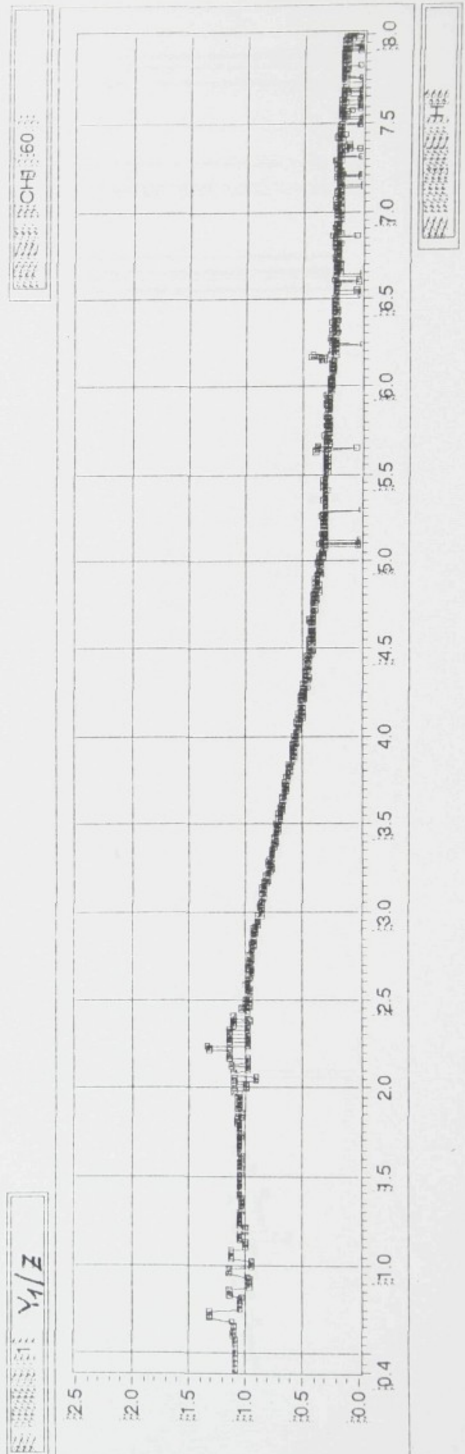

soubor: KCH1D60.M
Y: buzeni [mm], odezva [mm]
X: cas [s]
40.0
20.0
0.0
-20.0
-40.0
0.0
5.0
10.0
15.0
20.0
25.0
30.0
35.0
40.0
45.0
50.0
55.0
60.0
65.0
70.0
75.0
80.0

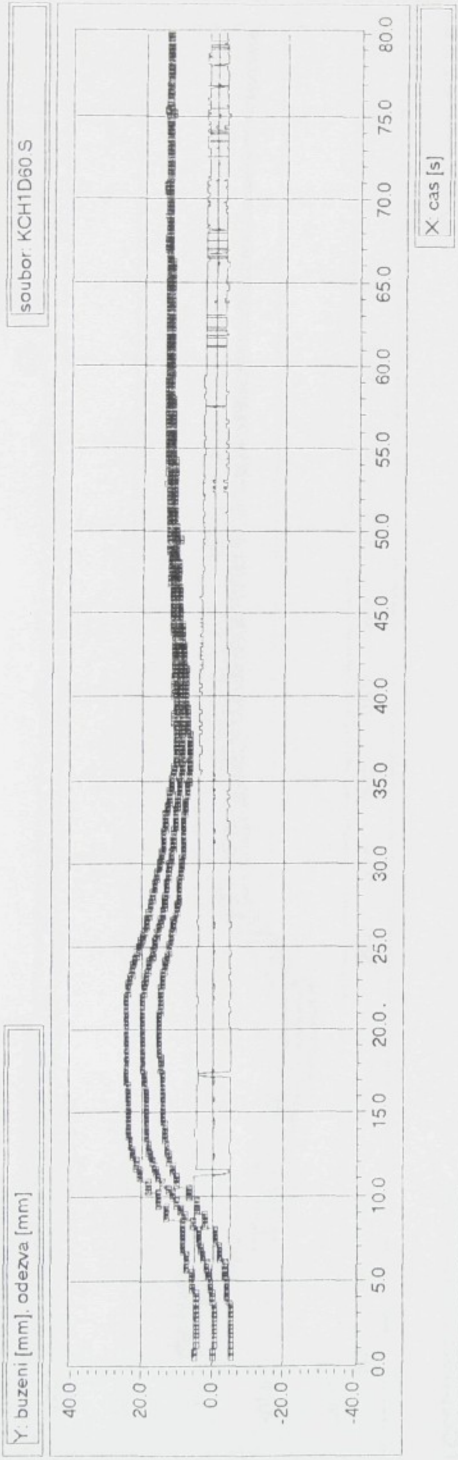

soubor: KCH1D60.M
Y: prenos [1] Y_1/Z
X: frekvence [Hz]
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0.4
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0
4.5
5.0
5.5
6.0
6.5
7.0
7.5
8.0

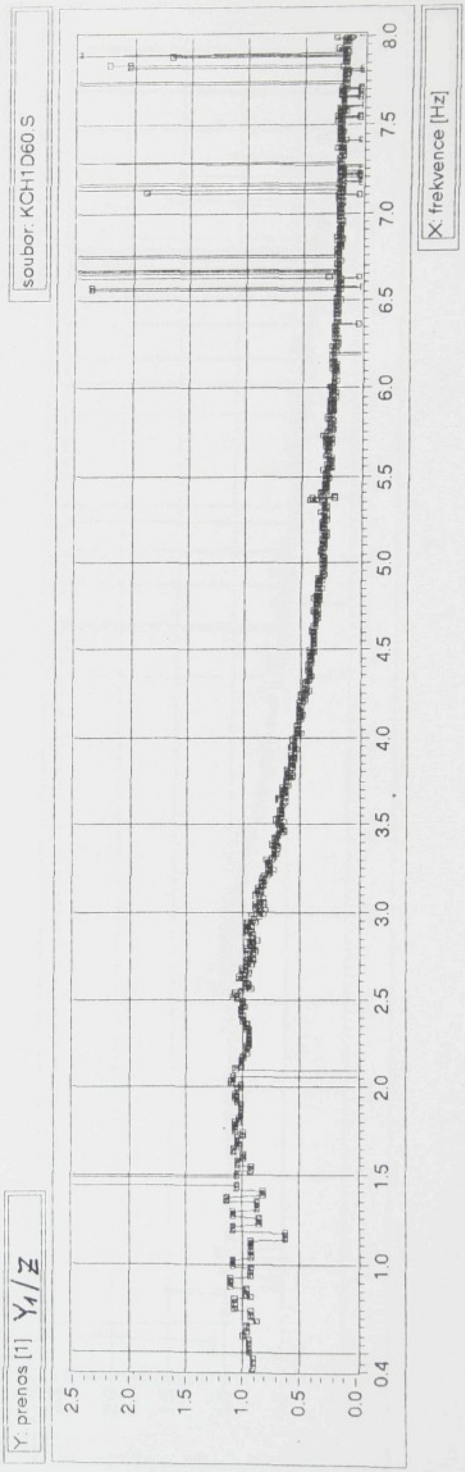

Y: buzeni [mm], odezva [mm]
soubor: KCH1H60.S
X: cas [s]

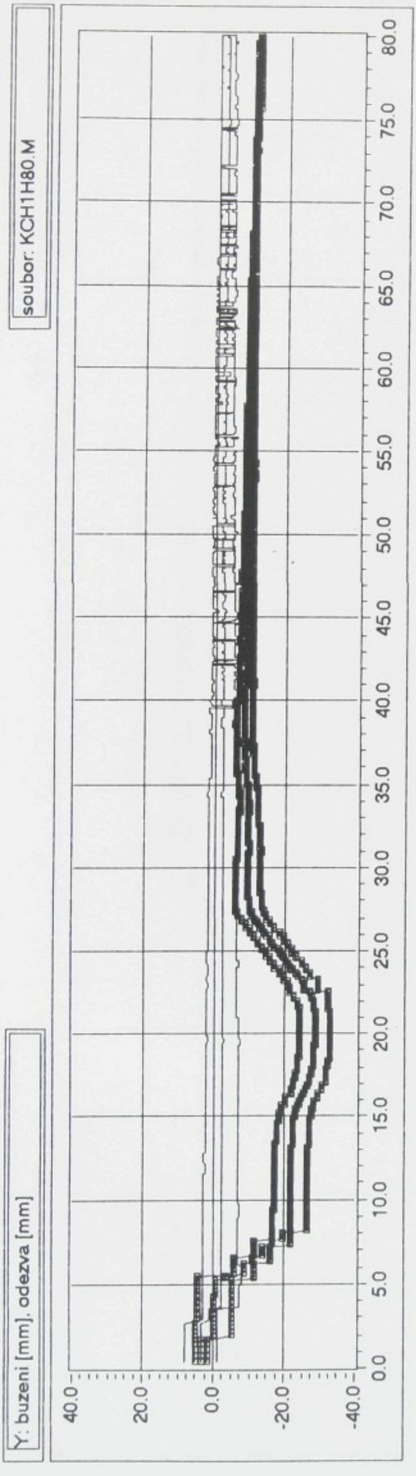

Y: prenos [1] Y_1/Z
soubor: KCH1H60.S
X: frekvence [Hz]

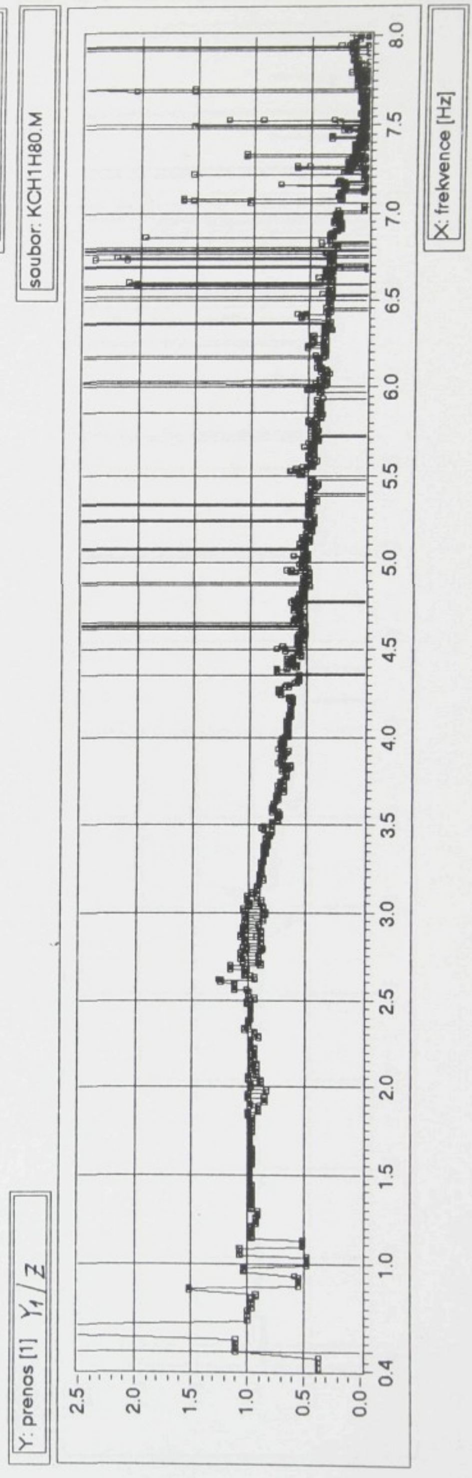


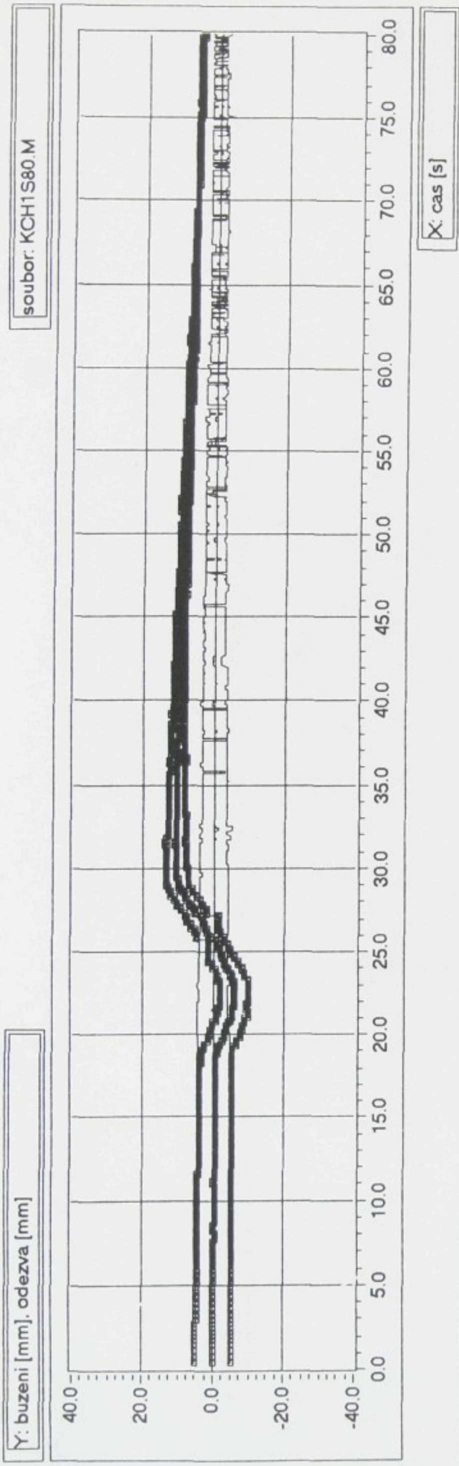


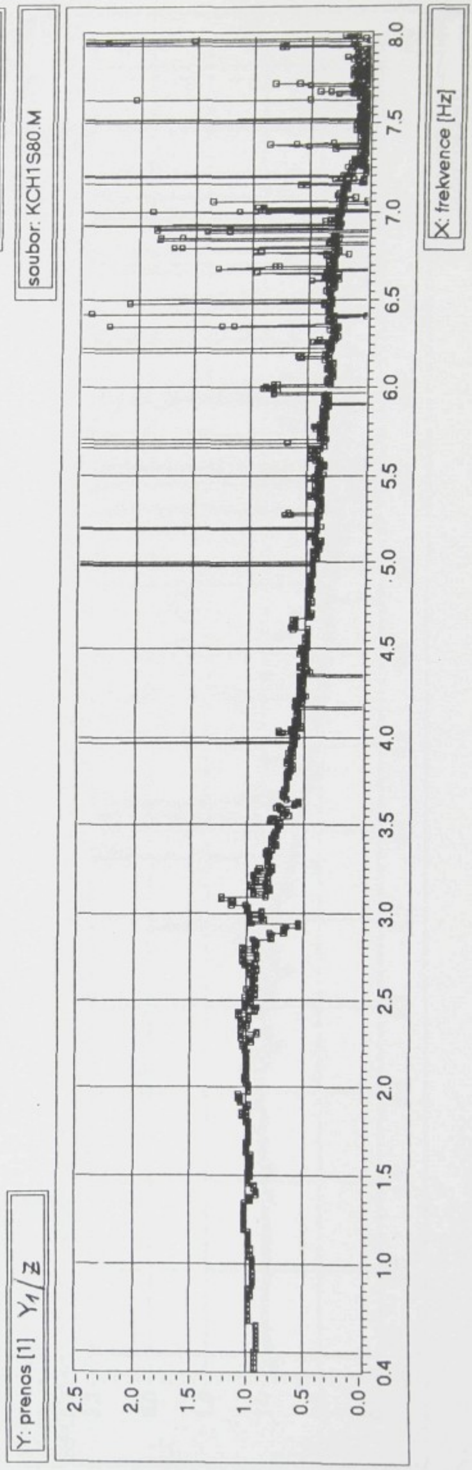

Y: buzeni [mm], odezva [mm]
soubor: KCH1D60.S
X: cas [s]

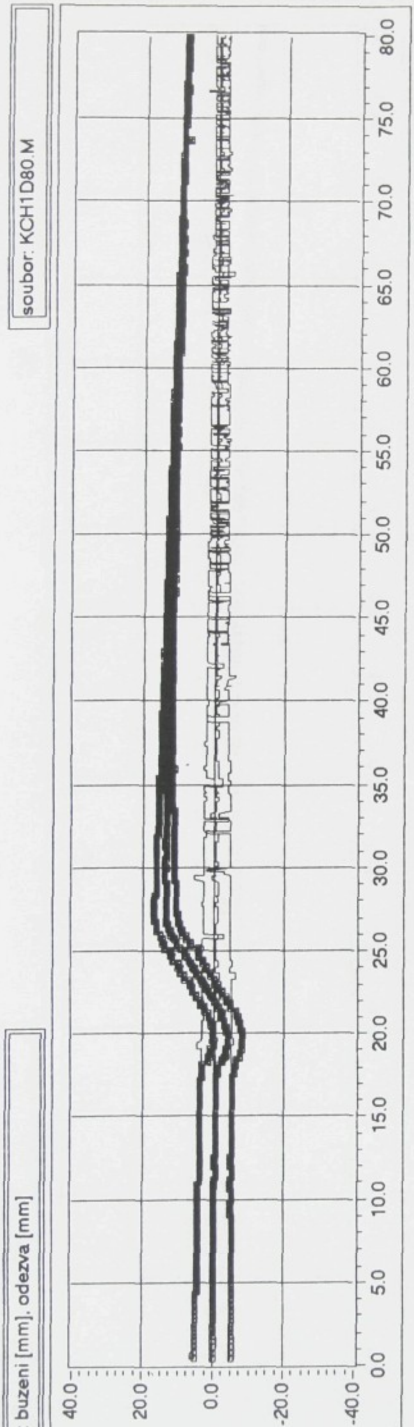

Y: prenos [1] Y1/Z
soubor: KCH1D60.S
X: frekvence [Hz]

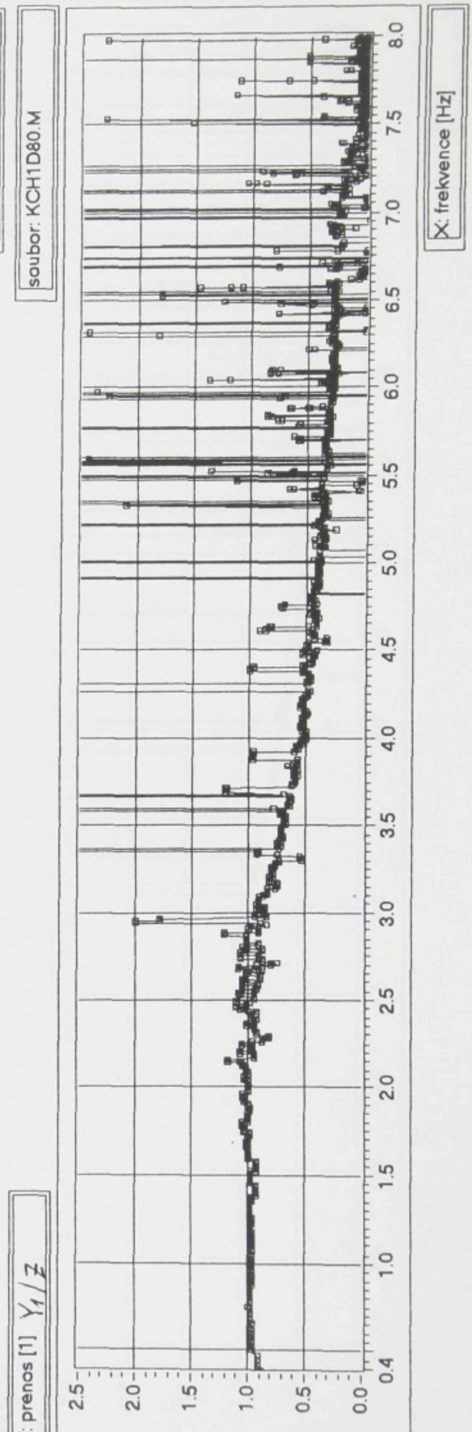

soubor: KCH1H80.M
Y: buzeni [mm], odezva [mm]
X: cas [s]

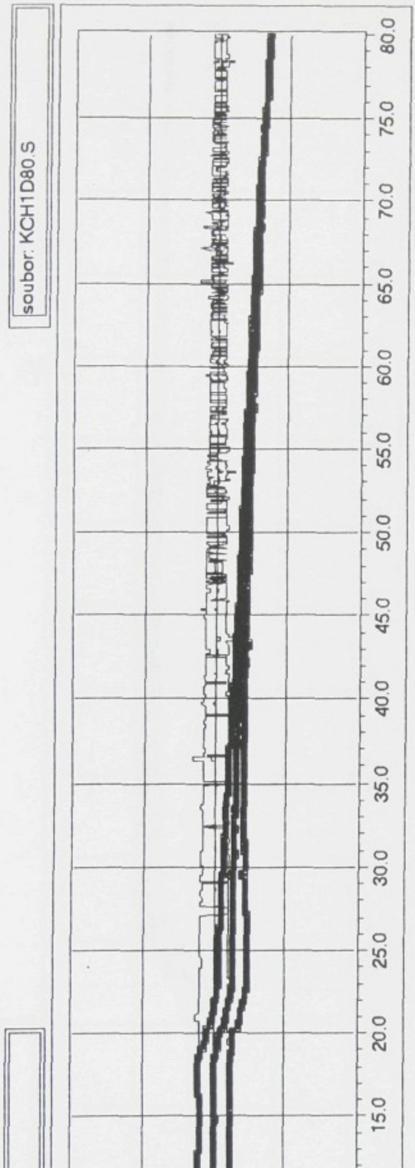

soubor: KCH1H80.M
Y: prenos [1] Y1/Z
X: frekvence [Hz]

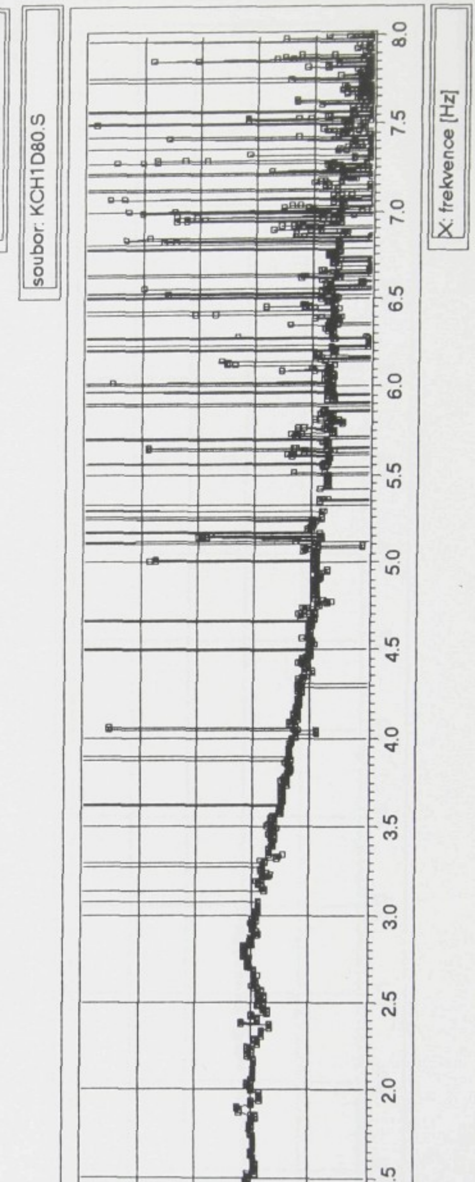

Y: buzeni [mm], odezva [mm]
soubor: KCH1S80.M
X: cas [s]

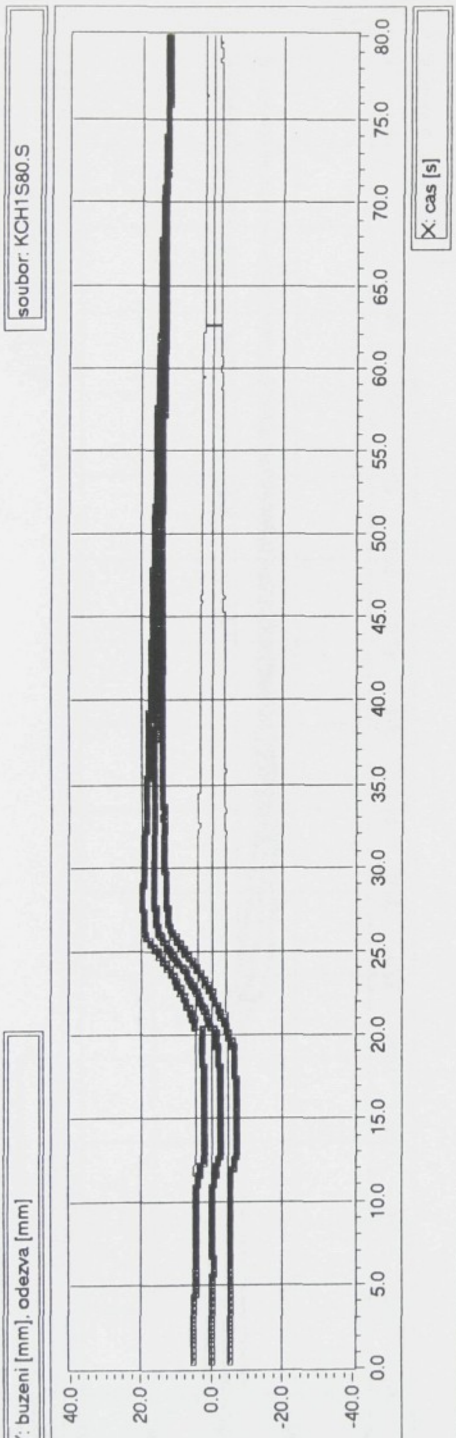

Y: prenos [1] Y1/Z
soubor: KCH1S80.M
X: frekvence [Hz]

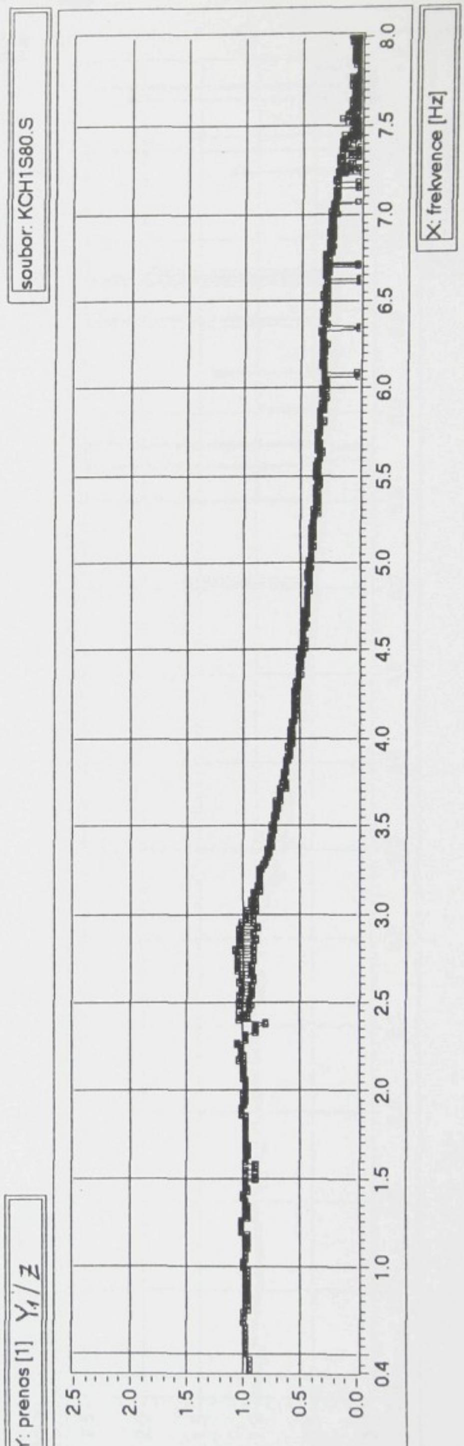

soubor: KCH1D80.M
Y: buzeni [mm], odezva [mm]
X: cas [s]
40.0
20.0
0.0
-20.0
-40.0
0.0
5.0
10.0
15.0
20.0
25.0
30.0
35.0
40.0
45.0
50.0
55.0
60.0
65.0
70.0
75.0
80.0

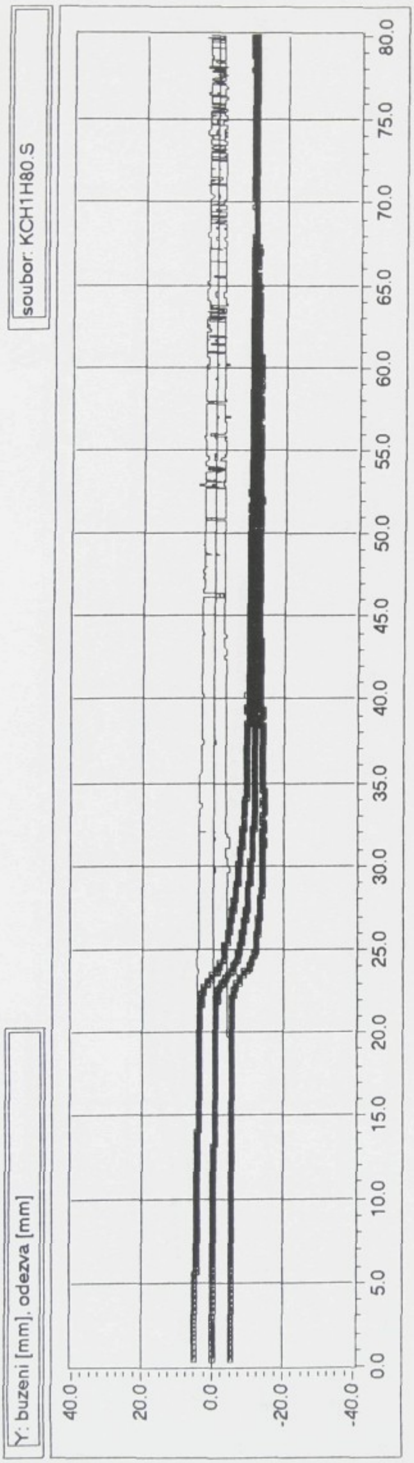

soubor: KCH1D80.M
Y: prenos [1] Y1/Z
X: frekvence [Hz]
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0.4
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0
4.5
5.0
5.5
6.0
6.5
7.0
7.5
8.0

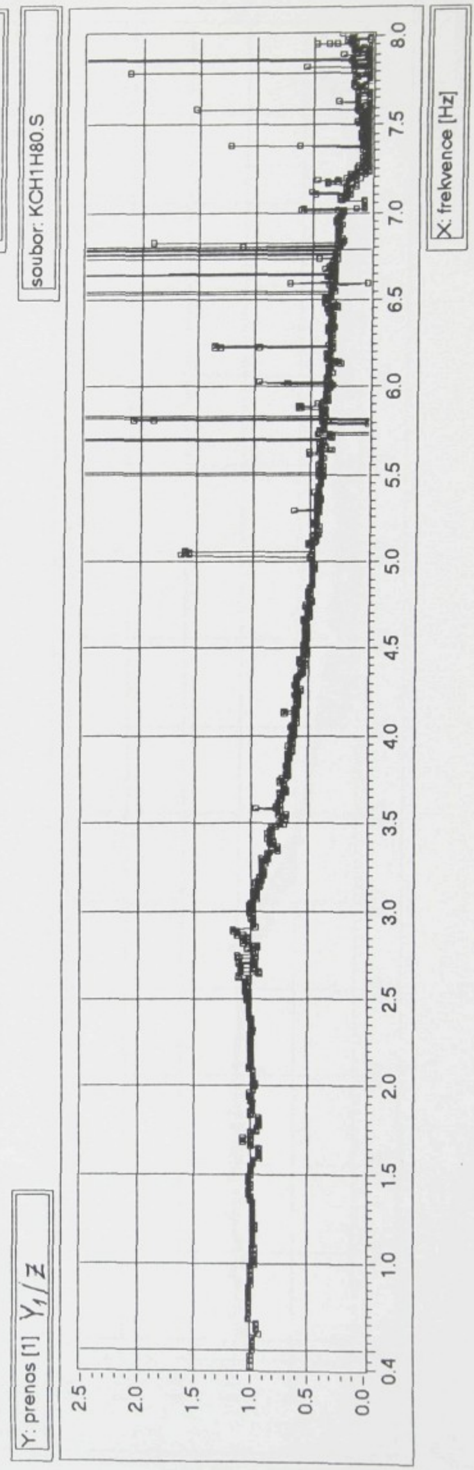

soubor: KCH1D80.S
Y: buzeni [mm], odezva [mm]
X: cas [s]
40.0
20.0
0.0
-20.0
-40.0
0.0
5.0
10.0
15.0
20.0
25.0
30.0
35.0
40.0
45.0
50.0
55.0
60.0
65.0
70.0
75.0
80.0

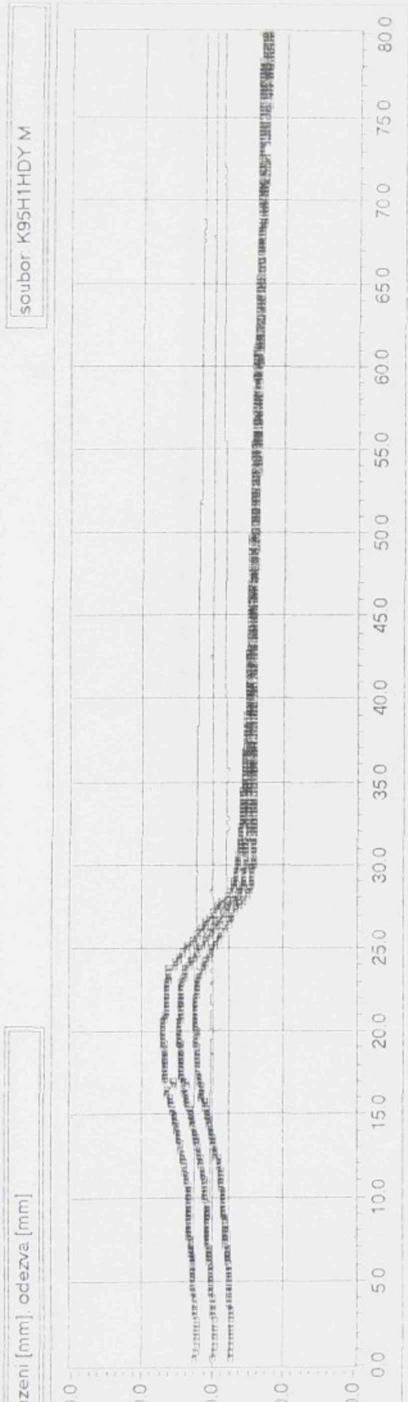

soubor: KCH1D80.S
Y: prenos [1] Y1/Z
X: frekvence [Hz]
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0.4
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0
4.5
5.0
5.5
6.0
6.5
7.0
7.5
8.0

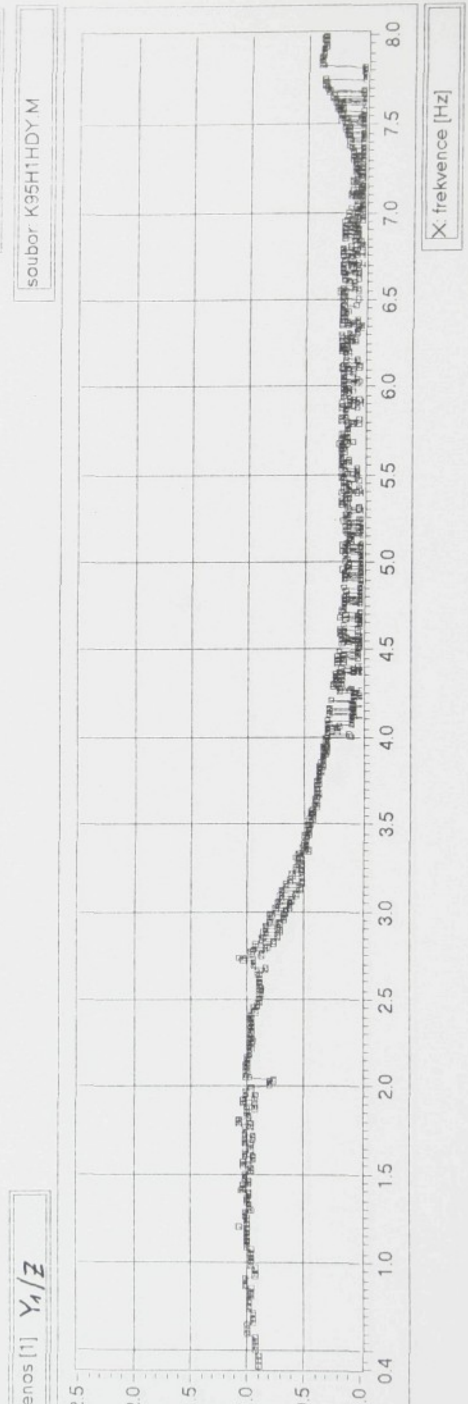

Y: buzeni [mm], odezva [mm]
soubor: KCH1S80.S
X: cas [s]
40.0
20.0
0.0
-20.0
-40.0
0.0 5.0 10.0 15.0 20.0 25.0 30.0 35.0 40.0 45.0 50.0 55.0 60.0 65.0 70.0 75.0 80.0

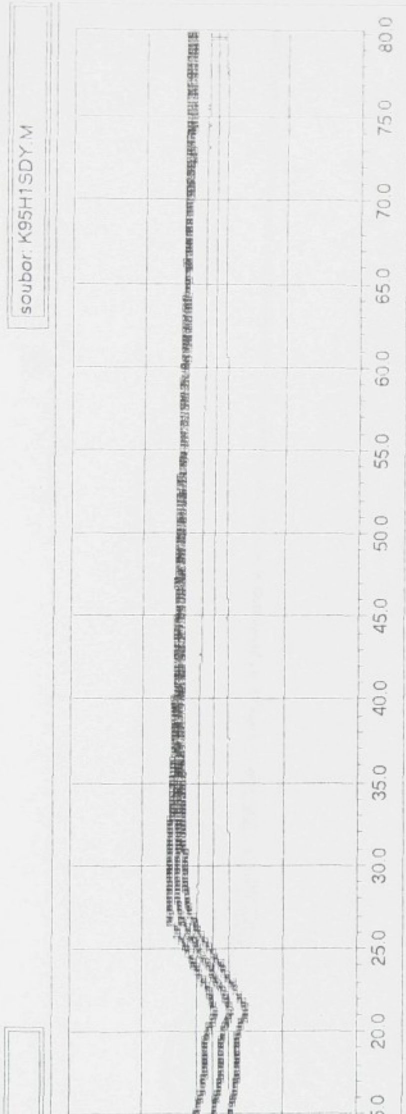

Y: prenos [1] Y_1/Z
soubor: KCH1S80.S
X: frekvence [Hz]
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0.4 1.0 1.5 2.0 2.5 3.0 3.5 4.0 4.5 5.0 5.5 6.0 6.5 7.0 7.5 8.0

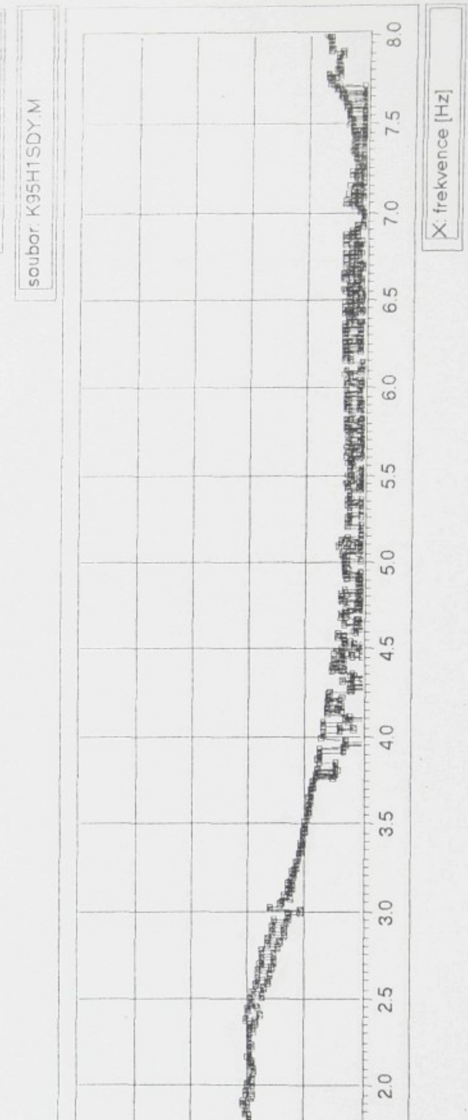

soubor: KCH1H80.S
Y: buzeni [mm], odezva [mm]
X: cas [s]

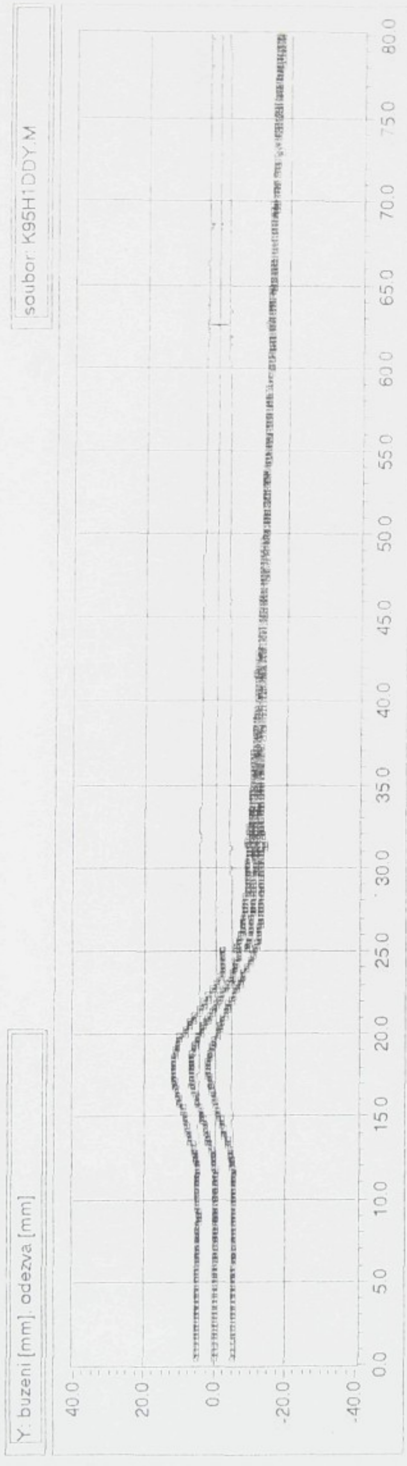

soubor: KCH1H80.S
Y: prenos [1]
Y1/Z
X: frekvence [Hz]

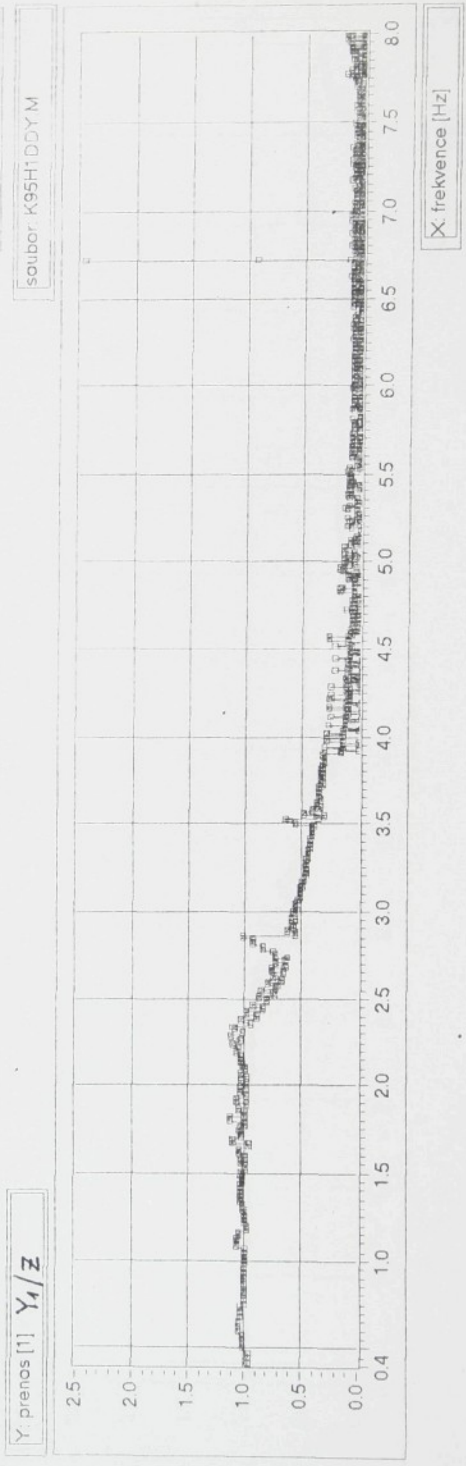

soubor: K95H1HDY.M
Y: buzeni [mm], odezva [mm]
X: cas [s]
40.0
20.0
0.0
-20.0
-40.0
0.0
5.0
10.0
15.0
20.0
25.0
30.0
35.0
40.0
45.0
50.0
55.0
60.0
65.0
70.0
75.0
80.0

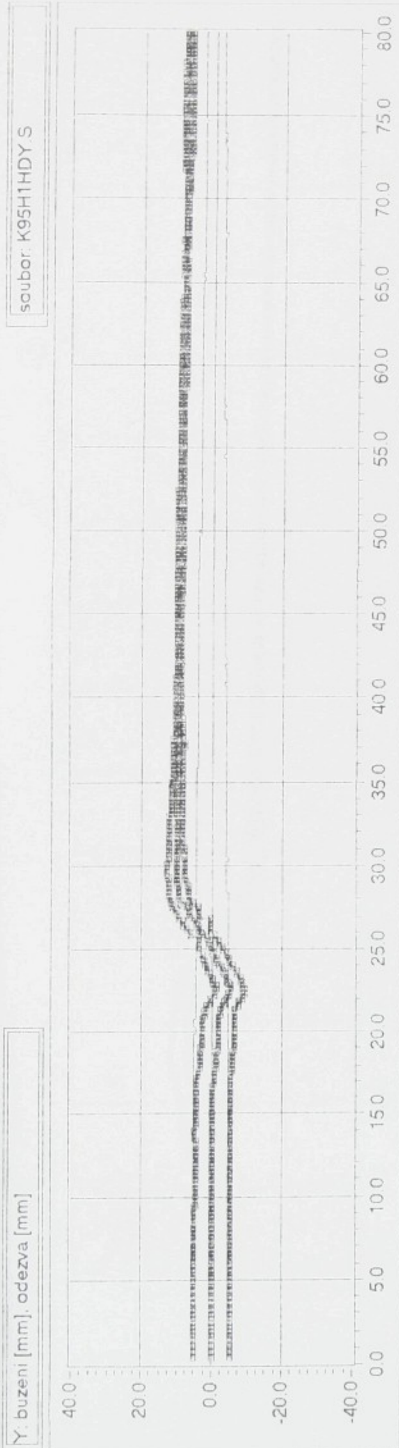

soubor: K95H1HDY.M
Y: prenos [1]
Y1/Z
X: frekvence [Hz]
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0.4
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0
4.5
5.0
5.5
6.0
6.5
7.0
7.5
8.0

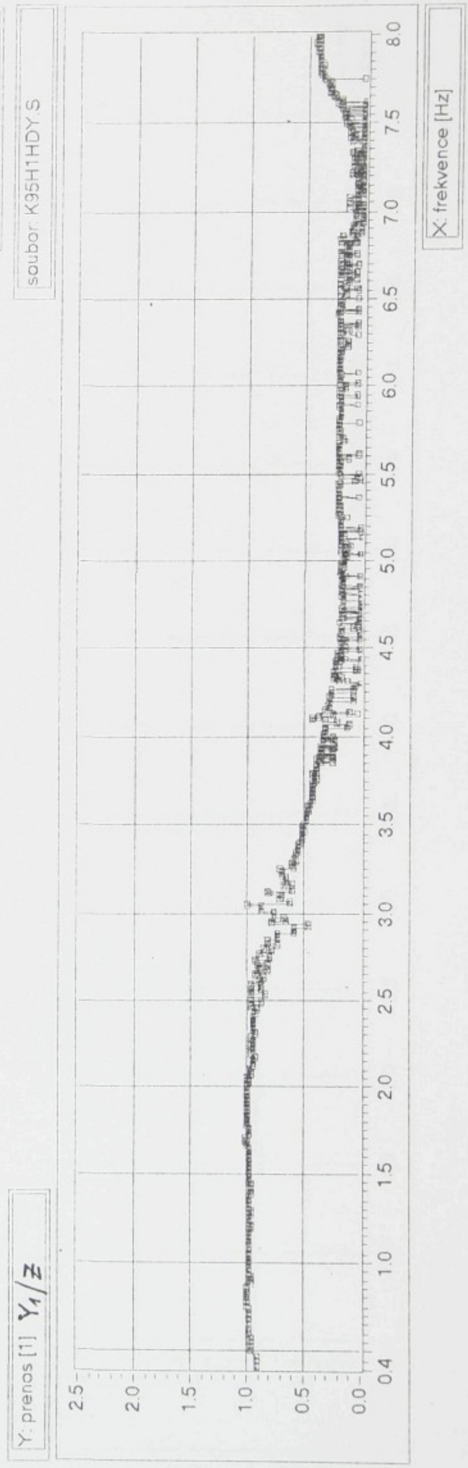

soubor: K95H1SDY.M
Y: buzeni [mm], odezva [mm]
X: cas [s]
40.0
20.0
0.0
-20.0
-40.0
0.0 5.0 10.0 15.0 20.0 25.0 30.0 35.0 40.0 45.0 50.0 55.0 60.0 65.0 70.0 75.0 80.0

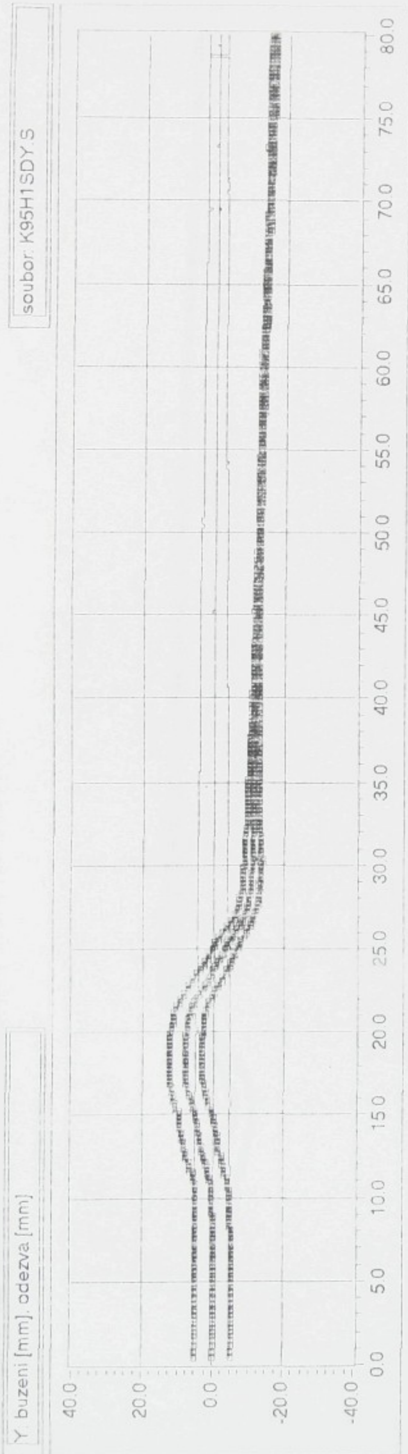

soubor: K95H1SDY.M
Y: prenos [1]
Y1/Z
X: frekvence [Hz]
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0.4 1.0 1.5 2.0 2.5 3.0 3.5 4.0 4.5 5.0 5.5 6.0 6.5 7.0 7.5 8.0

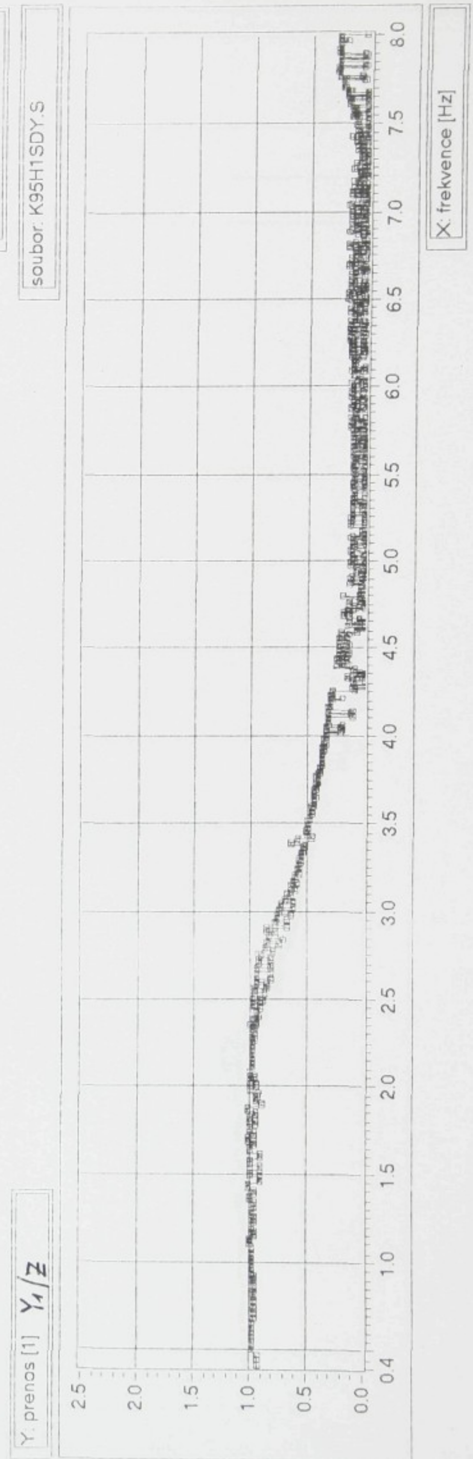

soubor: K95H1DDY.M
Y: buzeni [mm], odezva [mm]
X: cas [s]
40.0
20.0
0.0
-20.0
-40.0
0.0
5.0
10.0
15.0
20.0
25.0
30.0
35.0
40.0
45.0
50.0
55.0
60.0
65.0
70.0
75.0
80.0

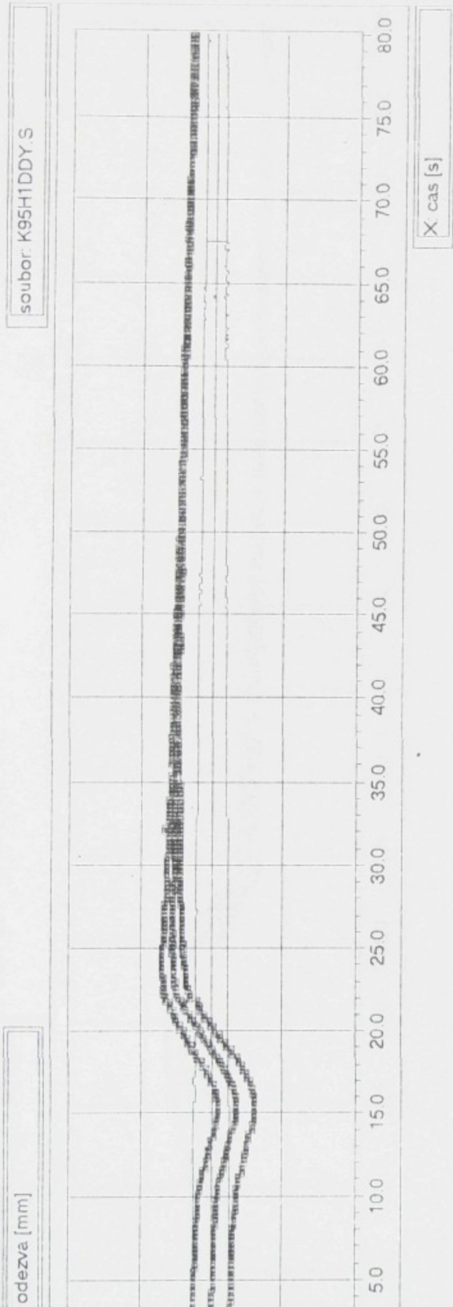

soubor: K95H1DDY.M
Y: prenos [1] Y1/Z
X: frekvence [Hz]
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0.4
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0
4.5
5.0
5.5
6.0
6.5
7.0
7.5
8.0

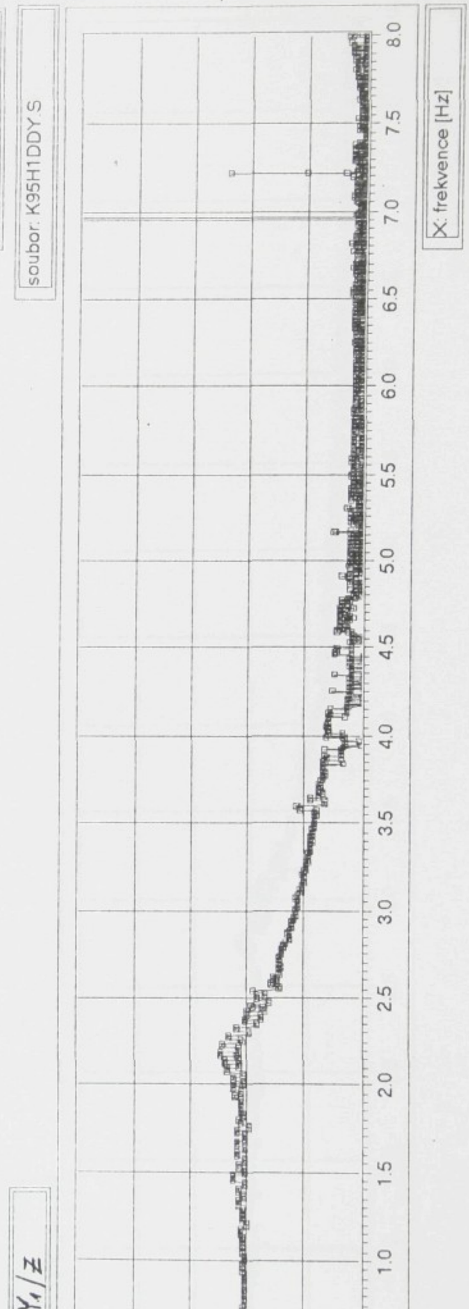

soubor: K95H1HDY.S
Y: buzeni [mm], odezva [mm]
X: cas [s]

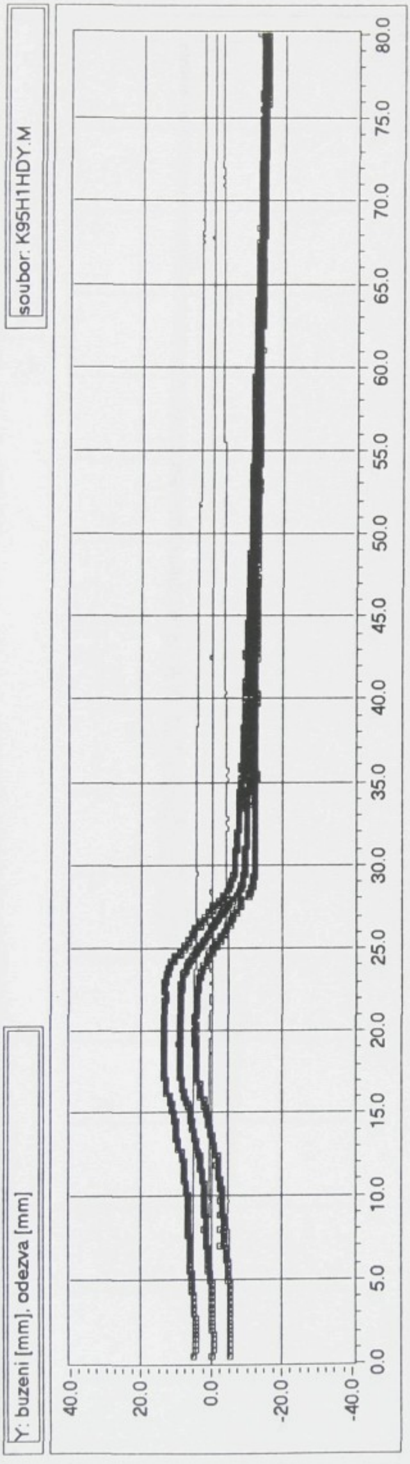

soubor: K95H1HDY.S
Y: prenos [1]
Y1/Z
X: frekvence [Hz]

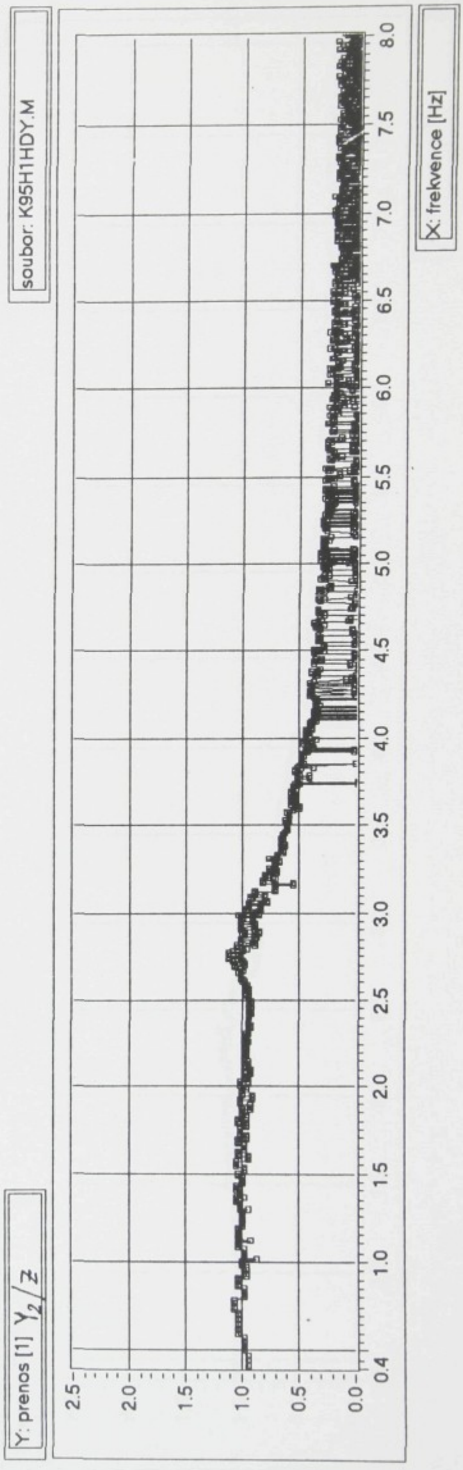

Y: buzeni [mm], odezva [mm]
soubor: K95H1SDY.S
X: cas [s]
40.0
20.0
0.0
-20.0
-40.0
0.0
5.0
10.0
15.0
20.0
25.0
30.0
35.0
40.0
45.0
50.0
55.0
60.0
65.0
70.0
75.0
80.0

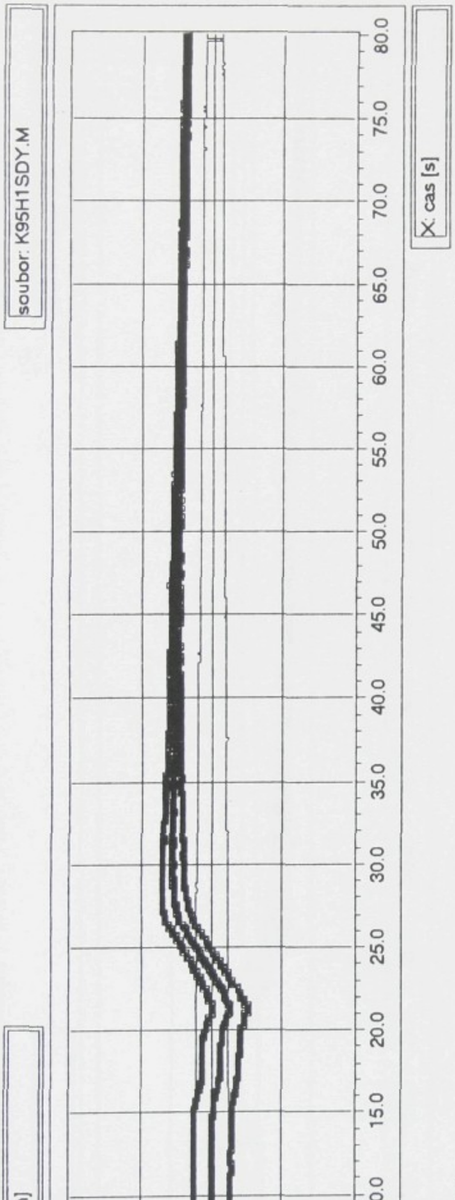

Y: prenos [1]
Y1/Z
soubor: K95H1SDY.S
X: frekvence [Hz]
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0.4
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0
4.5
5.0
5.5
6.0
6.5
7.0
7.5
8.0

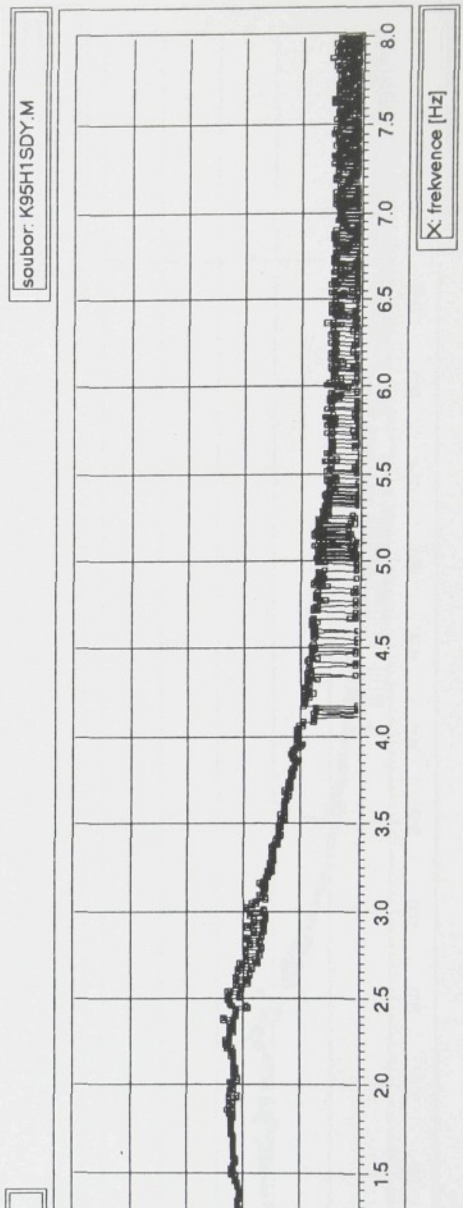

soubor: K95H1DDY.S
Y: buzeni [mm], odezva [mm]
40.0
20.0
0.0
-20.0
-40.0
0.0
5.0
10.0
15.0
20.0
25.0
30.0
35.0
40.0
45.0
50.0
55.0
60.0
65.0
70.0
75.0
80.0
X: cas [s]

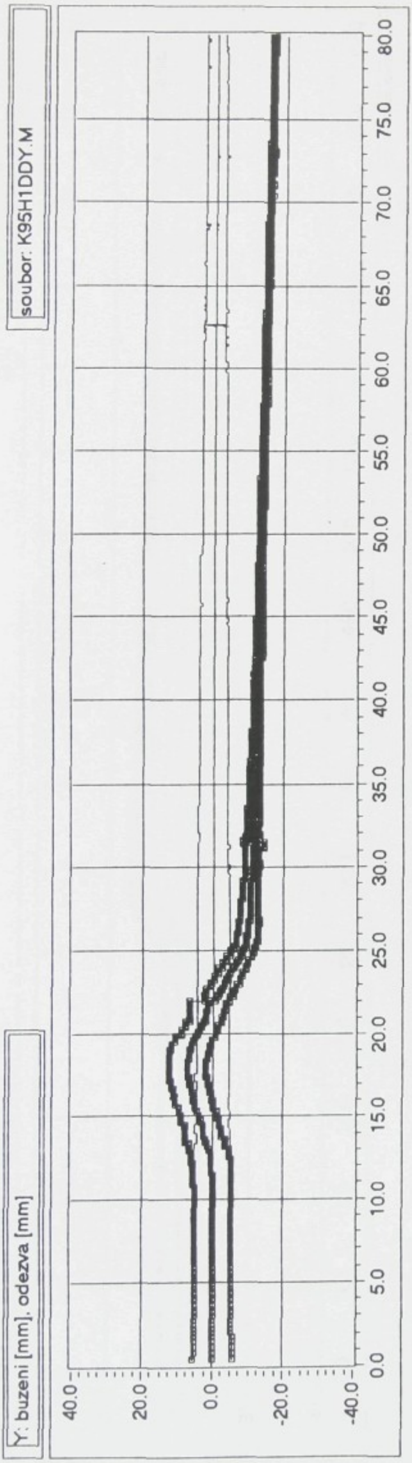

soubor: K95H1DDY.S
Y: prenos [1]
Y1/Z
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0.4
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0
4.5
5.0
5.5
6.0
6.5
7.0
7.5
8.0
X: frekvence [Hz]

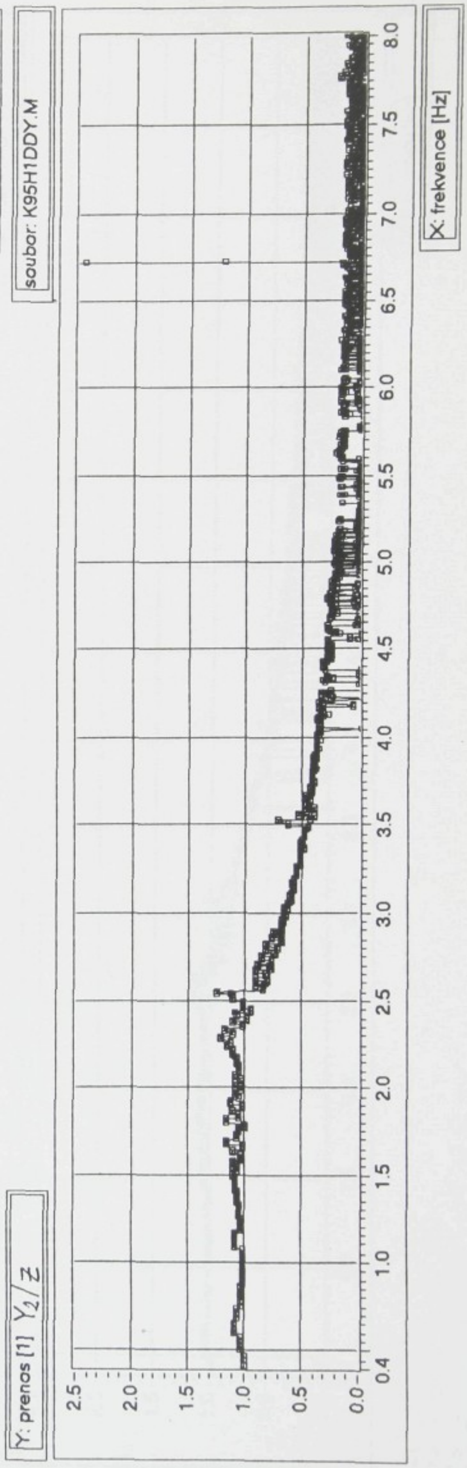

Y: buzeni [mm], odezva [mm]
soubor: K95H1HDY.M
X: cas [s]
40.0
20.0
0.0
-20.0
-40.0
0.0
5.0
10.0
15.0
20.0
25.0
30.0
35.0
40.0
45.0
50.0
55.0
60.0
65.0
70.0
75.0
80.0

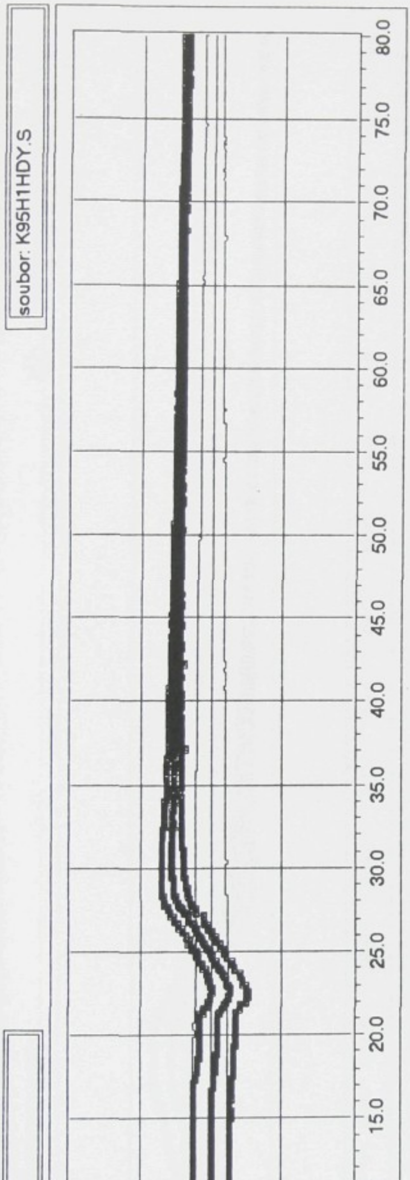

Y: prenos [1] Y2/Z
soubor: K95H1HDY.M
X: frekvence [Hz]
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0.4
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0
4.5
5.0
5.5
6.0
6.5
7.0
7.5
8.0

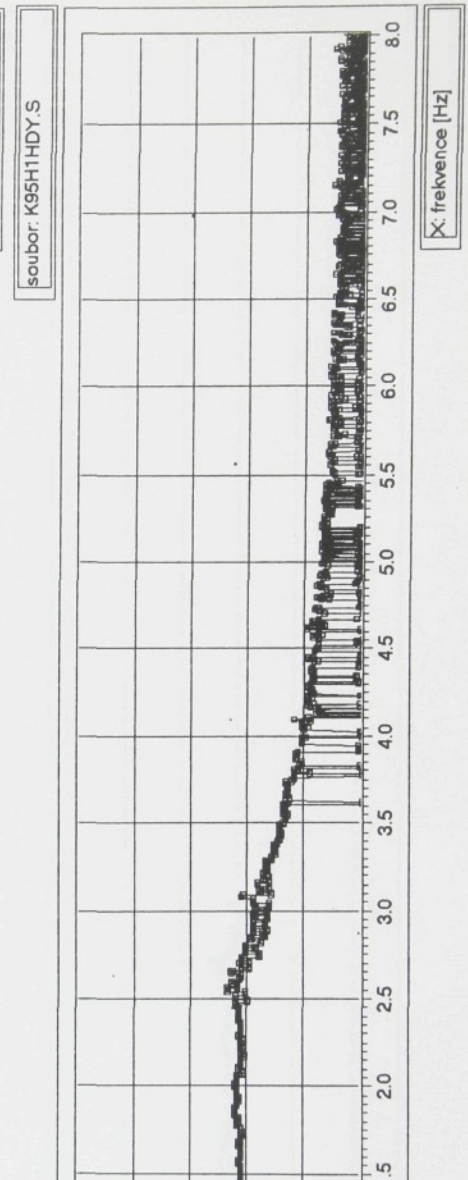

soubor: K95H1SDY.M
Y: buzeni [mm], odezva [mm]
X: cas [s]
40.0
20.0
0.0
-20.0
-40.0
0.0
5.0
10.0
15.0
20.0
25.0
30.0
35.0
40.0
45.0
50.0
55.0
60.0
65.0
70.0
75.0
80.0

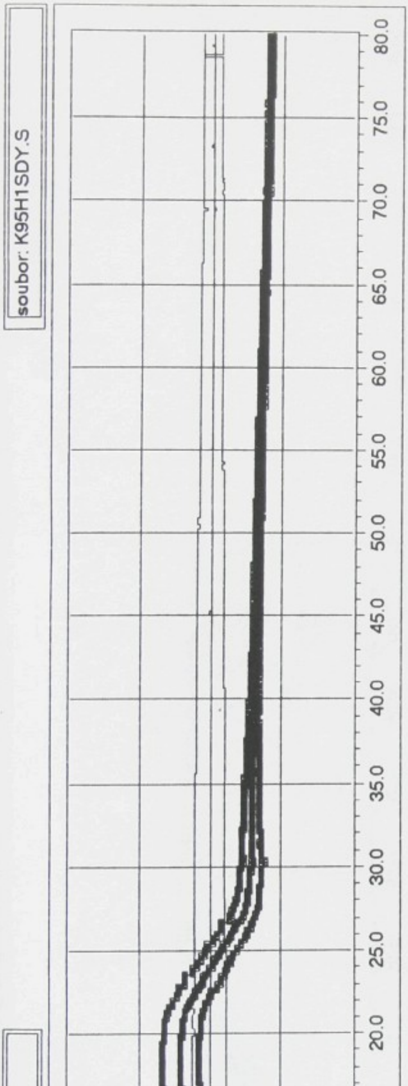

soubor: K95H1SDY.M
Y: prenos [1] Y_2/Z
X: frekvence [Hz]
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0.4
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0
4.5
5.0
5.5
6.0
6.5
7.0
7.5
8.0

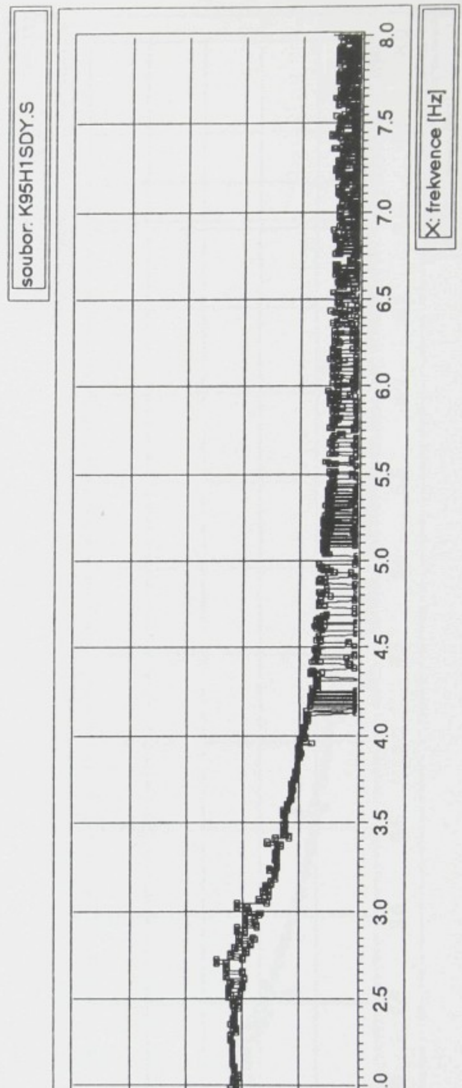

soubor: K95H1DDY.M
Y: buzeni [mm]. odezva [mm]
X: cas [s]

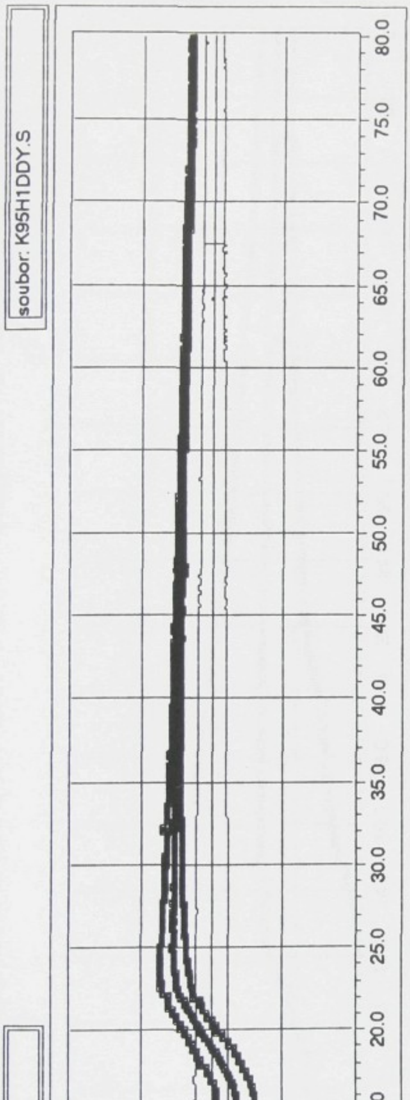

soubor: K95H1DDY.M
Y: prenos [1] Y2/Z
X: frekvence [Hz]

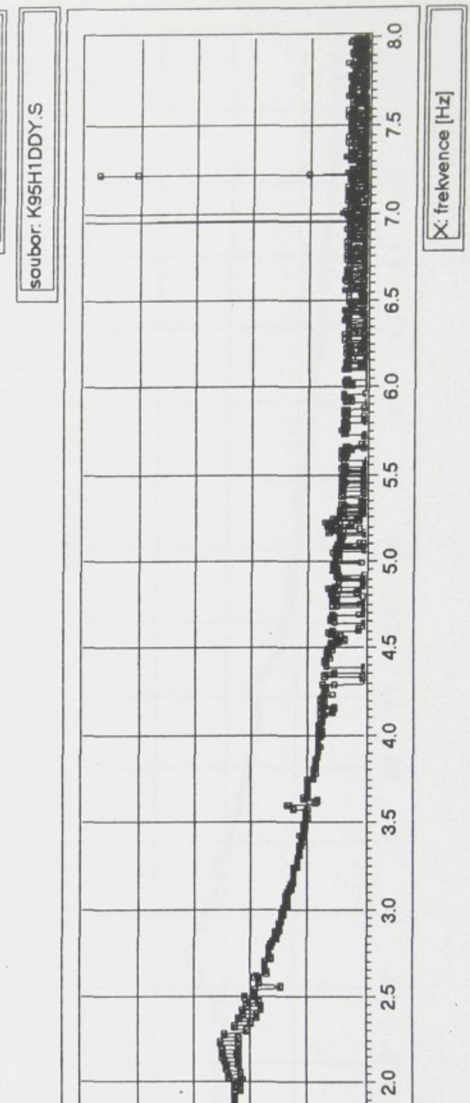

soubor: K95H1HDY.S
Y: buzeni [mm], odezva [mm]
X: cas [s]
40.0
20.0
0.0
-20.0
-40.0
0.0
5.0
10.0
15.0
20.0
25.0
30.0
35.0
40.0
45.0
50.0
55.0
60.0
65.0
70.0
75.0
80.0

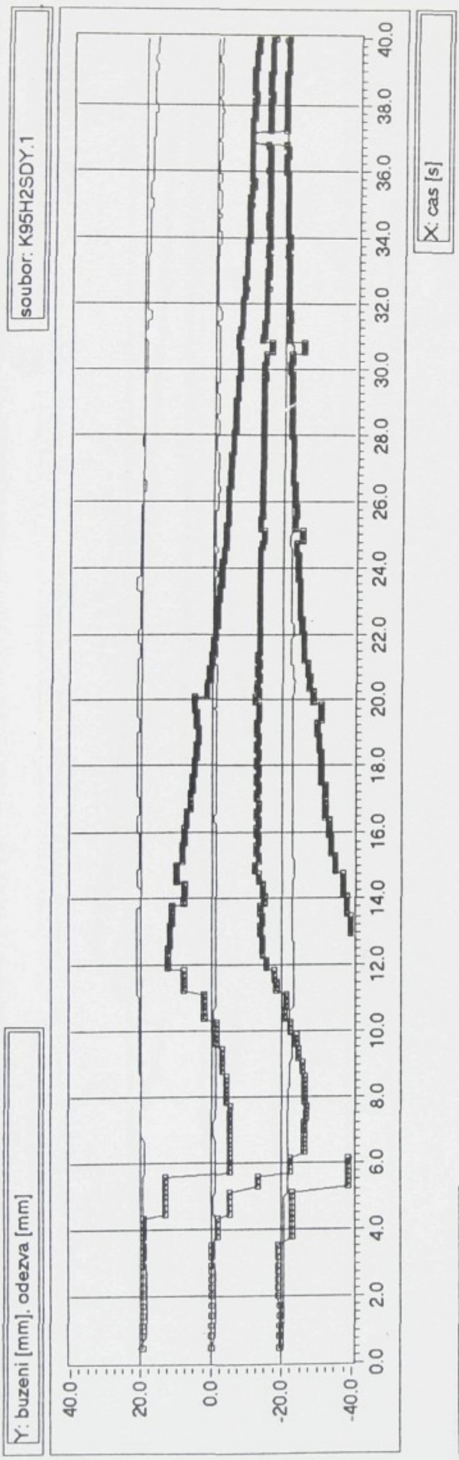

soubor: K95H1HDY.S
Y: prenos [1] Y2/Z
X: frekvence [Hz]
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0.4
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0
4.5
5.0
5.5
6.0
6.5
7.0
7.5
8.0

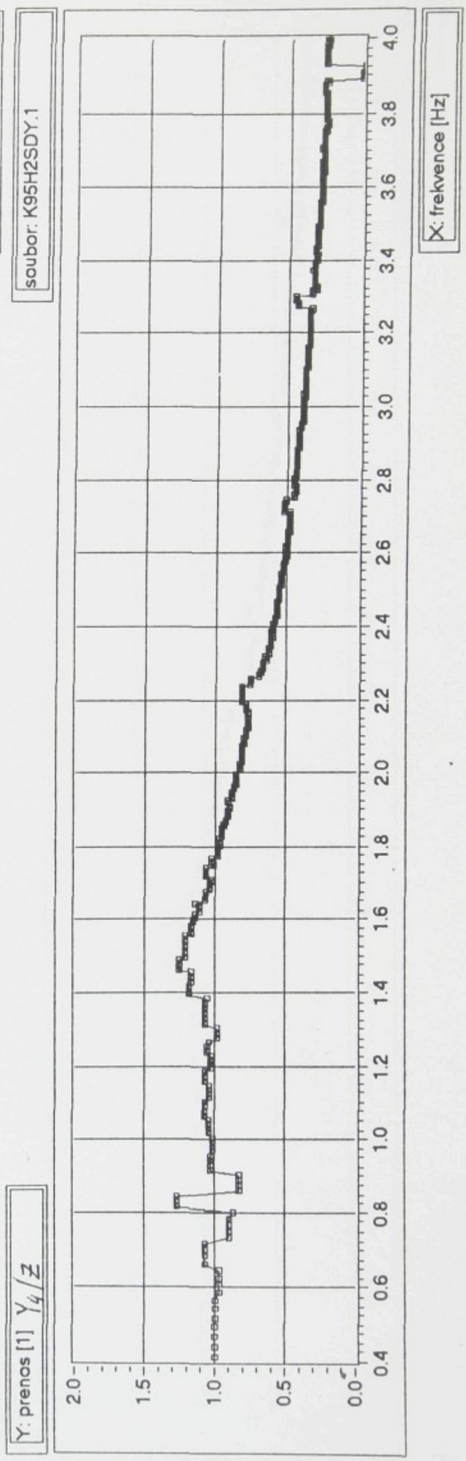

soubor: K95H1SDY.S
Y: buzeni [mm], odezva [mm]
X: cas [s]
40.0
20.0
0.0
-20.0
-40.0
0.0
5.0
10.0
15.0
20.0
25.0
30.0
35.0
40.0
45.0
50.0
55.0
60.0
65.0
70.0
75.0
80.0

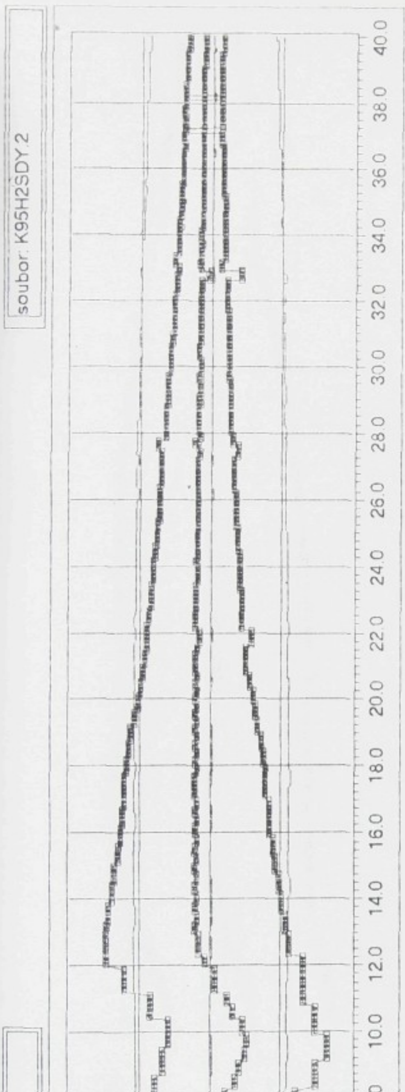

soubor: K95H1SDY.S
Y: prenos [1] Y_2/Z
X: frekvence [Hz]
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0.4
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0
4.5
5.0
5.5
6.0
6.5
7.0
7.5
8.0

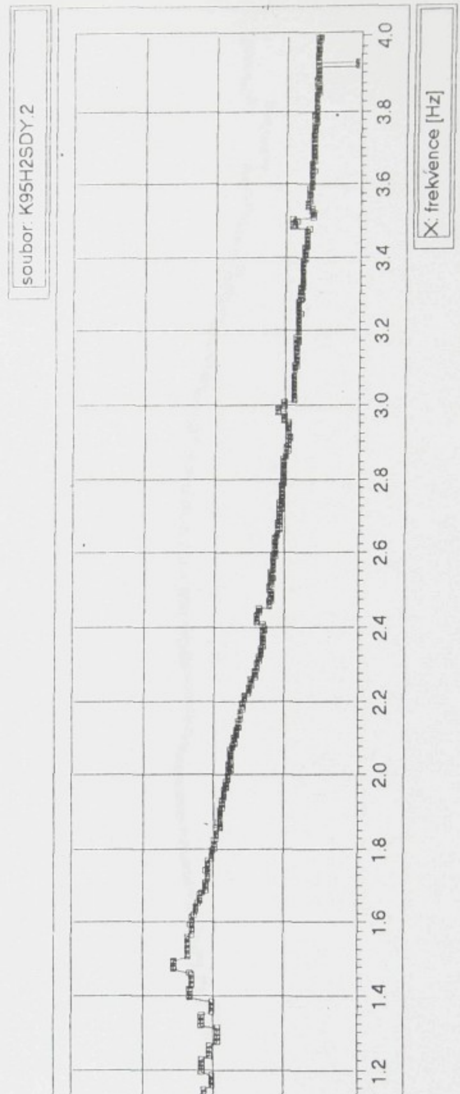

Y: buzeni [mm], odezva [mm]
soubor: K95H1DDY.S
X: cas [s]
40.0
20.0
0.0
-20.0
-40.0
0.0
5.0
10.0
15.0
20.0
25.0
30.0
35.0
40.0
45.0
50.0
55.0
60.0
65.0
70.0
75.0
80.0

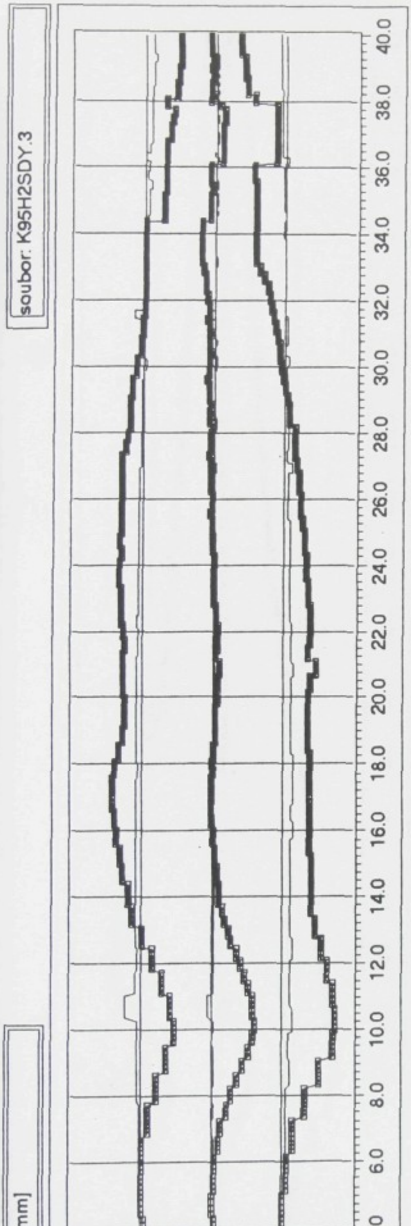

Y: prenos [1] Y_2/Z
soubor: K95H1DDY.S
X: frekvence [Hz]
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0.4
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0
4.5
5.0
5.5
6.0
6.5
7.0
7.5
8.0

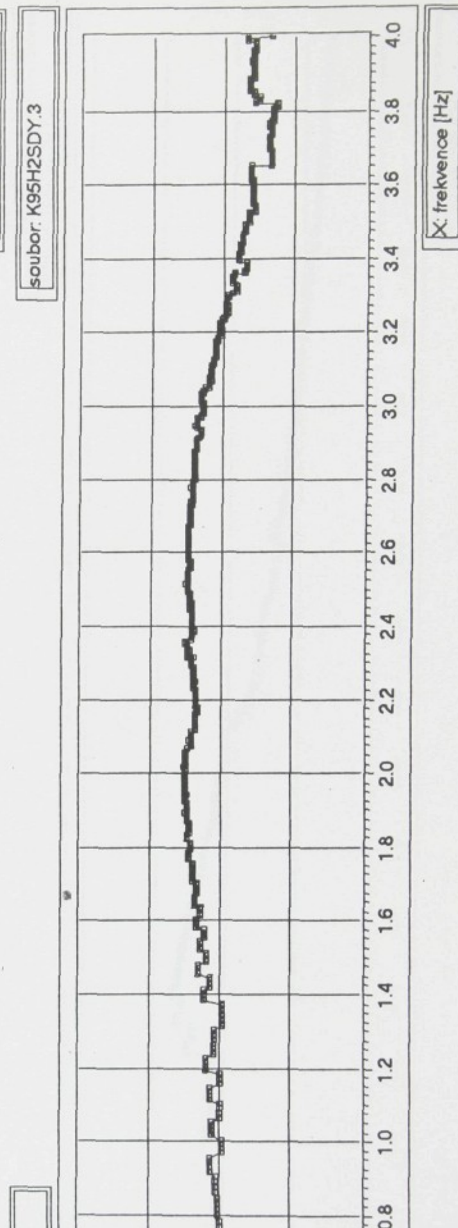

soubor: K95H2SDY.1
Y: buzeni [mm]. odezva [mm]
X: cas [s]
40.0
20.0
0.0
-20.0
-40.0
0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0 22.0 24.0 26.0 28.0 30.0 32.0 34.0 36.0 38.0 40.0

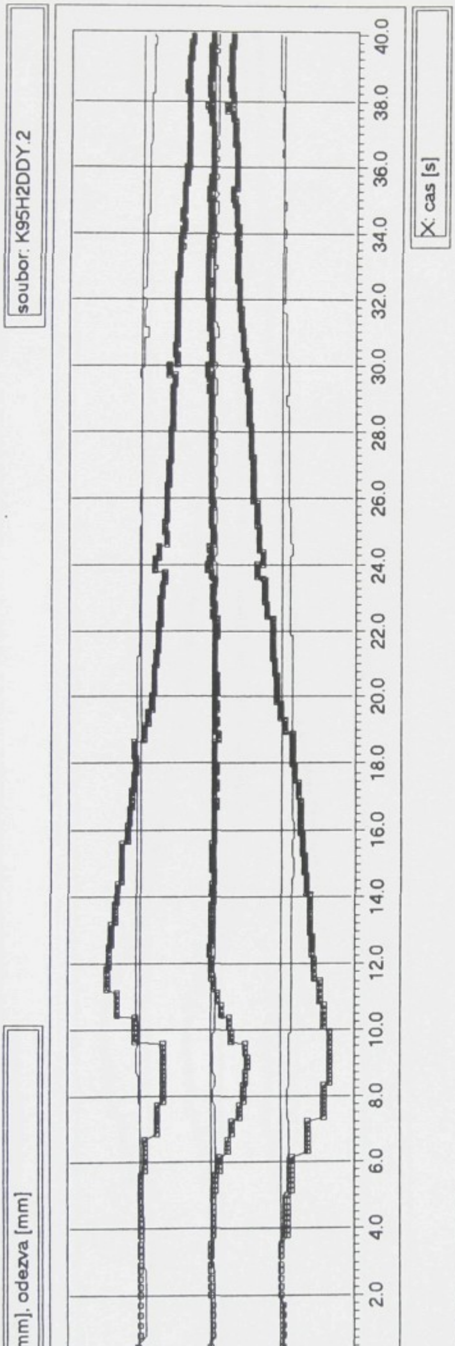

soubor: K95H2SDY.1
Y: prenos [1] Y4/Z
X: frekvence [Hz]
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0.4 0.6 0.8 1.0 1.2 1.4 1.6 1.8 2.0 2.2 2.4 2.6 2.8 3.0 3.2 3.4 3.6 3.8 4.0

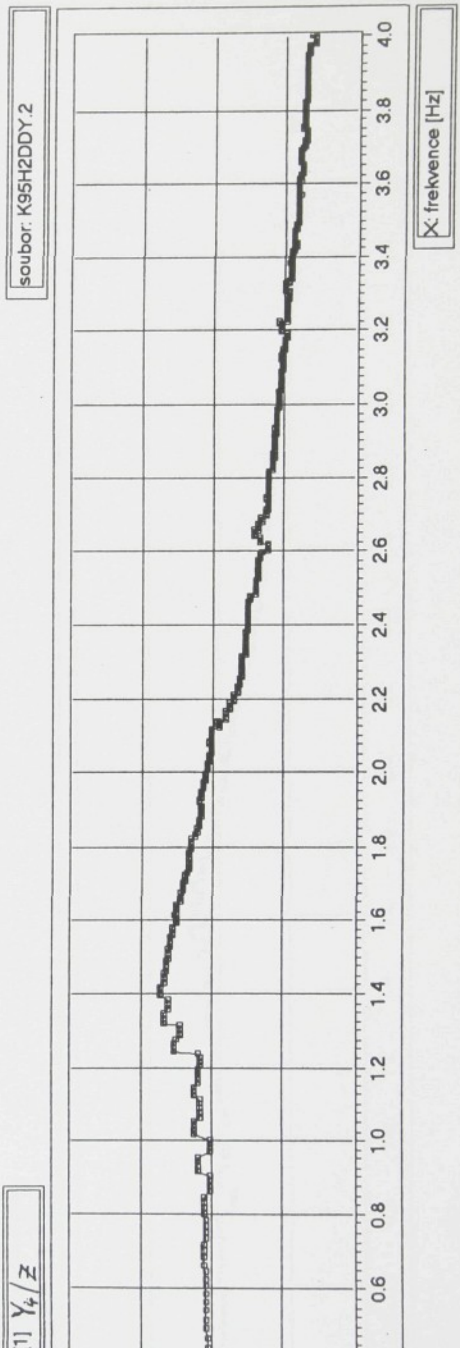

Y: buzeni [mm], odezva [mm]
soubor: K95H2SDY.2
X: cas [s]

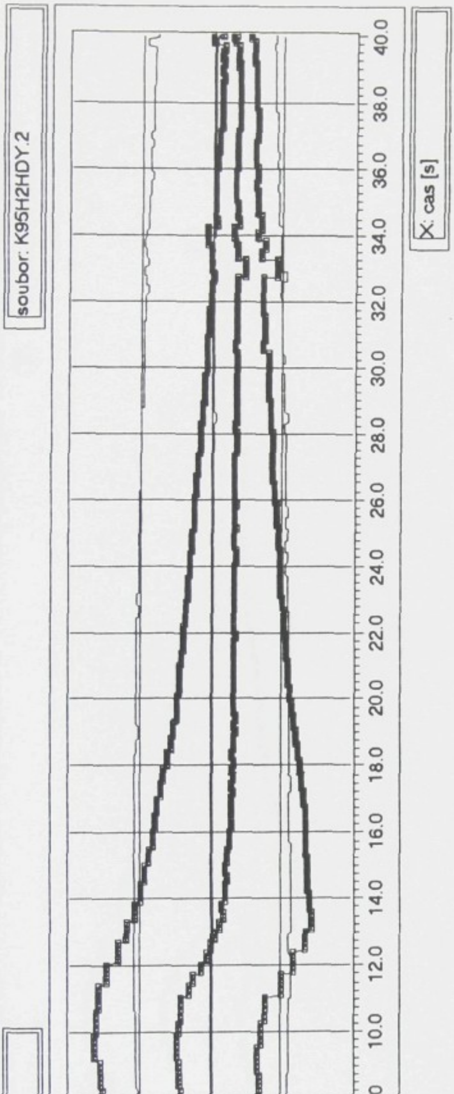

Y: prenos [1] Y4/Z
soubor: K95H2SDY.2
X: frekvence [Hz]

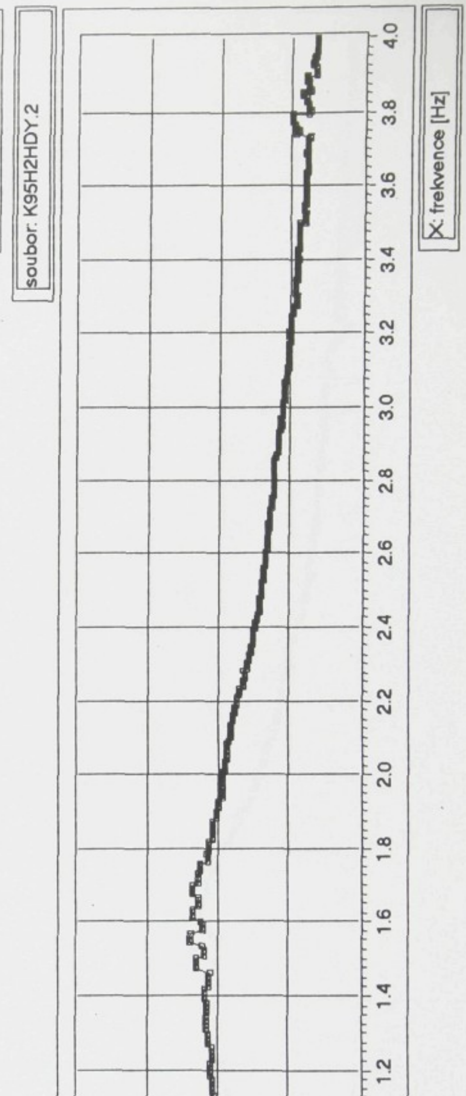

soubor: K95H2SDY.3
Y: buzeni [mm], odezva [mm]
X: cas [s]
40.0
20.0
0.0
-20.0
-40.0
0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0 22.0 24.0 26.0 28.0 30.0 32.0 34.0 36.0 38.0 40.0

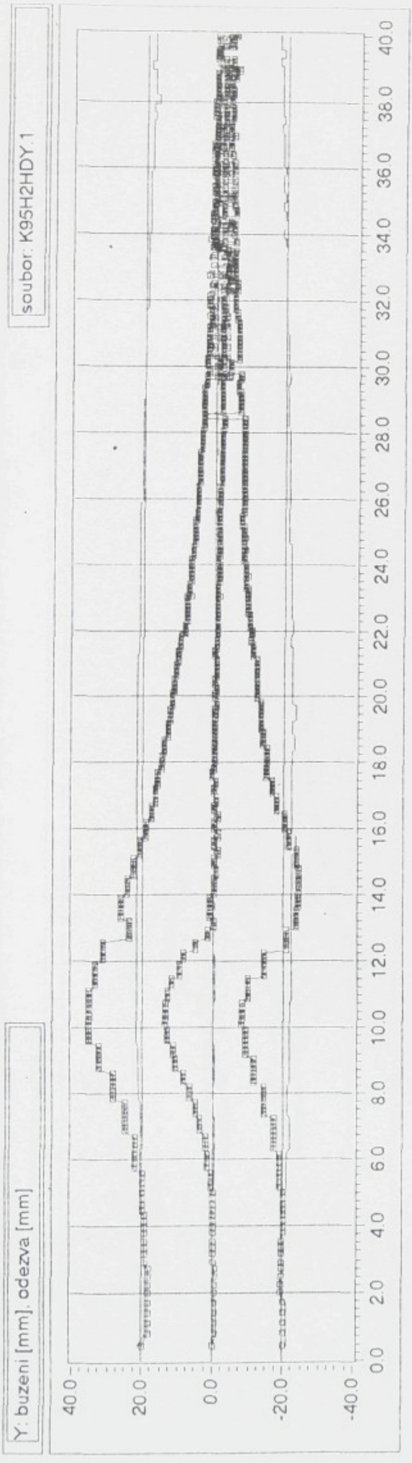

soubor: K95H2SDY.3
Y: prenos [1] Y4/Z
X: frekvence [Hz]
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0.4 0.6 0.8 1.0 1.2 1.4 1.6 1.8 2.0 2.2 2.4 2.6 2.8 3.0 3.2 3.4 3.6 3.8 4.0

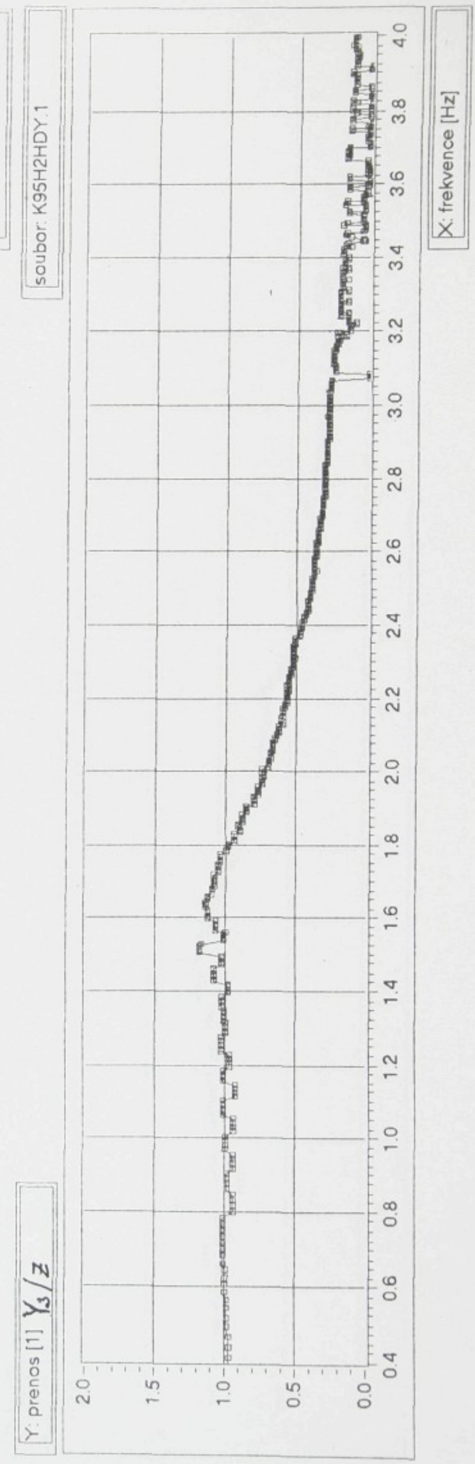

soubor: K95H2DDY.2
Y: buzeni [mm], odezva [mm]
X: cas [s]


soubor: K95H2DDY.2
Y: prenos [1] Y_4/Z
X: frekvence [Hz]

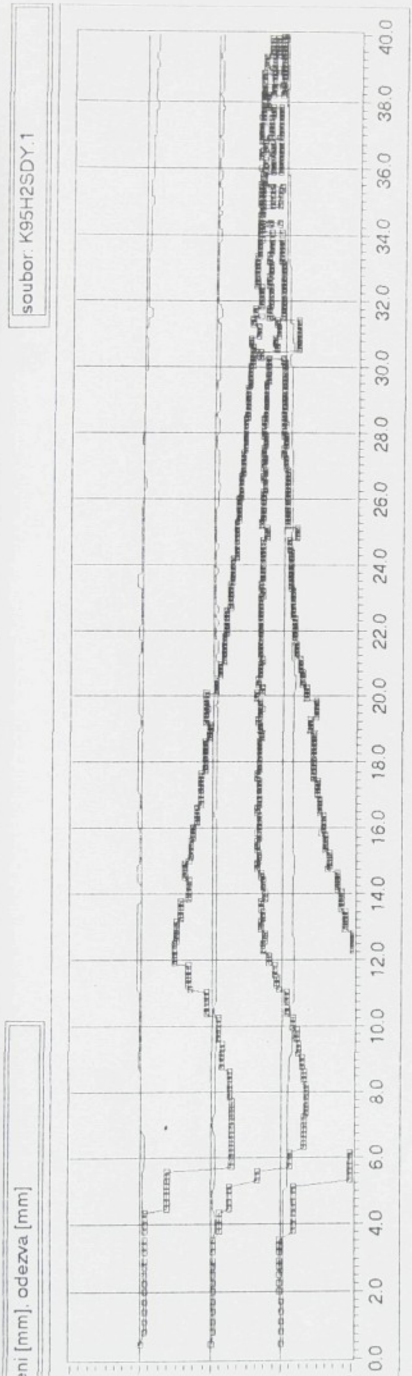

soubor: K95H2HDY.2
Y: buzeni [mm], odezva [mm]
X: cas [s]

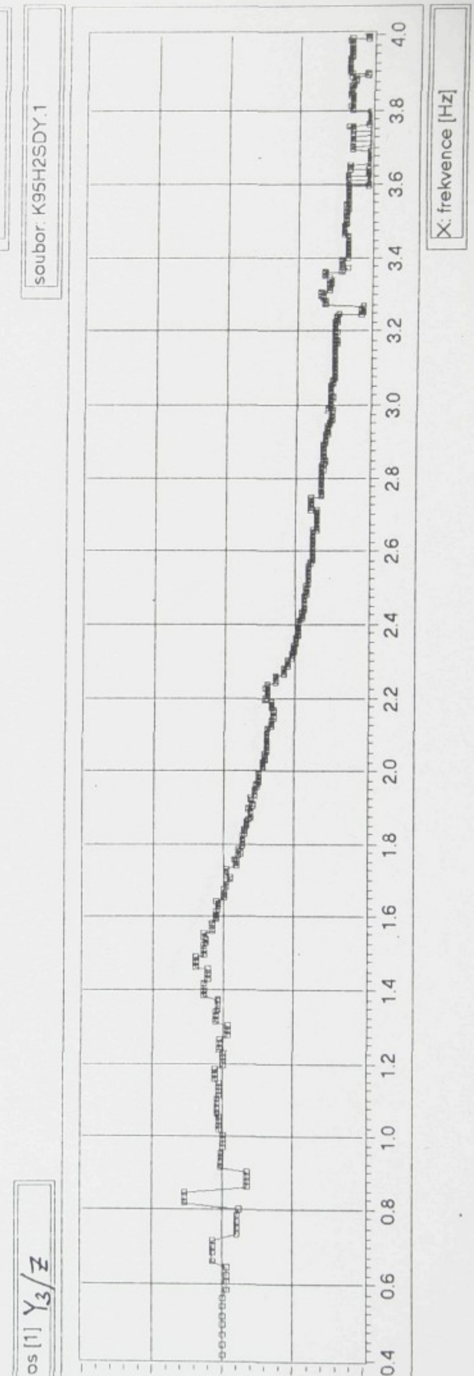

soubor: K95H2HDY.2
Y: prenos [1] Y4/Z
X: frekvence [Hz]

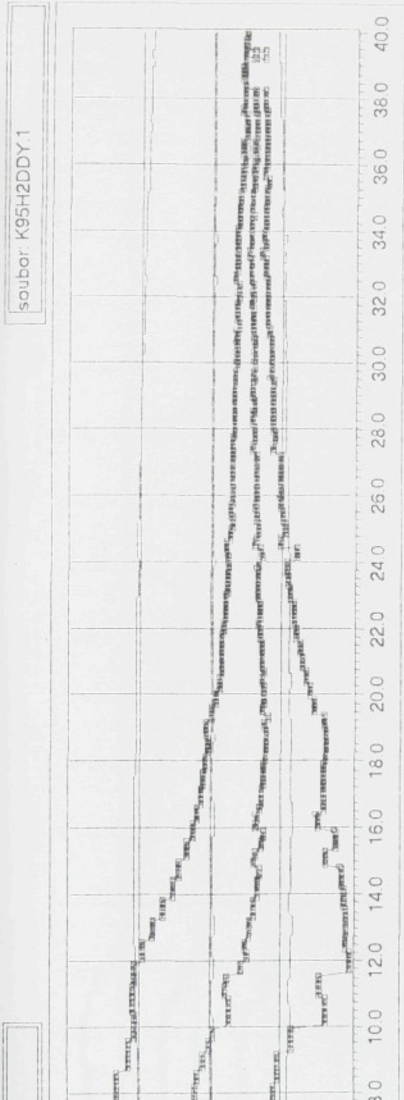

soubor: K95H2HDY.1
Y: buzeni [mm], odezva [mm]
X: cas [s]

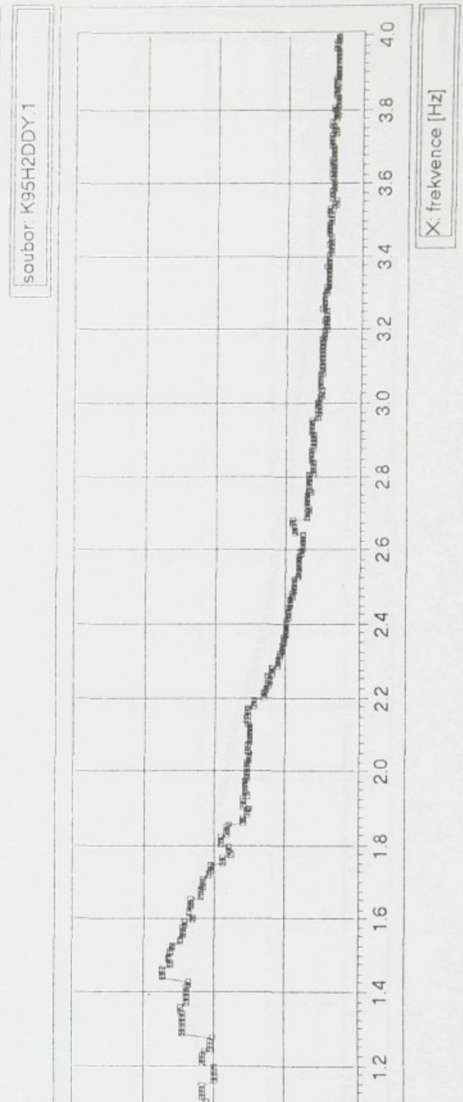

soubor: K95H2HDY.1
Y: prenos [1] Y3/Z
X: frekvence [Hz]

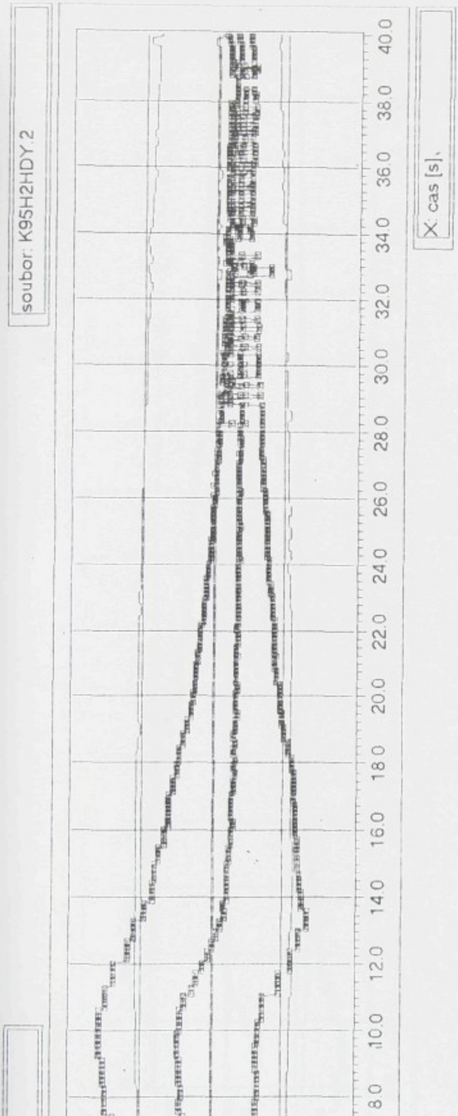
Příloha 25 b

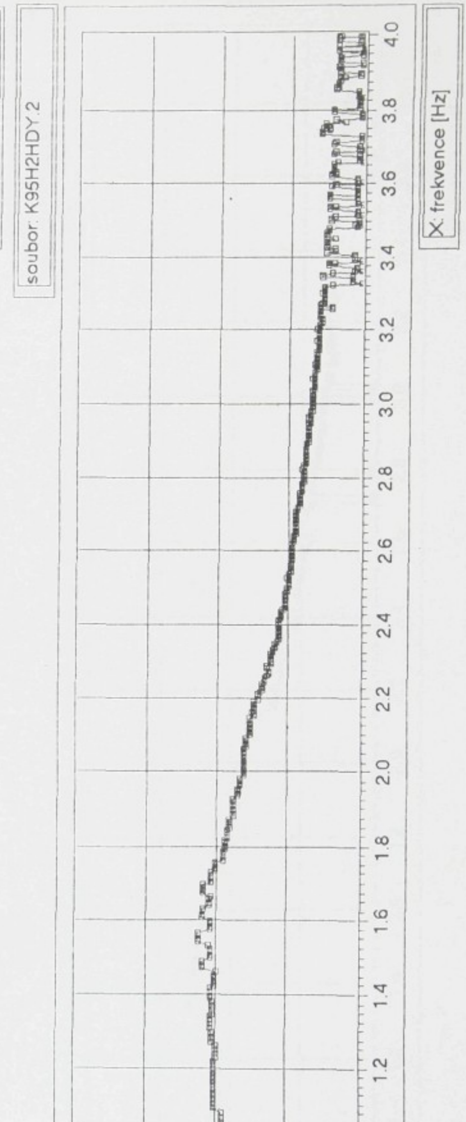

soubor: K95H2SDY.1
Y: buzeni [mm], odezva [mm]
X: cas [s]


soubor: K95H2SDY.1
Y: prenos [1]
Y_3/Z
X: frekvence [Hz]

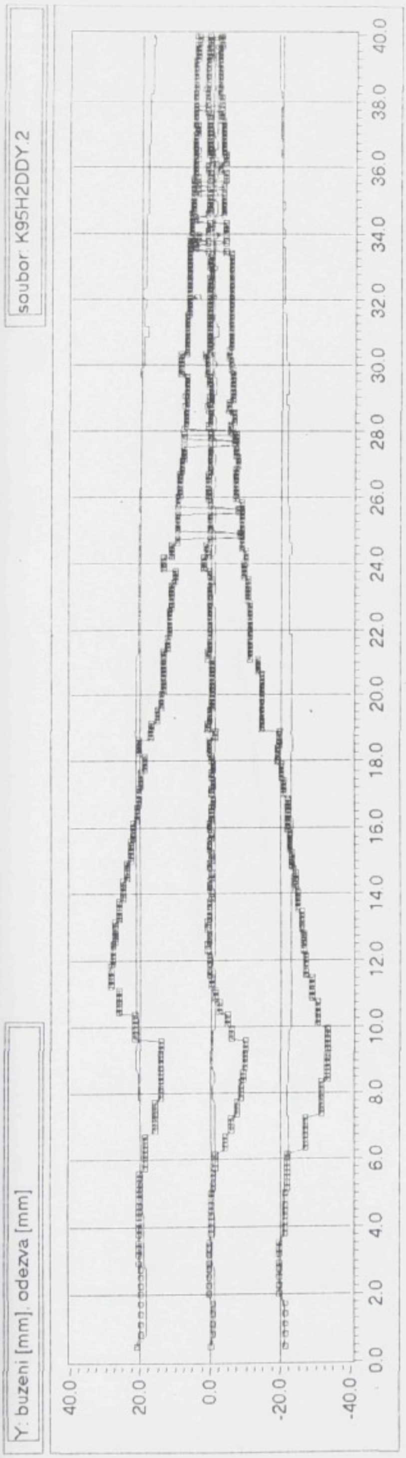

soubor: K95H2DDY.1
Y: buzeni [mm], odezva [mm]
X: cas [s]

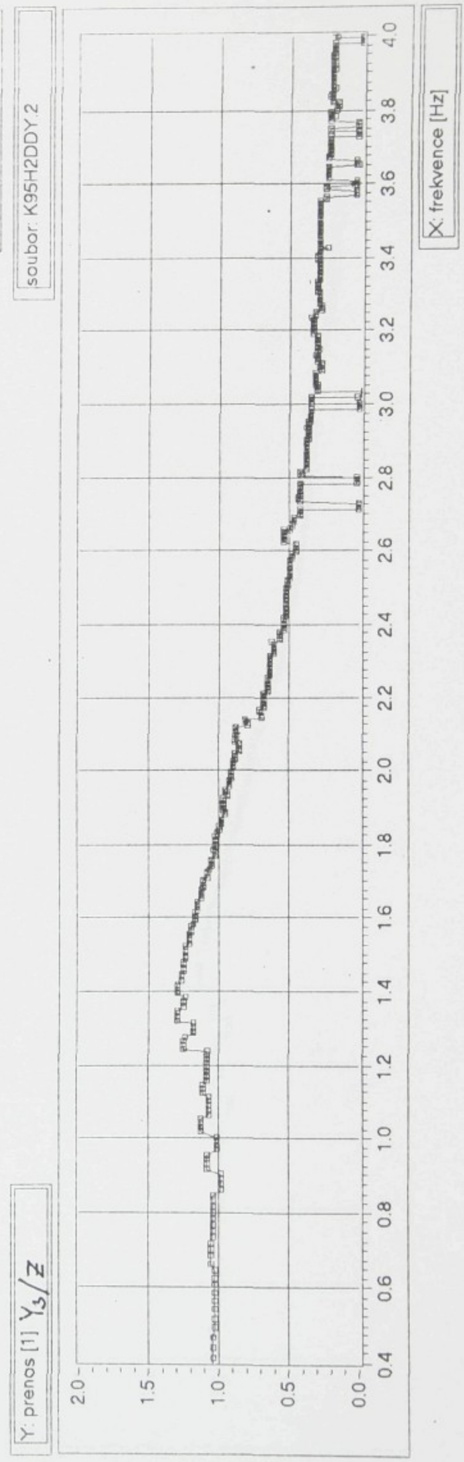

soubor: K95H2DDY.1
Y: prenos [1]
Y3/Z
X: frekvence [Hz]

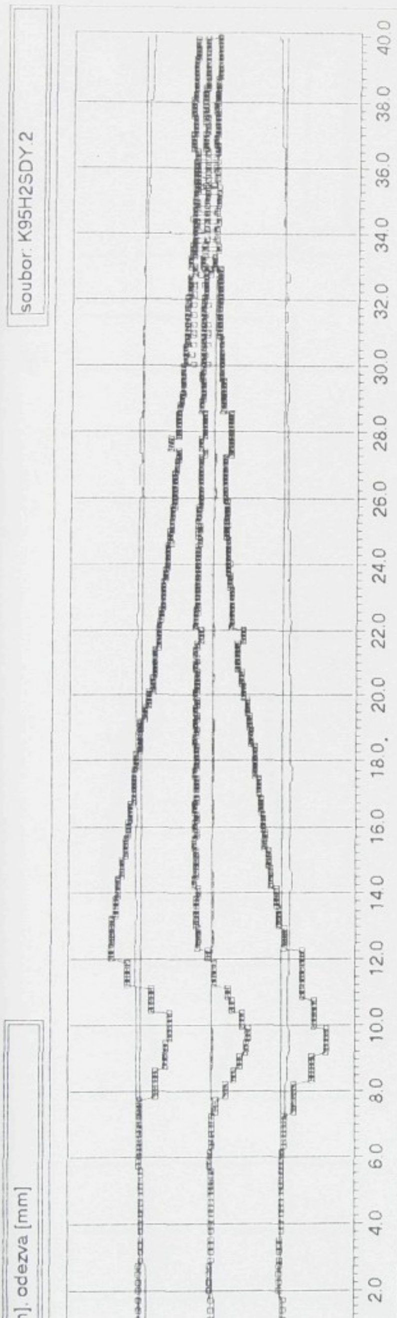

soubor: K95H2HDY.2
Y: buzeni [mm], odezva [mm]
X: cas [s],

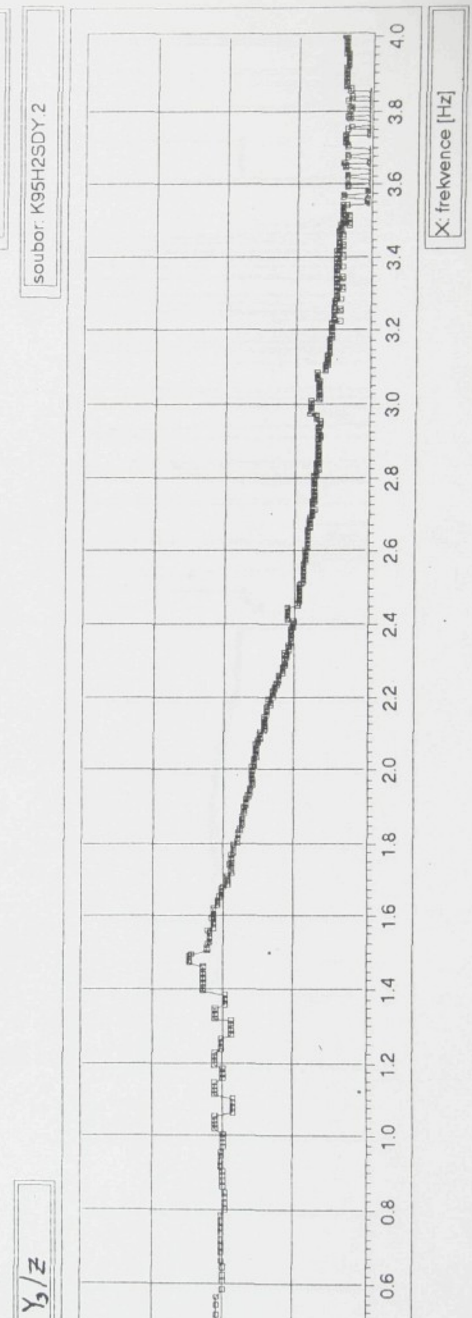

soubor: K95H2HDY.2
Y: prenos [1] Y3/Z
X: frekvence [Hz]

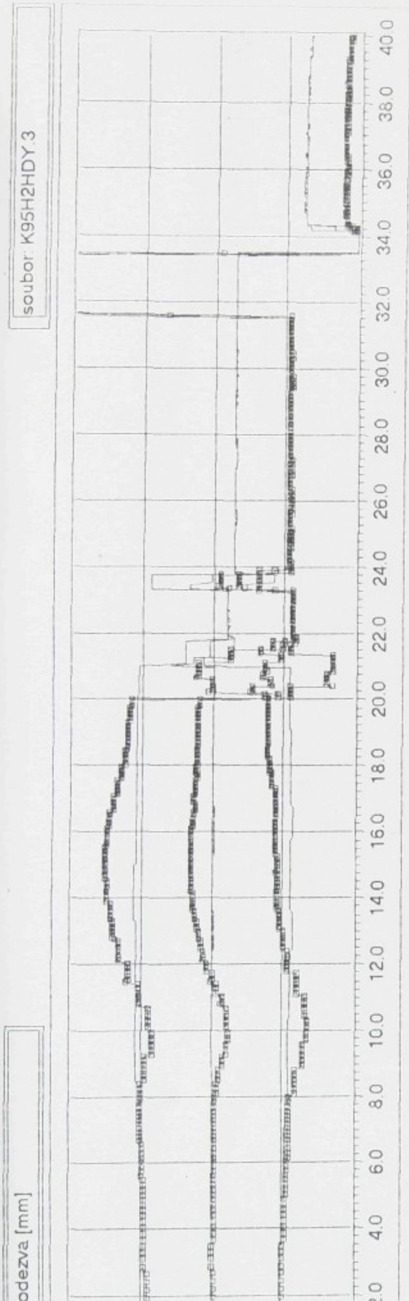
Příloha 26 b

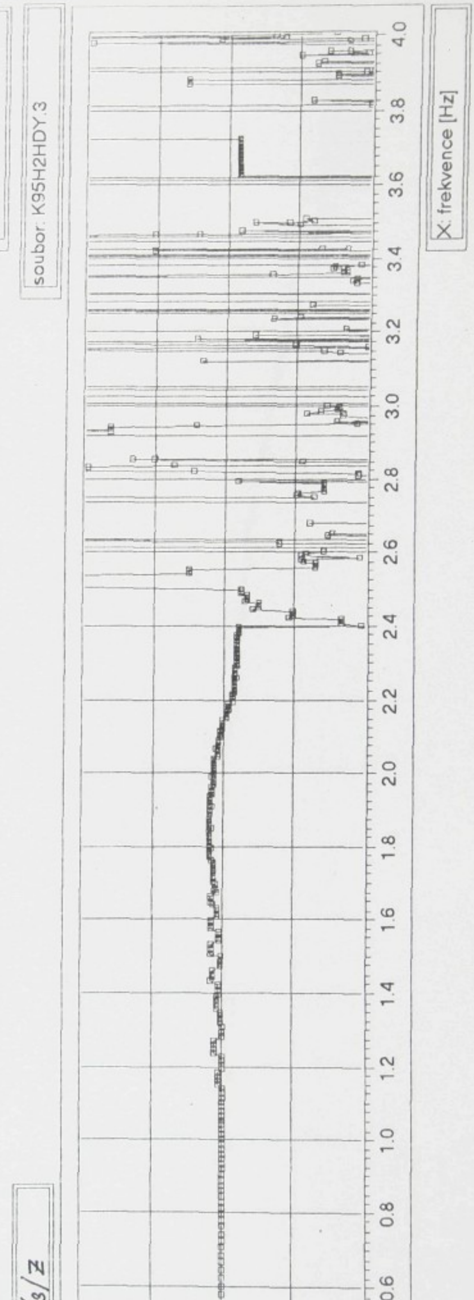

Y: buzeni [mm], odezva [mm]
soubor: K95H2DDY.2
X: cas [s]
40.0
20.0
0.0
-20.0
-40.0
0.0
2.0
4.0
6.0
8.0
10.0
12.0
14.0
16.0
18.0
20.0
22.0
24.0
26.0
28.0
30.0
32.0
34.0
36.0
38.0
40.0

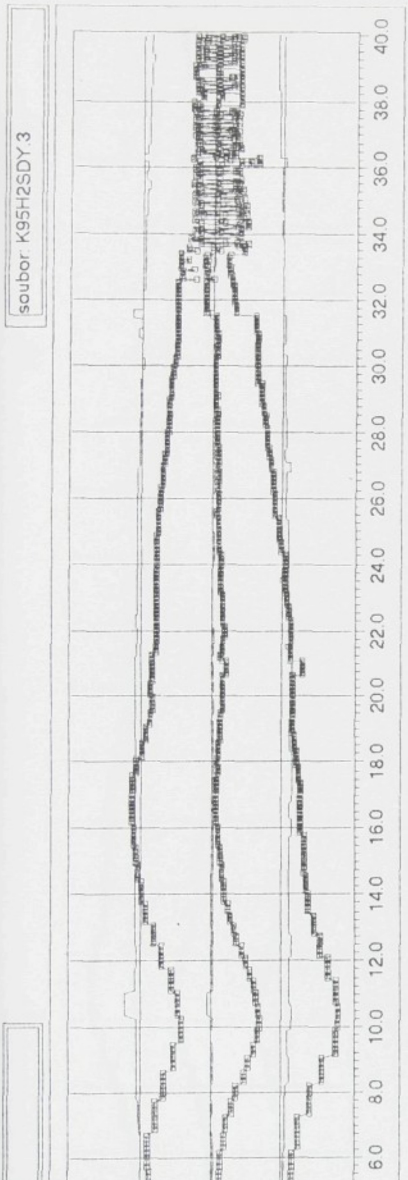

Y: prenos [1] Y3/Z
soubor: K95H2DDY.2
X: frekvence [Hz]
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0.4
0.6
0.8
1.0
1.2
1.4
1.6
1.8
2.0
2.2
2.4
2.6
2.8
3.0
3.2
3.4
3.6
3.8
4.0

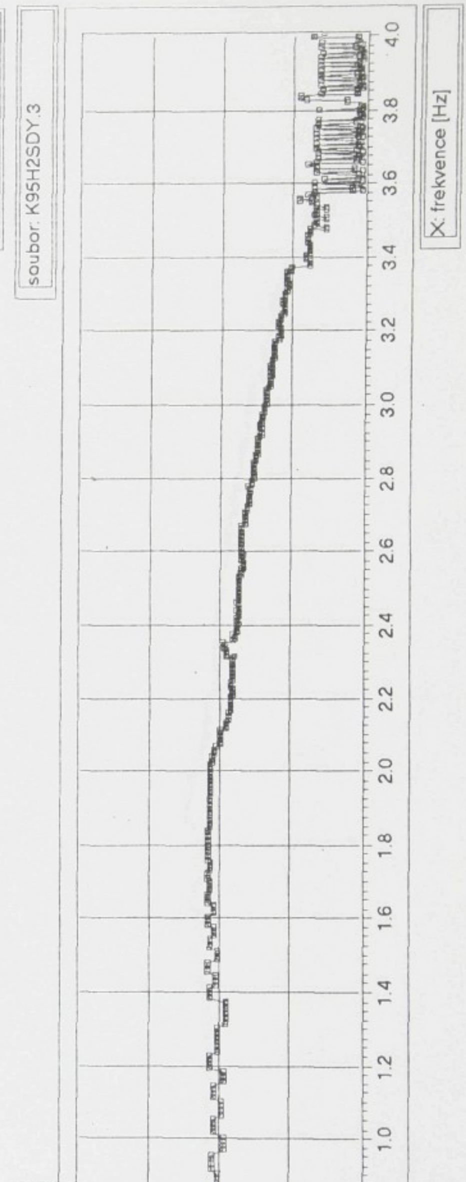

soubor: K95H2SDY.2
Y: buzeni [mm], odezva [mm]
X: cas [s]
40.0
20.0
0.0
-20.0
-40.0
0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0 22.0 24.0 26.0 28.0 30.0 32.0 34.0 36.0 38.0 40.0

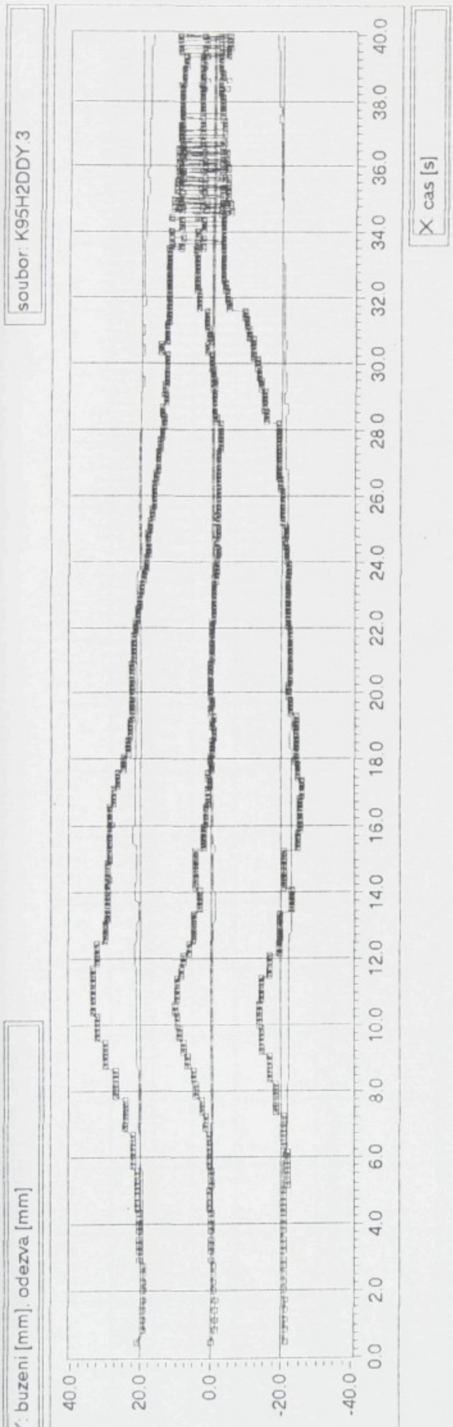

soubor: K95H2SDY.2
Y: prenos [1] Y_3/Z
X: frekvence [Hz]
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0.4 0.6 0.8 1.0 1.2 1.4 1.6 1.8 2.0 2.2 2.4 2.6 2.8 3.0 3.2 3.4 3.6 3.8 4.0

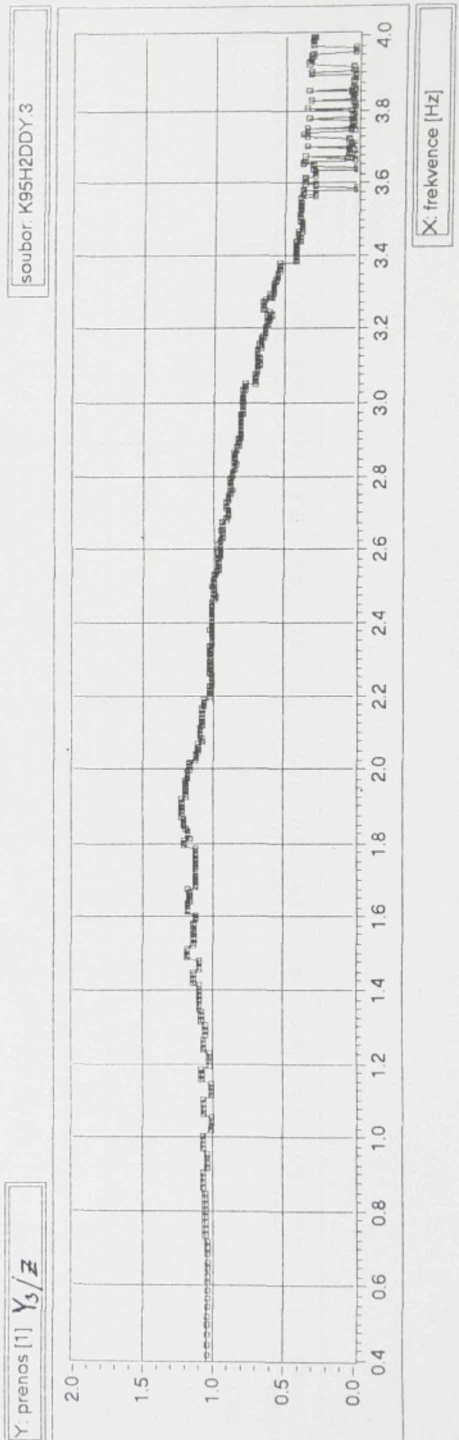

soubor: K95H2HDY.3
Y: buzeni [mm], odezva [mm]
X: cas [s]
40.0
20.0
0.0
-20.0
-40.0
0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0 22.0 24.0 26.0 28.0 30.0 32.0 34.0 36.0 38.0 40.0

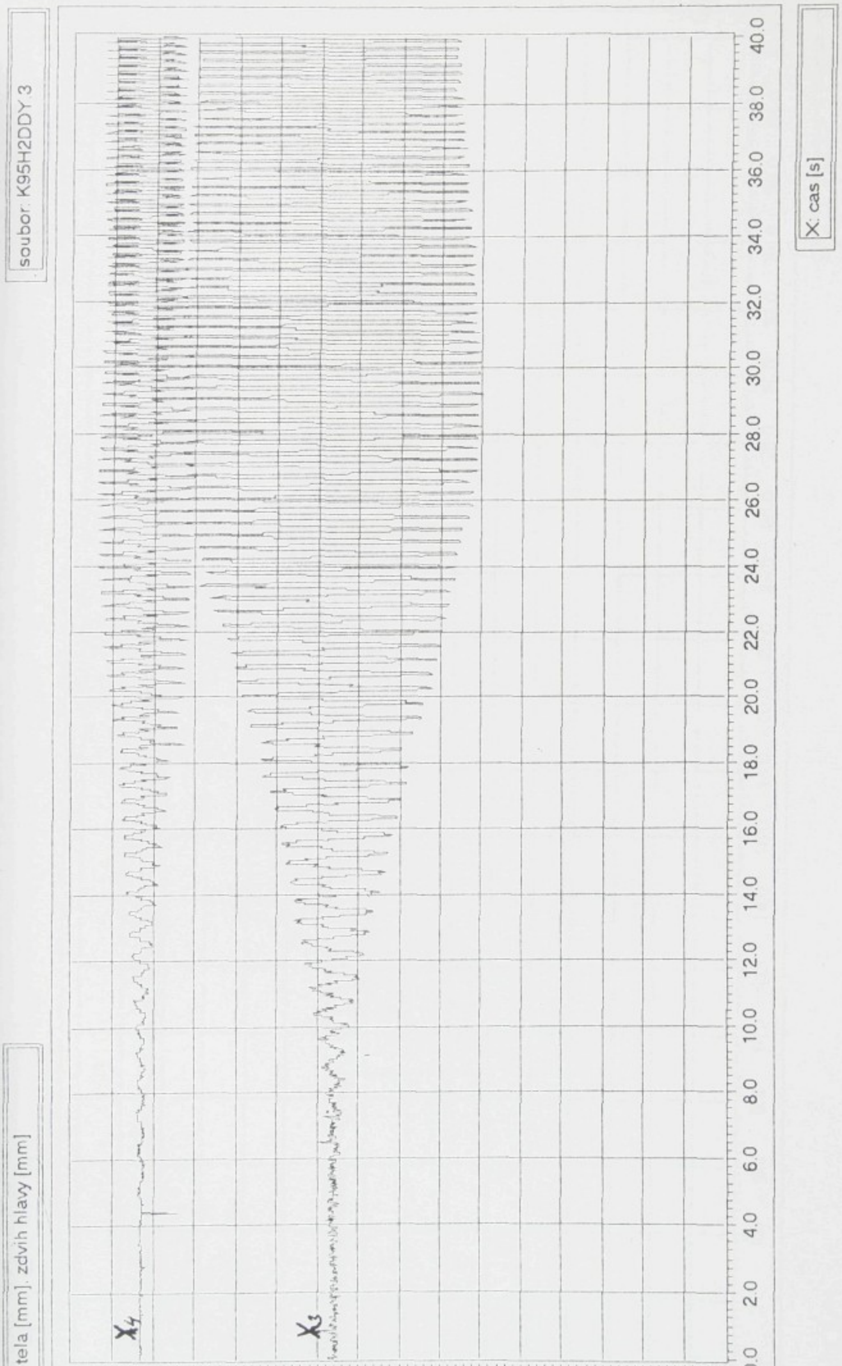

soubor: K95H2HDY.3
Y: prenos [1] Y3/Z
X: frekvence [Hz]
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0.4 0.6 0.8 1.0 1.2 1.4 1.6 1.8 2.0 2.2 2.4 2.6 2.8 3.0 3.2 3.4 3.6 3.8 4.0

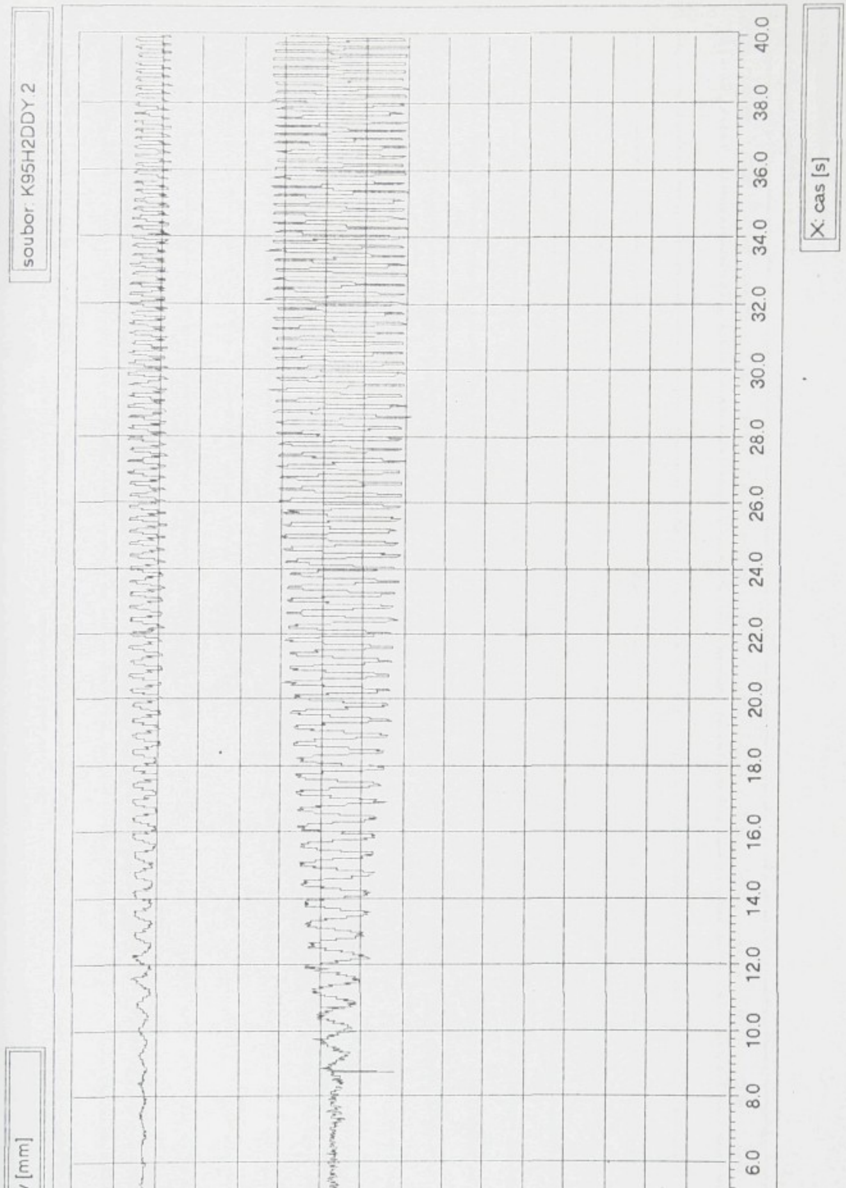

soubor: K95H2SDY.3
Y: buzeni [mm], odezva [mm]
X: cas [s]
40.0
20.0
0.0
-20.0
-40.0
0.0
2.0
4.0
6.0
8.0
10.0
12.0
14.0
16.0
18.0
20.0
22.0
24.0
26.0
28.0
30.0
32.0
34.0
36.0
38.0
40.0


soubor: K95H2SDY.3
Y: prenos [1] Y_3/Z
X: frekvence [Hz]
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0.4
0.6
0.8
1.0
1.2
1.4
1.6
1.8
2.0
2.2
2.4
2.6
2.8
3.0
3.2
3.4
3.6
3.8
4.0

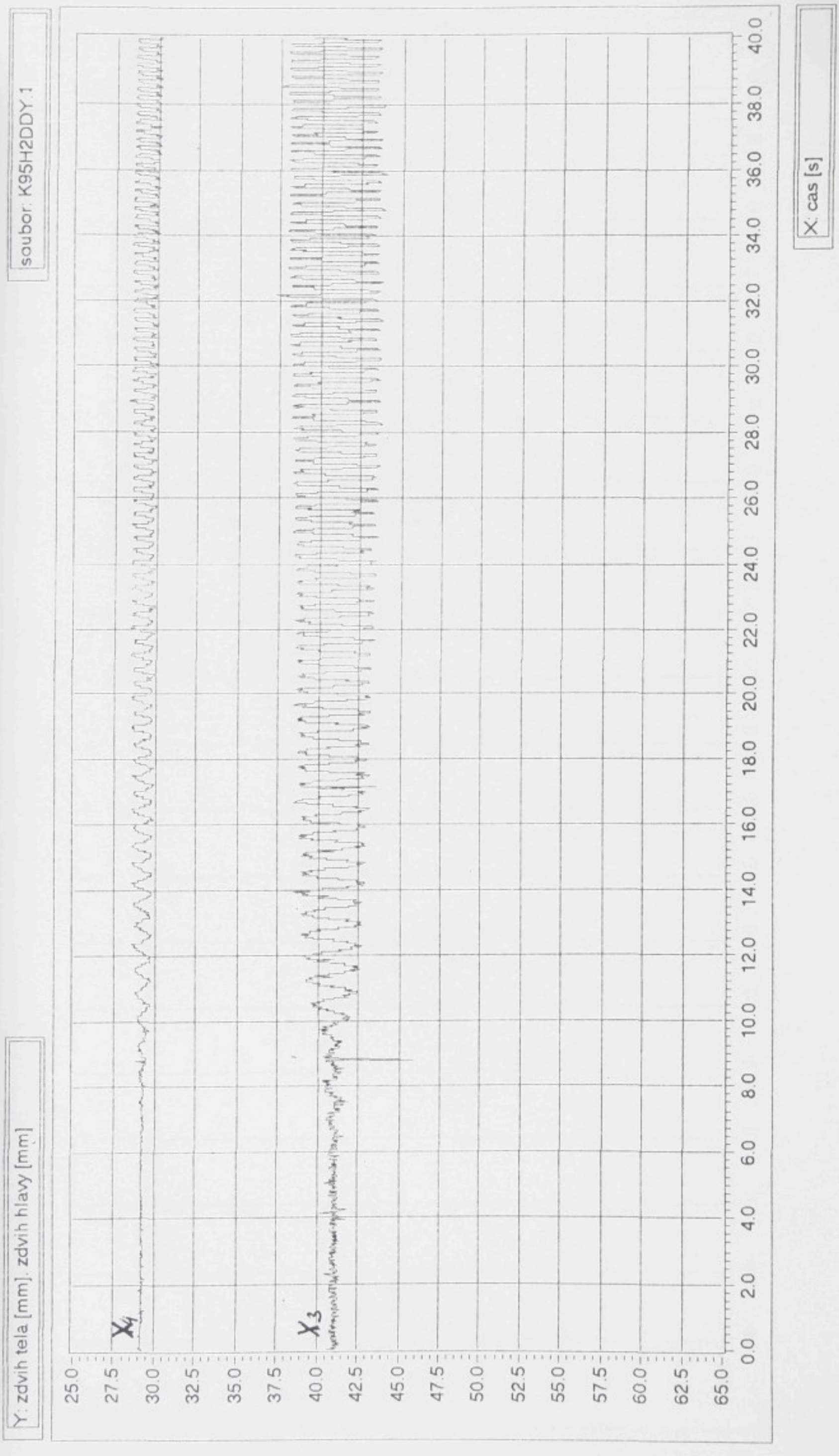

soubor: K95H2DDY.3
Y: buzeni [mm], odezva [mm]
X: cas [s]
40.0
20.0
0.0
-20.0
-40.0
0.0
2.0
4.0
6.0
8.0
10.0
12.0
14.0
16.0
18.0
20.0
22.0
24.0
26.0
28.0
30.0
32.0
34.0
36.0
38.0
40.0


soubor: K95H2DDY.3
Y: prenos [1] Y_3/Z
X: frekvence [Hz]
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0.4
0.6
0.8
1.0
1.2
1.4
1.6
1.8
2.0
2.2
2.4
2.6
2.8
3.0
3.2
3.4
3.6
3.8
4.0

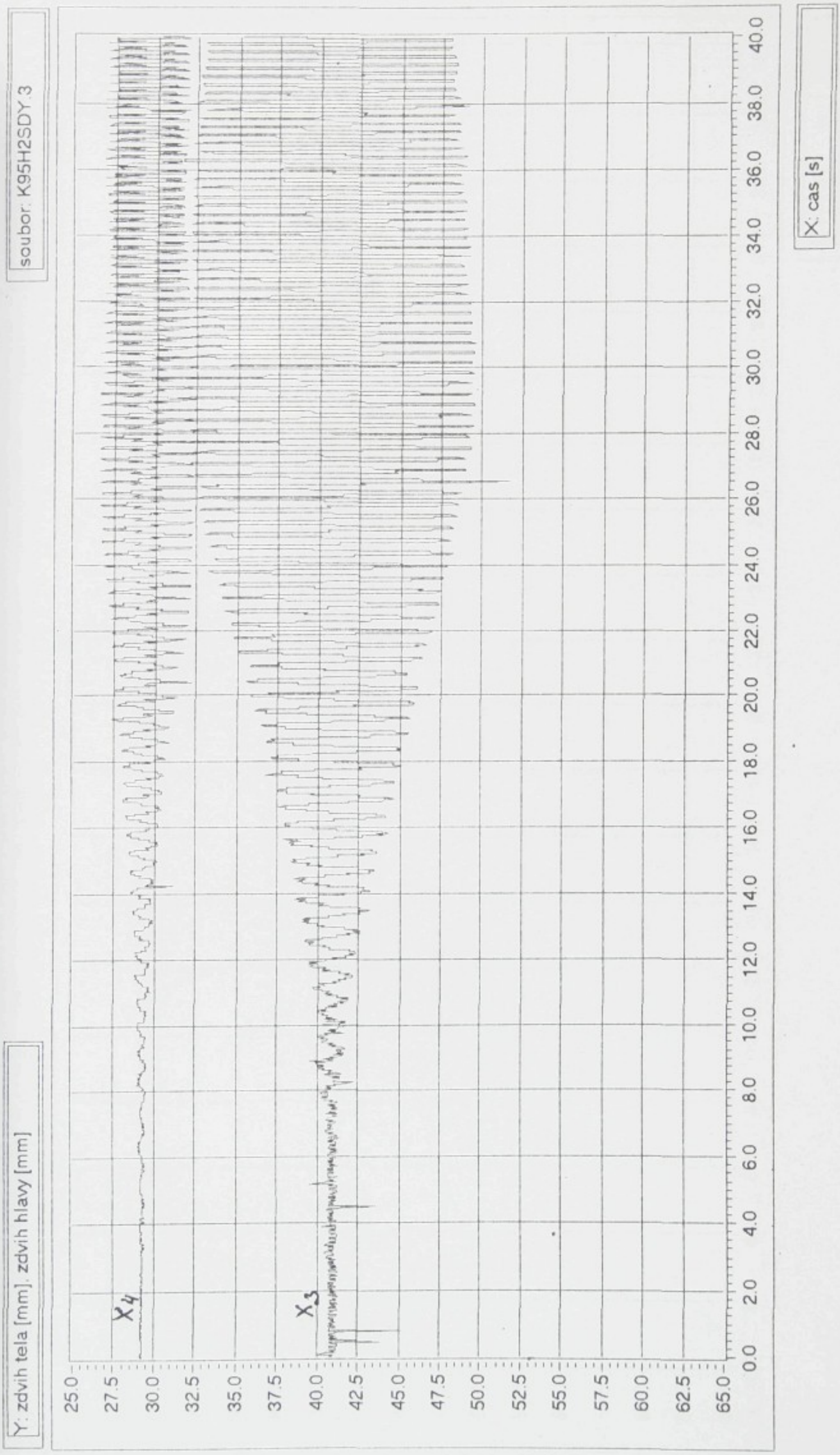

soubor: K95H2DDY.3
Y: zdvih tela [mm], zdvih hlavy [mm]
X: cas [s]
X4
X3
25.0
27.5
30.0
32.5
35.0
37.5
40.0
42.5
45.0
47.5
50.0
52.5
55.0
57.5
60.0
62.5
65.0
0.0
2.0
4.0
6.0
8.0
10.0
12.0
14.0
16.0
18.0
20.0
22.0
24.0
26.0
28.0
30.0
32.0
34.0
36.0
38.0
40.0

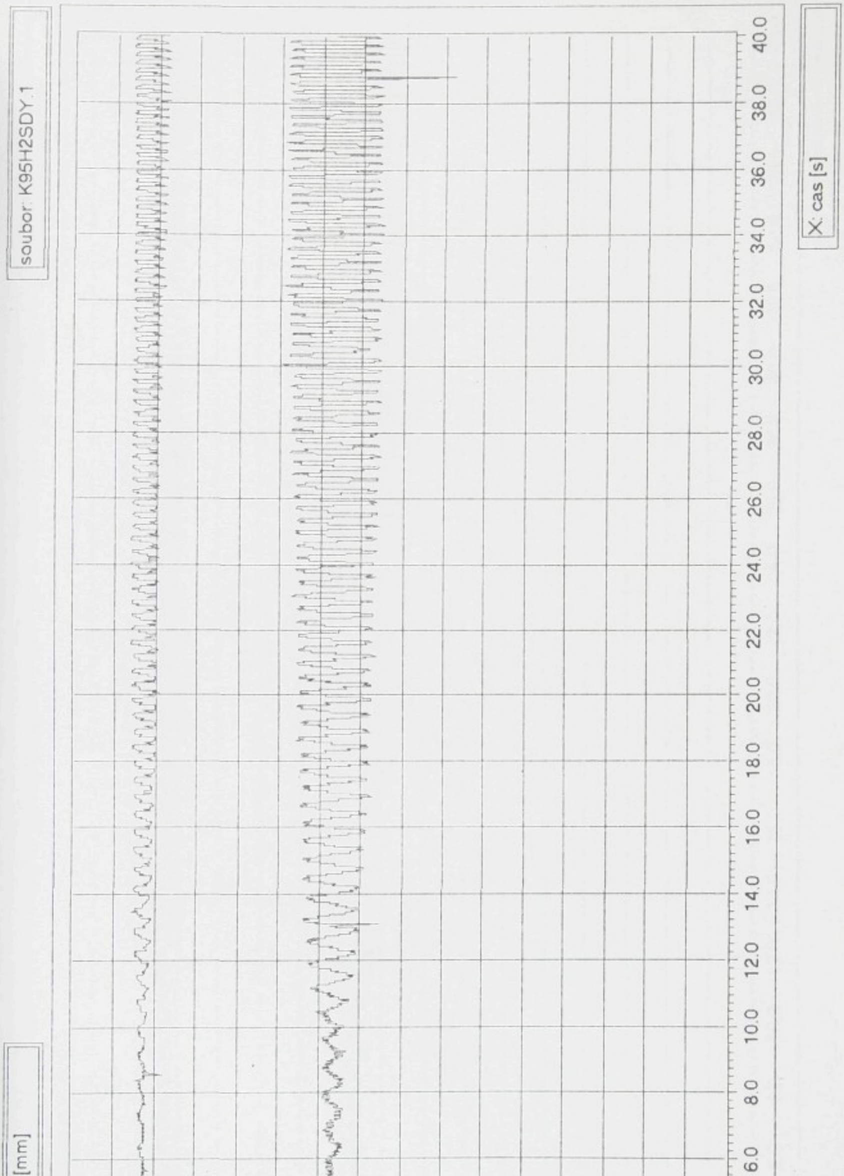

soubor: K95H2DDY.2
Y: zdvih tela [mm], zdvih hlavy [mm]
X: cas [s]
X4
X3
25.0 27.5 30.0 32.5 35.0 37.5 40.0 42.5 45.0 47.5 50.0 52.5 55.0 57.5 60.0 62.5 65.0
0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0 22.0 24.0 26.0 28.0 30.0 32.0 34.0 36.0 38.0 40.0

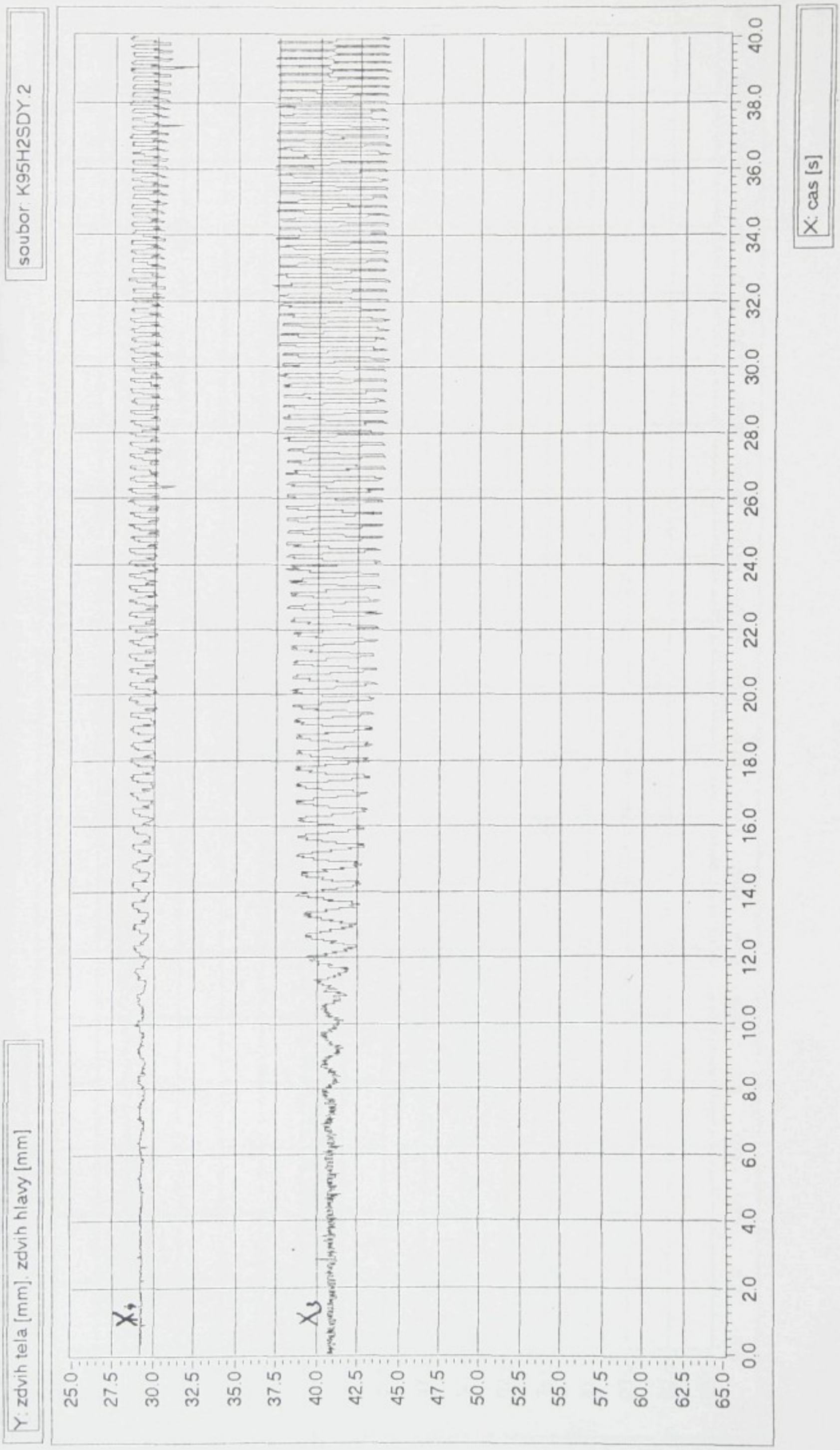
Příloha 28 c

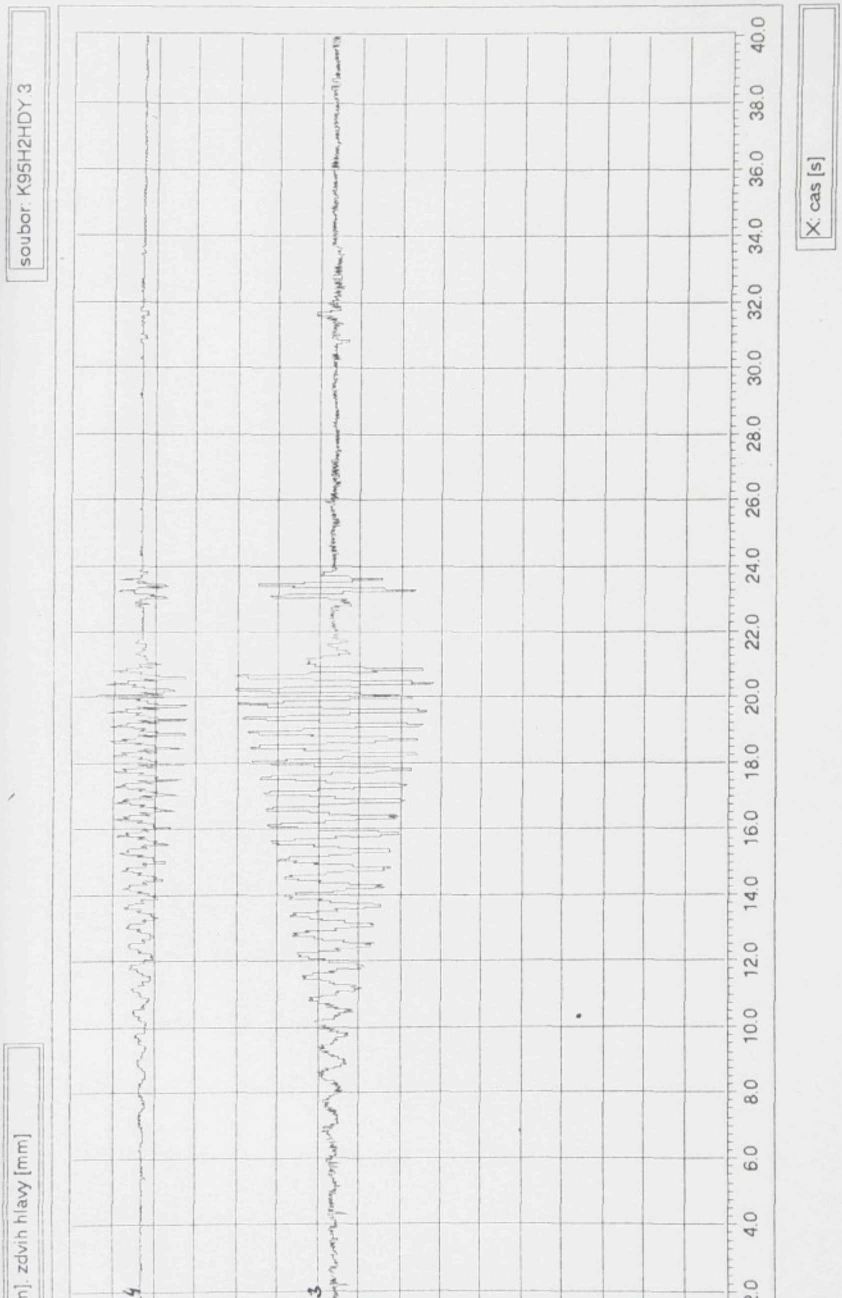


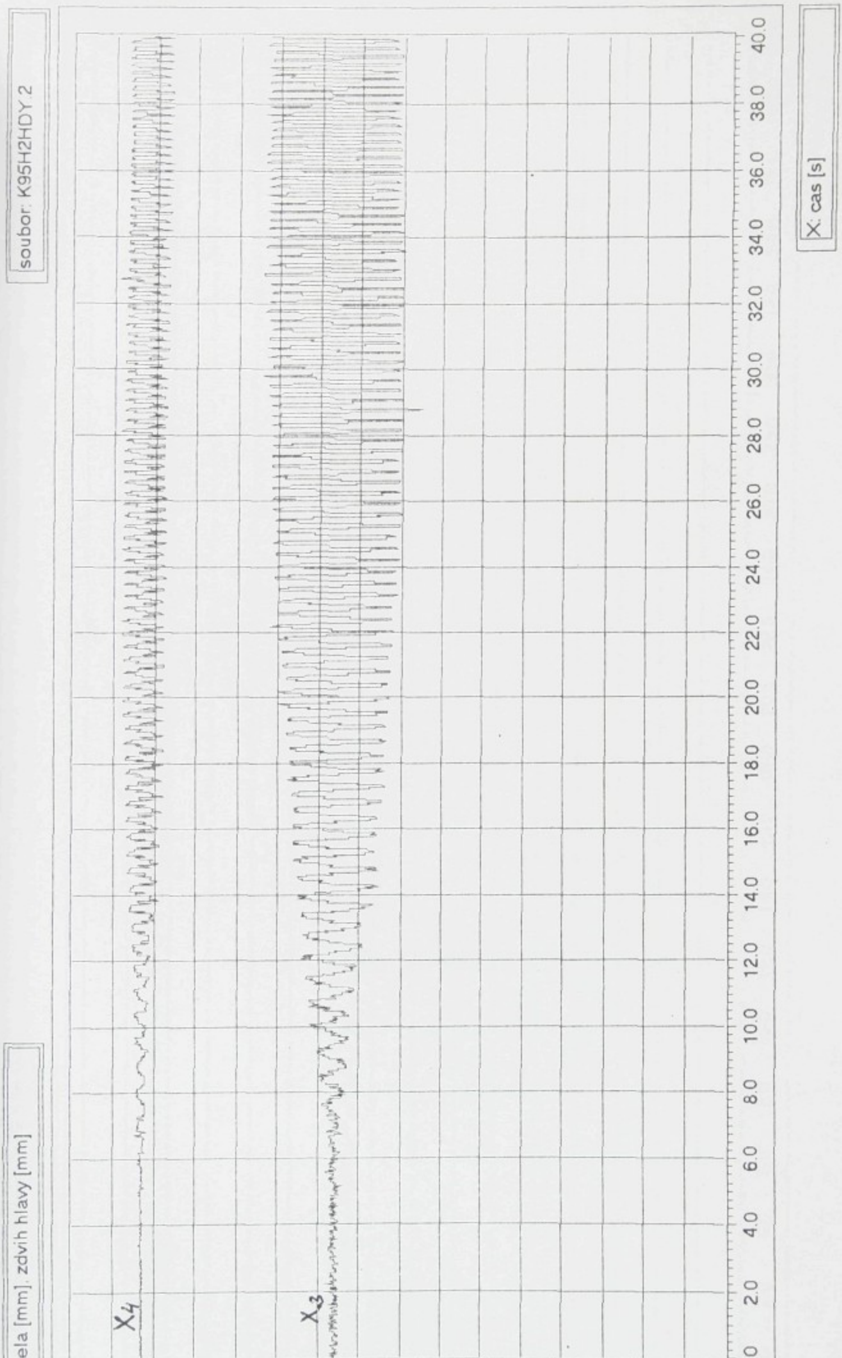
soubor: K95H2DDY.1
Y: zdvih tela [mm], zdvih hlavy [mm]
X: cas [s]
X4
X3
25.0
27.5
30.0
32.5
35.0
37.5
40.0
42.5
45.0
47.5
50.0
52.5
55.0
57.5
60.0
62.5
65.0
0.0
2.0
4.0
6.0
8.0
10.0
12.0
14.0
16.0
18.0
20.0
22.0
24.0
26.0
28.0
30.0
32.0
34.0
36.0
38.0
40.0

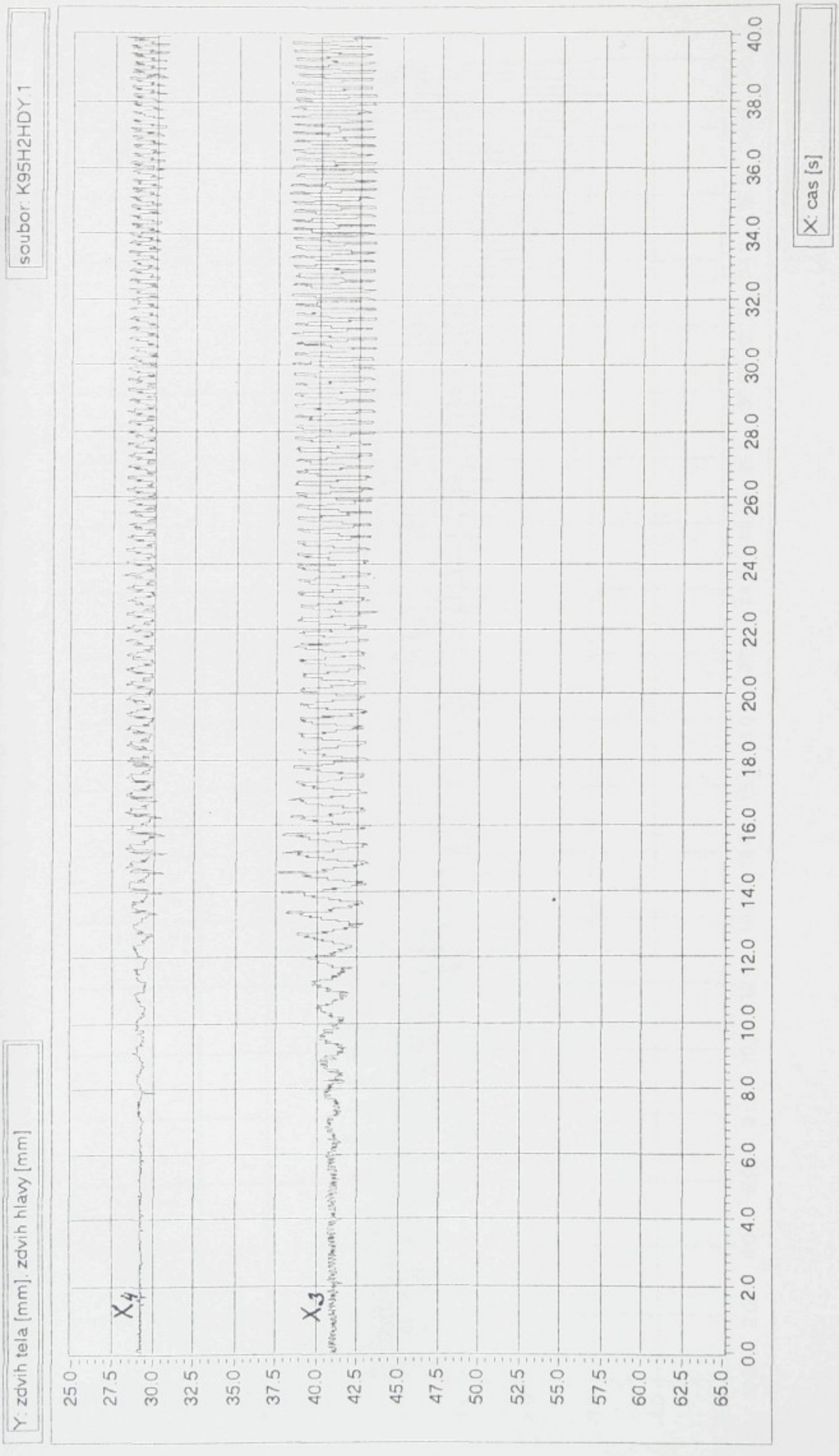

soubor: K95H2SDY.3
Y: zdvih tela [mm], zdvih hlavy [mm]
X: cas [s]
X4
X3
25.0 27.5 30.0 32.5 35.0 37.5 40.0 42.5 45.0 47.5 50.0 52.5 55.0 57.5 60.0 62.5 65.0
0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0 22.0 24.0 26.0 28.0 30.0 32.0 34.0 36.0 38.0 40.0


soubor: K95H2SDY.1
Y: zdvih tela [mm], zdvih hlavy [mm]
X: cas [s]
X4
X3
25.0
27.5
30.0
32.5
35.0
37.5
40.0
42.5
45.0
47.5
50.0
52.5
55.0
57.5
60.0
62.5
65.0
0.0
2.0
4.0
6.0
8.0
10.0
12.0
14.0
16.0
18.0
20.0
22.0
24.0
26.0
28.0
30.0
32.0
34.0
36.0
38.0
40.0

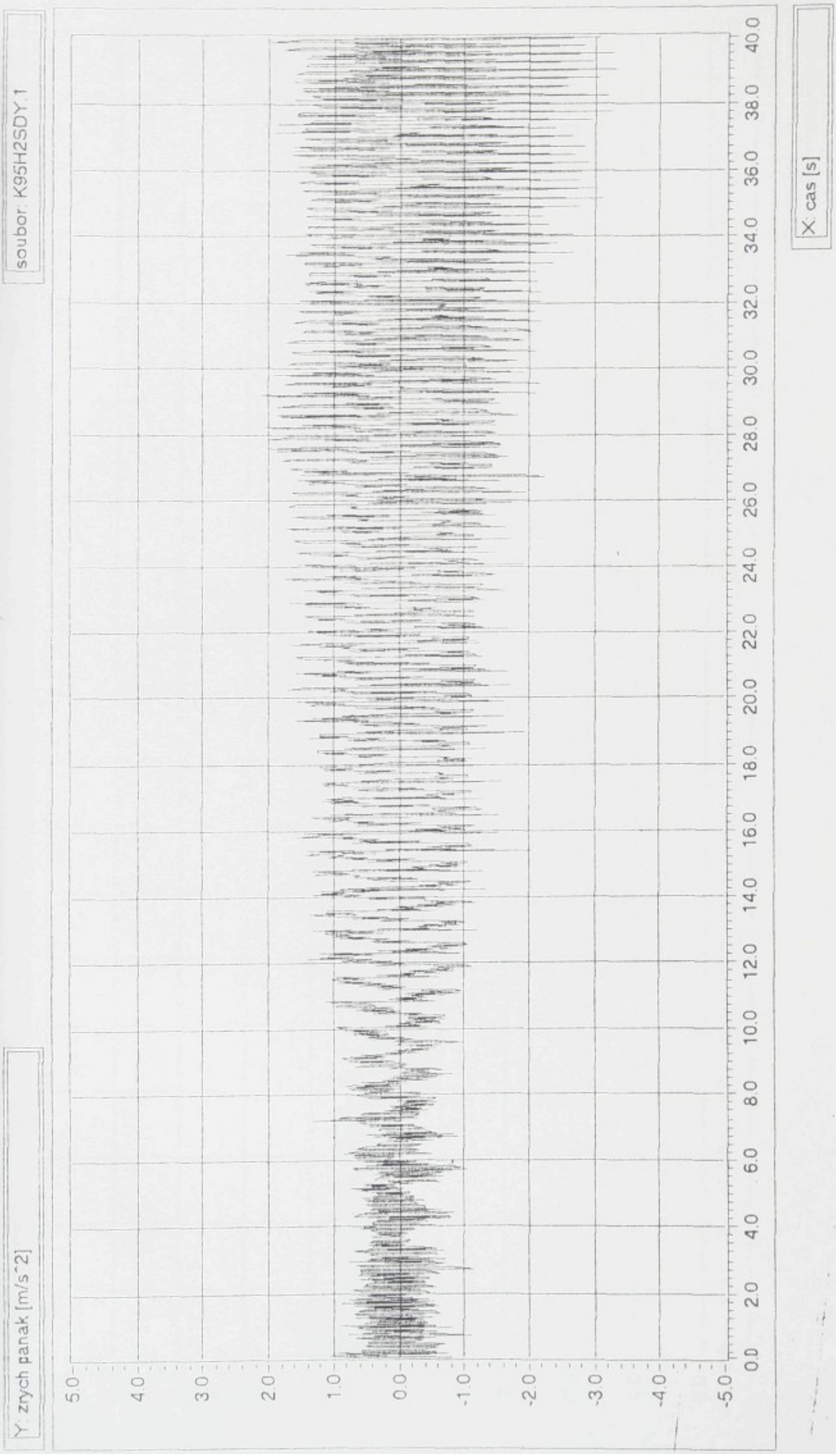

soubor: K95H2SDY.2
Y: zdvih tela [mm]; zdvih hlavy [mm]
X: cas [s]

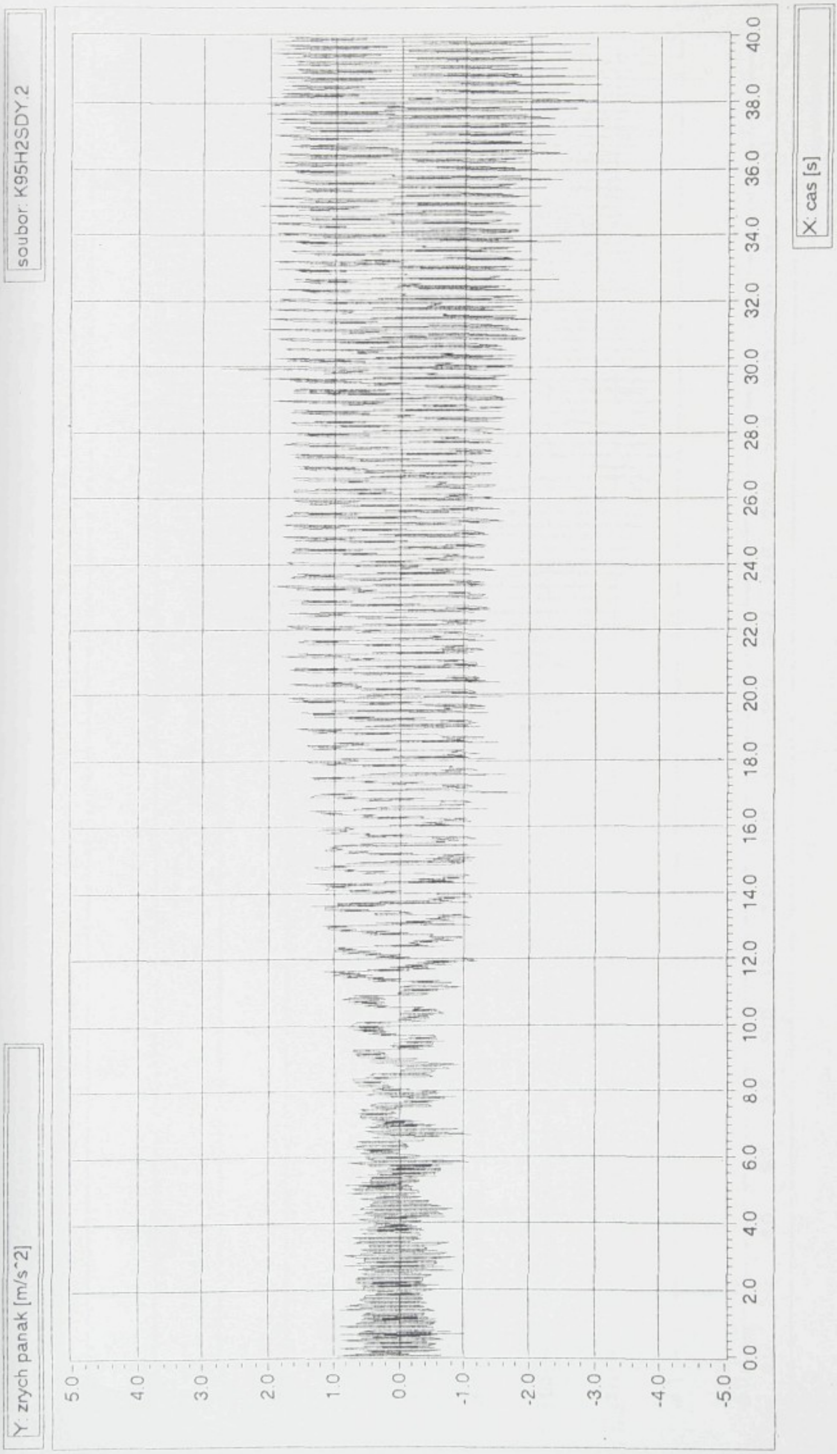

soubor: K95H2HDY.3
Y: zdvih tela [mm], zdvih hlavy [mm]
X: cas [s]
X4
X3
25.0 27.5 30.0 32.5 35.0 37.5 40.0 42.5 45.0 47.5 50.0 52.5 55.0 57.5 60.0 62.5 65.0
0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0 22.0 24.0 26.0 28.0 30.0 32.0 34.0 36.0 38.0 40.0


soubor: K95H2HDY.2
Y: zdvih tela [mm]; zdvih hlavy [mm]
X: cas [s]
X4
X3
25.0
27.5
30.0
32.5
35.0
37.5
40.0
42.5
45.0
47.5
50.0
52.5
55.0
57.5
60.0
62.5
65.0
0.0
2.0
4.0
6.0
8.0
10.0
12.0
14.0
16.0
18.0
20.0
22.0
24.0
26.0
28.0
30.0
32.0
34.0
36.0
38.0
40.0

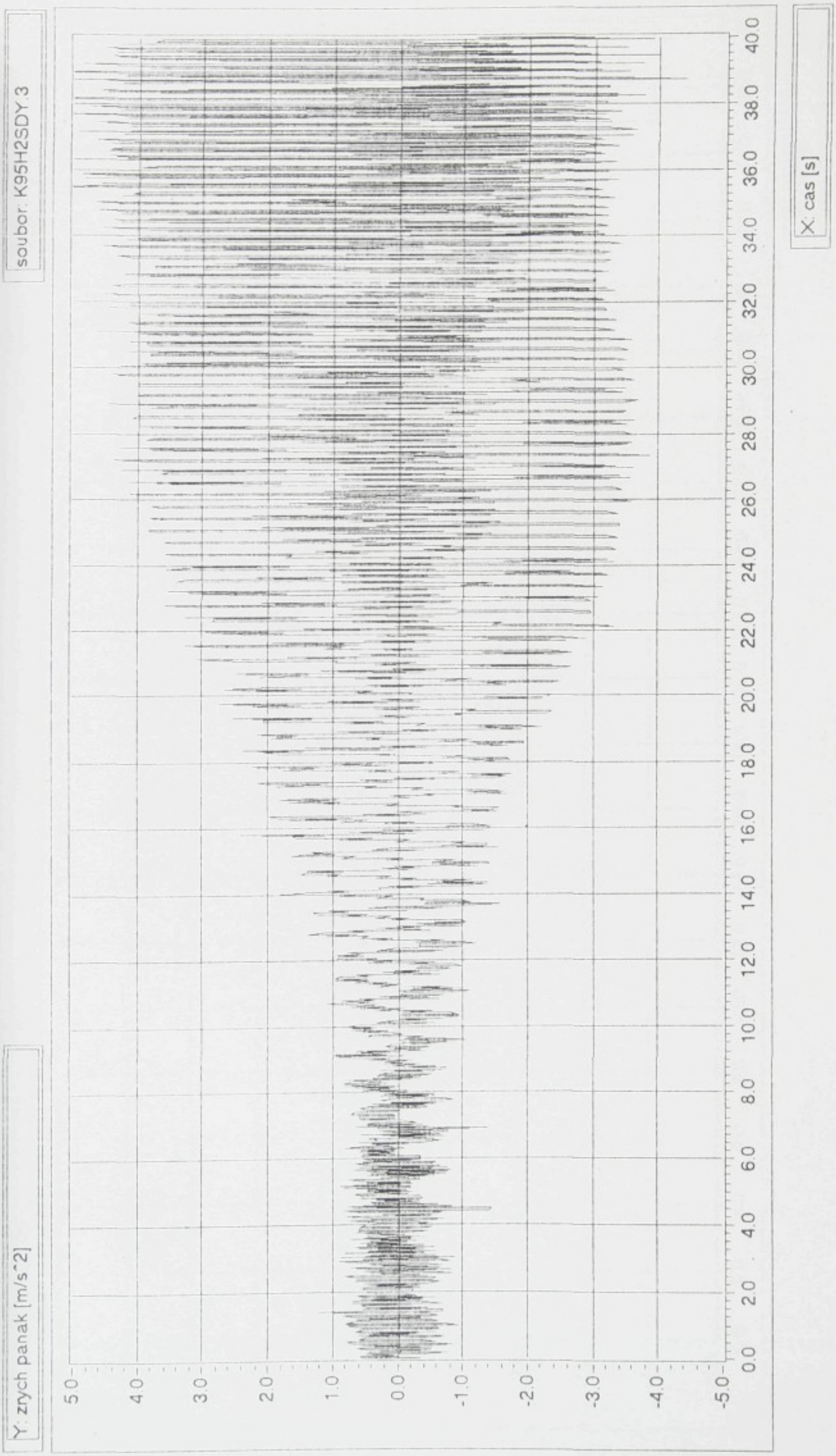

soubor: K95H2HDY.1
Y: zdvih tela [mm], zdvih hlavy [mm]
X: cas [s]
X4
X3
25.0
27.5
30.0
32.5
35.0
37.5
40.0
42.5
45.0
47.5
50.0
52.5
55.0
57.5
60.0
62.5
65.0
0.0
2.0
4.0
6.0
8.0
10.0
12.0
14.0
16.0
18.0
20.0
22.0
24.0
26.0
28.0
30.0
32.0
34.0
36.0
38.0
40.0

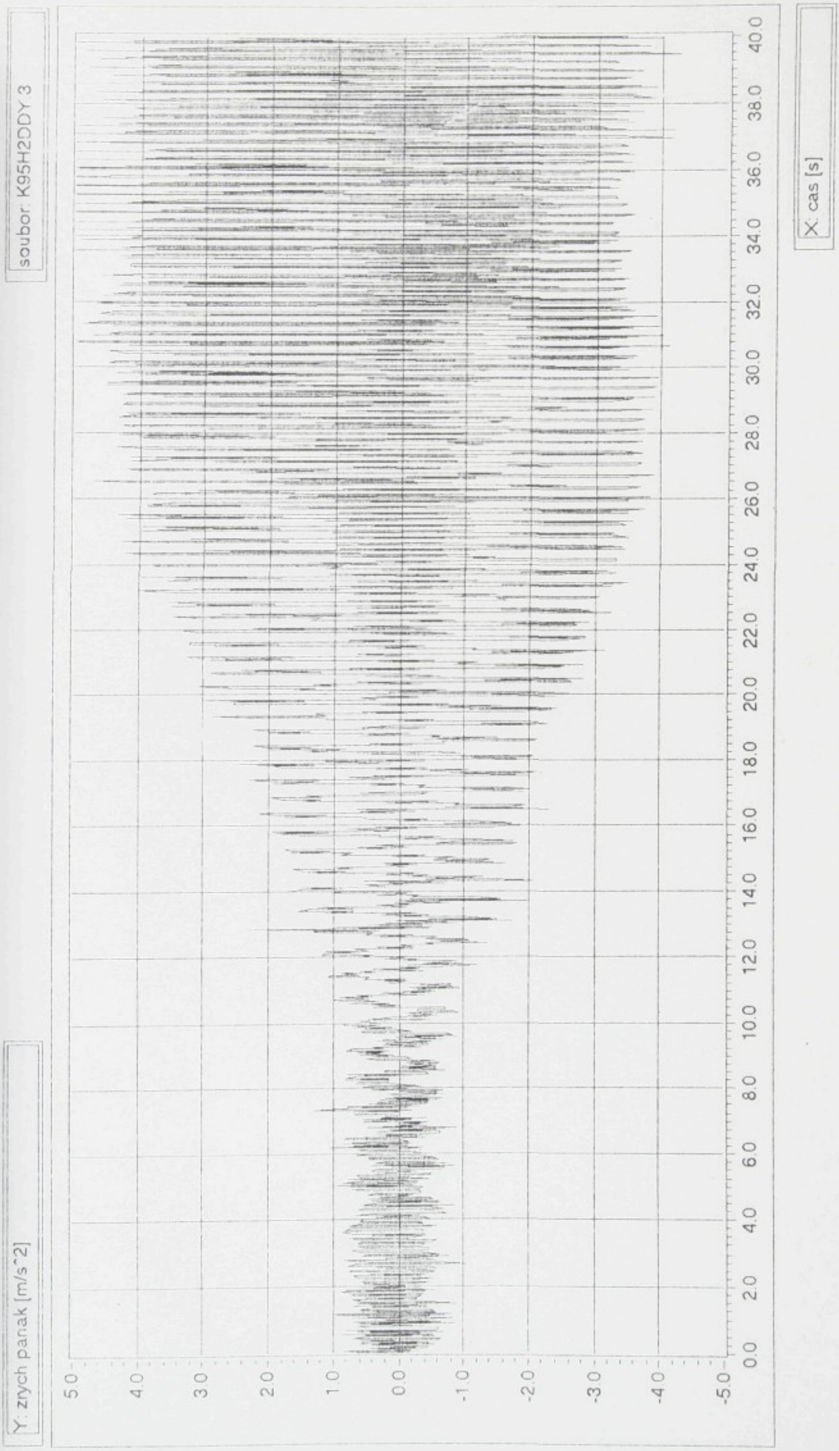
Příloha 31 a

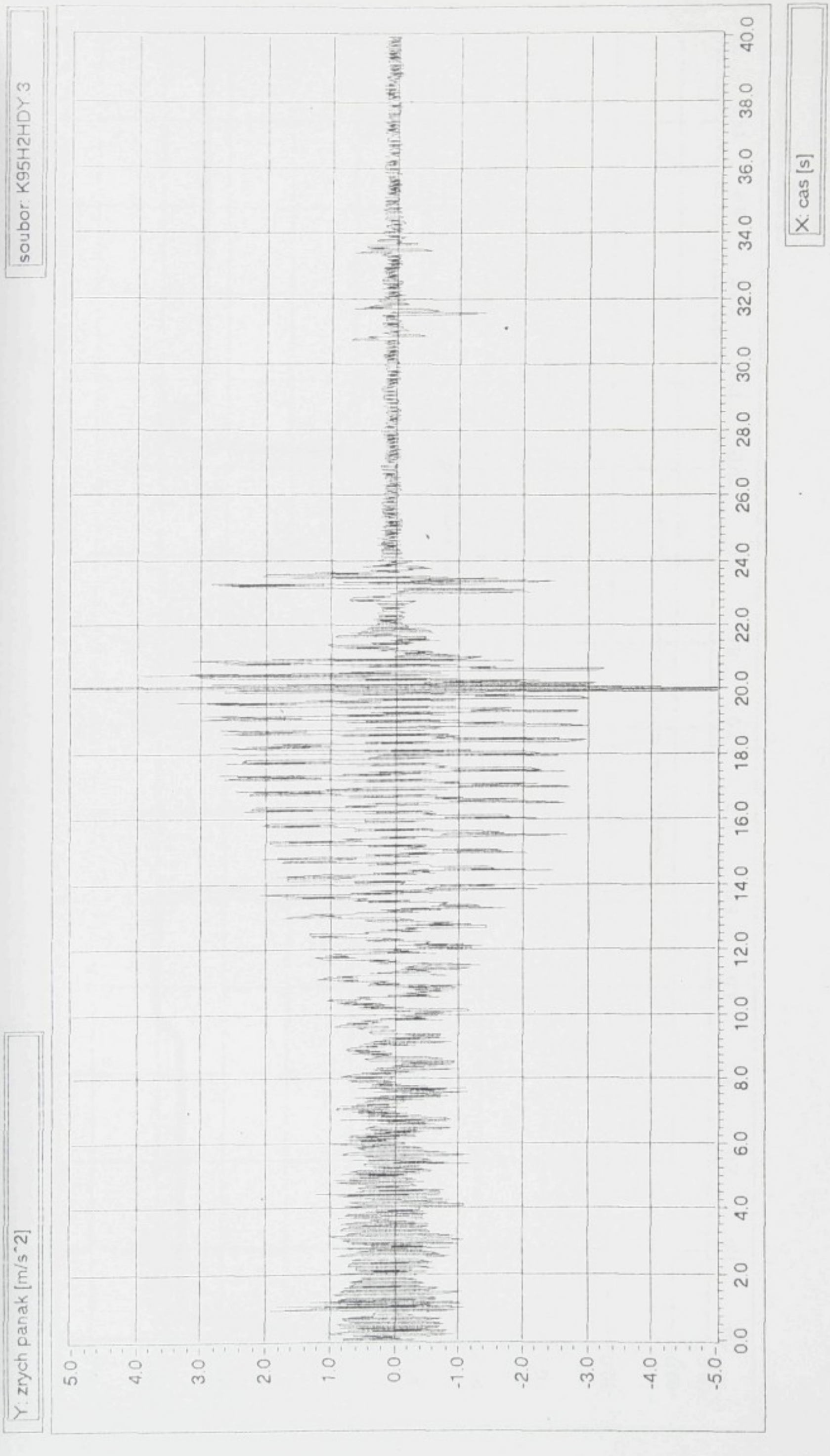

soubor: K95H2SDY.1
Y: zrych panak [m/s^2]
X: cas [s]
5.0
4.0
3.0
2.0
1.0
0.0
-1.0
-2.0
-3.0
-4.0
-5.0
0.0
2.0
4.0
6.0
8.0
10.0
12.0
14.0
16.0
18.0
20.0
22.0
24.0
26.0
28.0
30.0
32.0
34.0
36.0
38.0
40.0

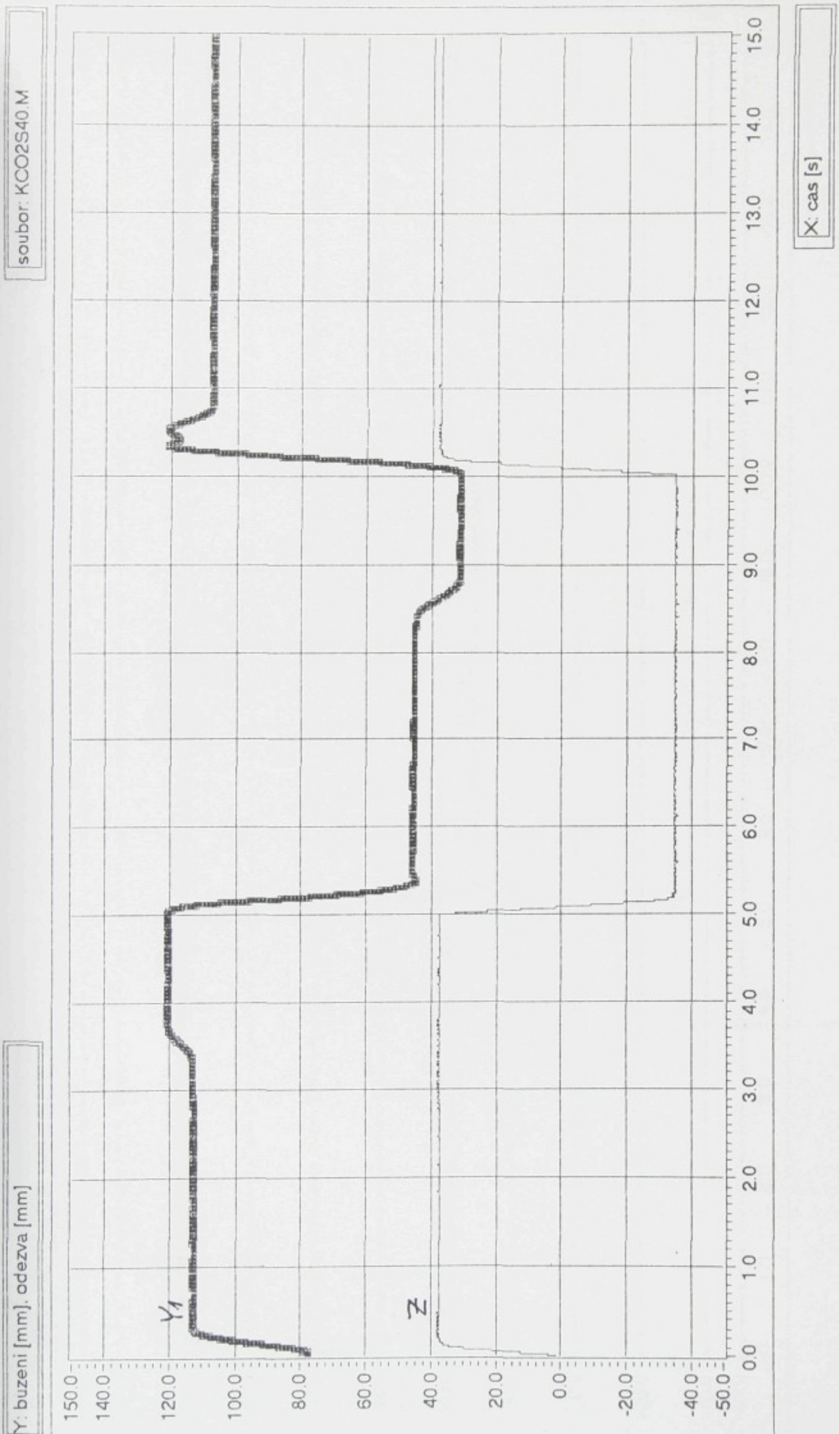

soubor: K95H2SDY.2
X: cas [s]
Y: zrych panak [m/s^2]
0.0
2.0
4.0
6.0
8.0
10.0
12.0
14.0
16.0
18.0
20.0
22.0
24.0
26.0
28.0
30.0
32.0
34.0
36.0
38.0
40.0
5.0
4.0
3.0
2.0
1.0
0.0
-1.0
-2.0
-3.0
-4.0
-5.0

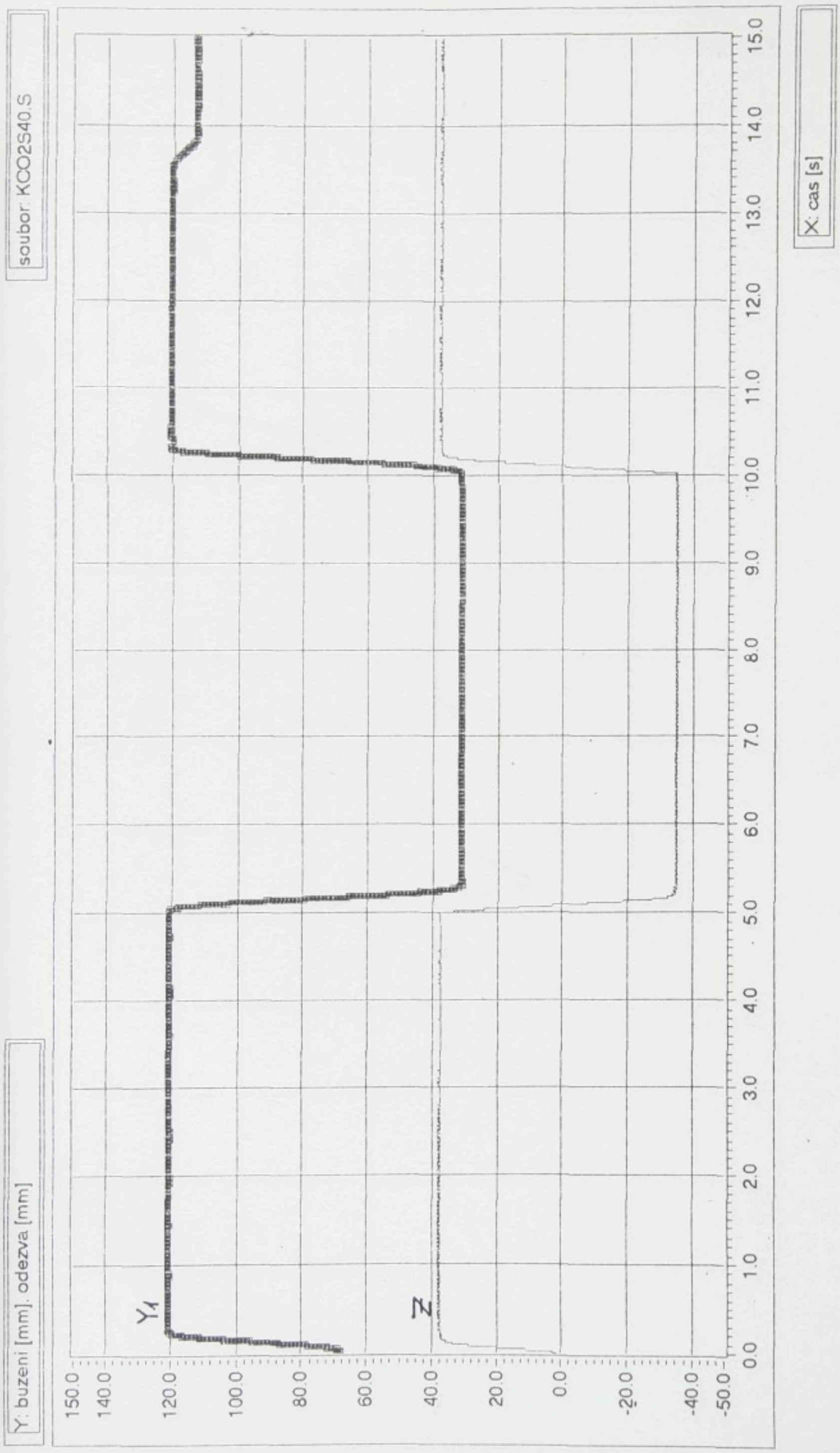
Příloha 31 c

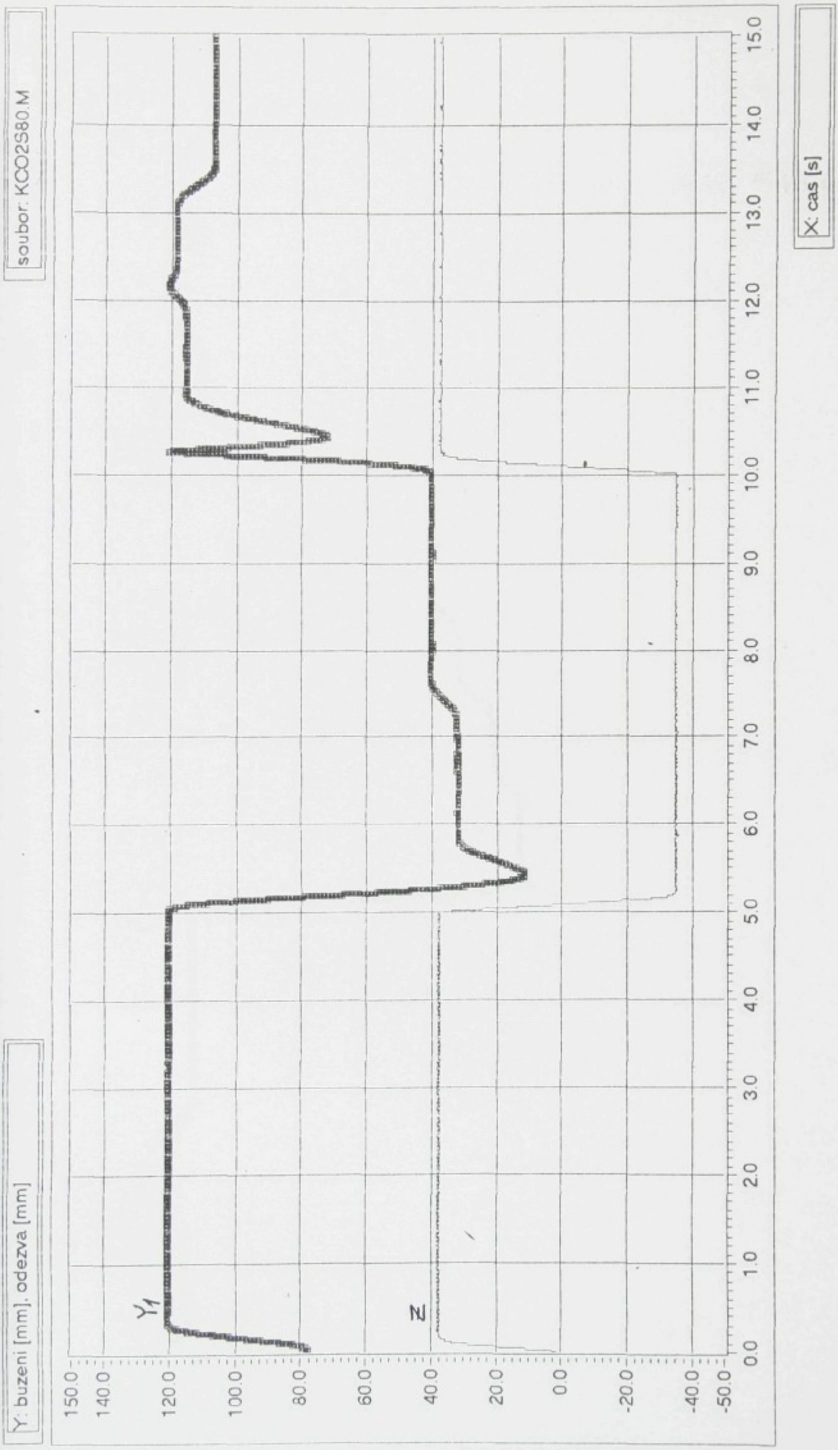

soubor: K95H2SDY.3
Y: zrych panak [m/s^2]
X: cas [s]
5.0
4.0
3.0
2.0
1.0
0.0
-1.0
-2.0
-3.0
-4.0
-5.0
0.0
2.0
4.0
6.0
8.0
10.0
12.0
14.0
16.0
18.0
20.0
22.0
24.0
26.0
28.0
30.0
32.0
34.0
36.0
38.0
40.0

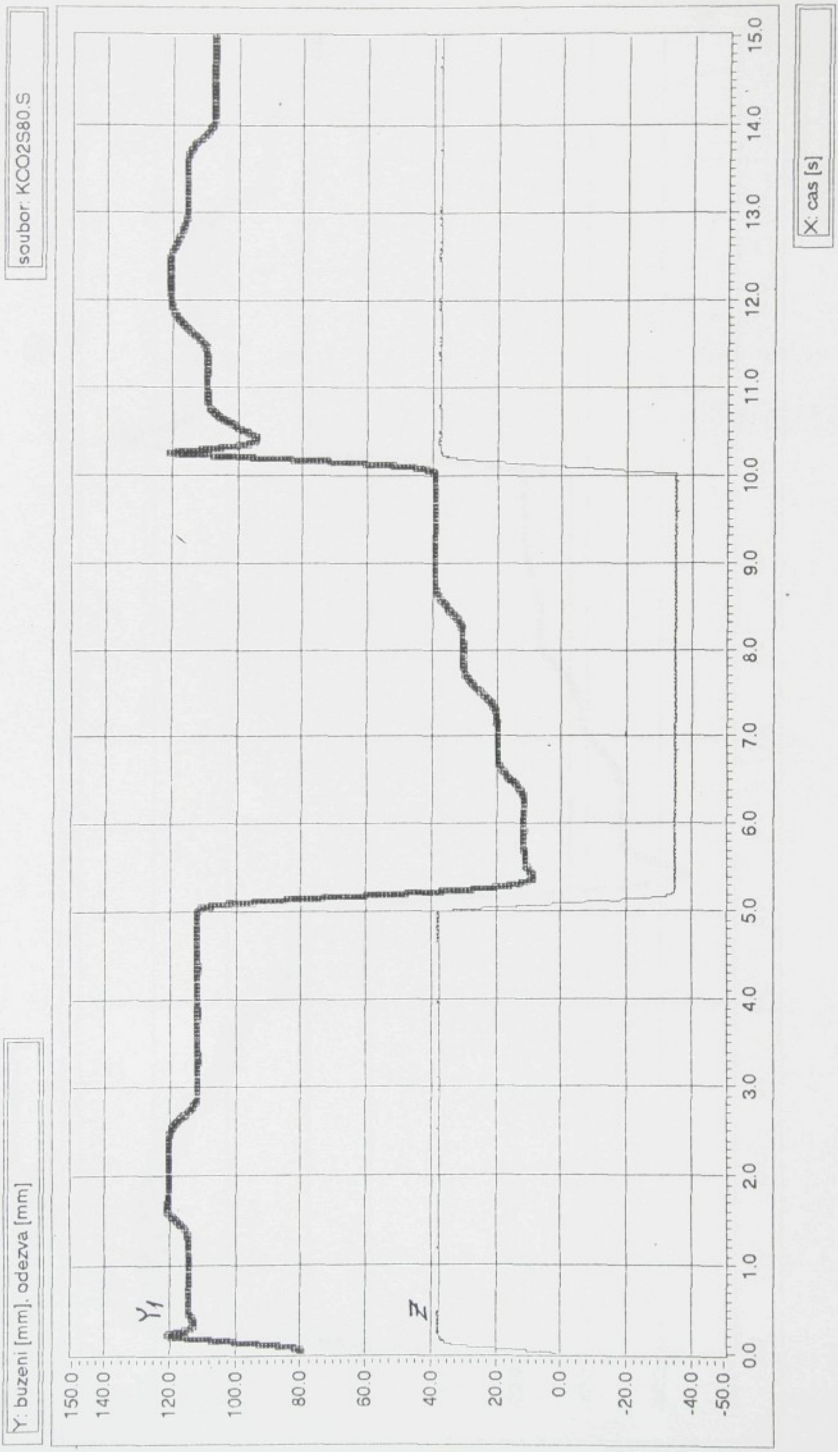

soubor: K95H2DDY 3
Y: zrych panak [m/s^2]
X: cas [s]

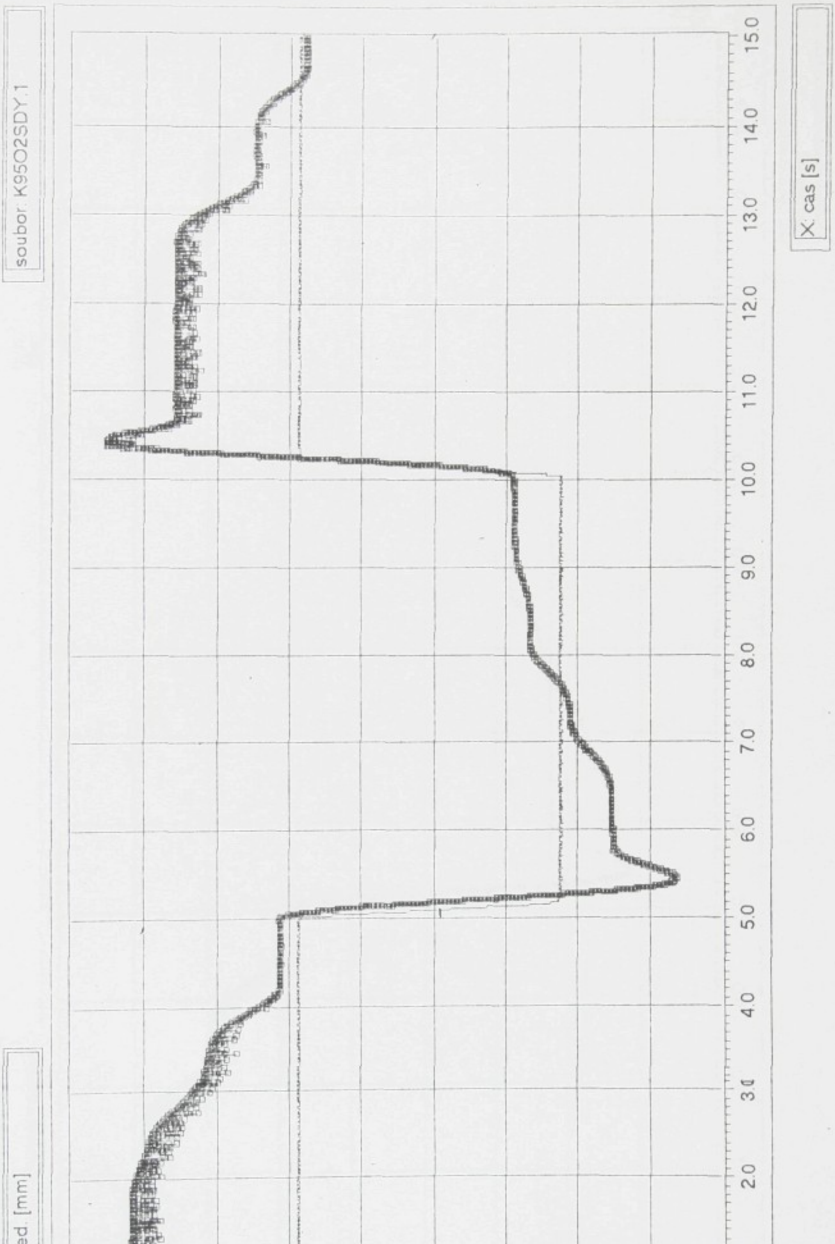

soubor: K95H2HDY.3
Y: zrych panak [m/s^2]
X: cas [s]
5.0
4.0
3.0
2.0
1.0
0.0
-1.0
-2.0
-3.0
-4.0
-5.0
0.0
2.0
4.0
6.0
8.0
10.0
12.0
14.0
16.0
18.0
20.0
22.0
24.0
26.0
28.0
30.0
32.0
34.0
36.0
38.0
40.0

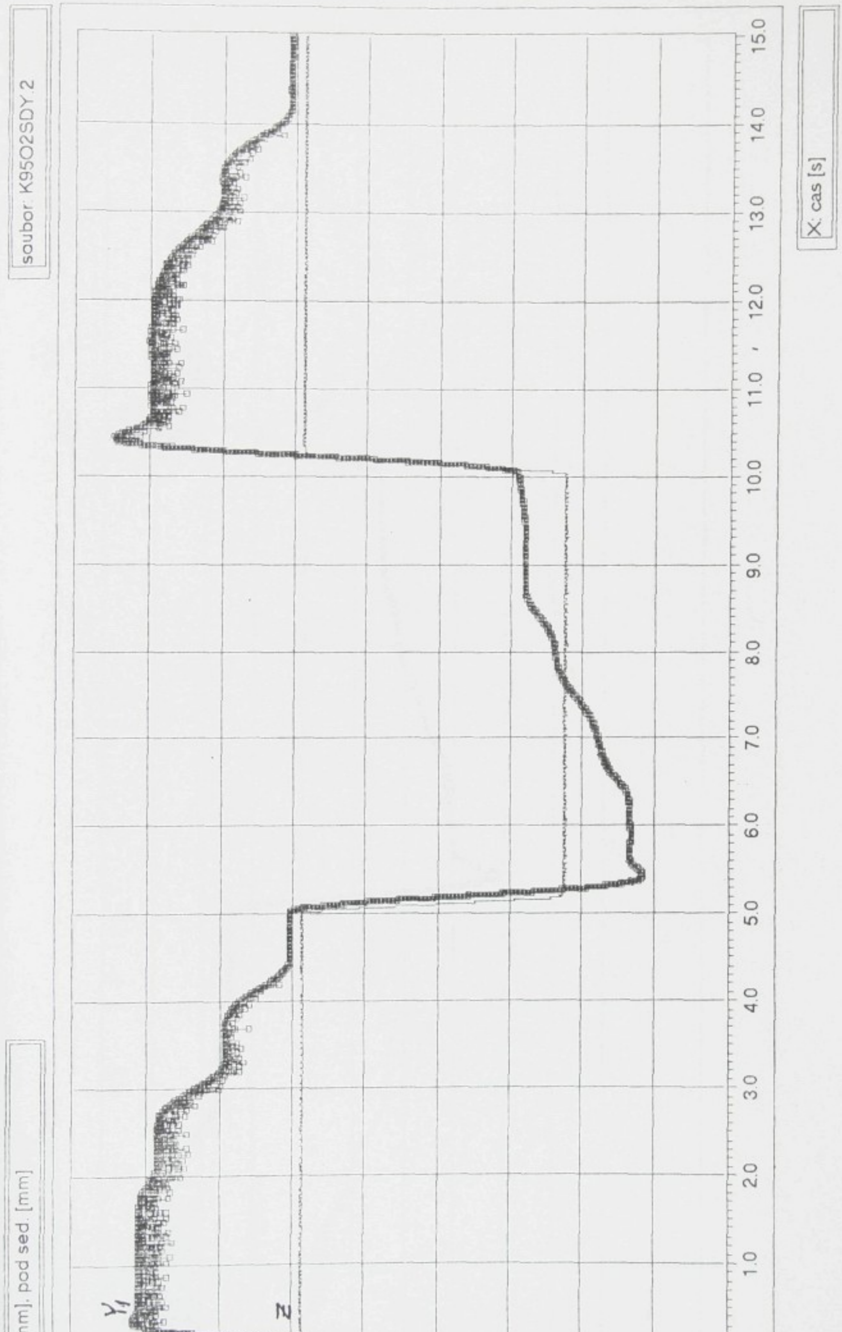

soubor: KCO2S40.M
Y: buzeni [mm]. odezva [mm]
X: cas [s]
150.0
140.0
120.0
100.0
80.0
60.0
40.0
20.0
0.0
-20.0
-40.0
-50.0
0.0
1.0
2.0
3.0
4.0
5.0
6.0
7.0
8.0
9.0
10.0
11.0
12.0
13.0
14.0
15.0
Y1
Z

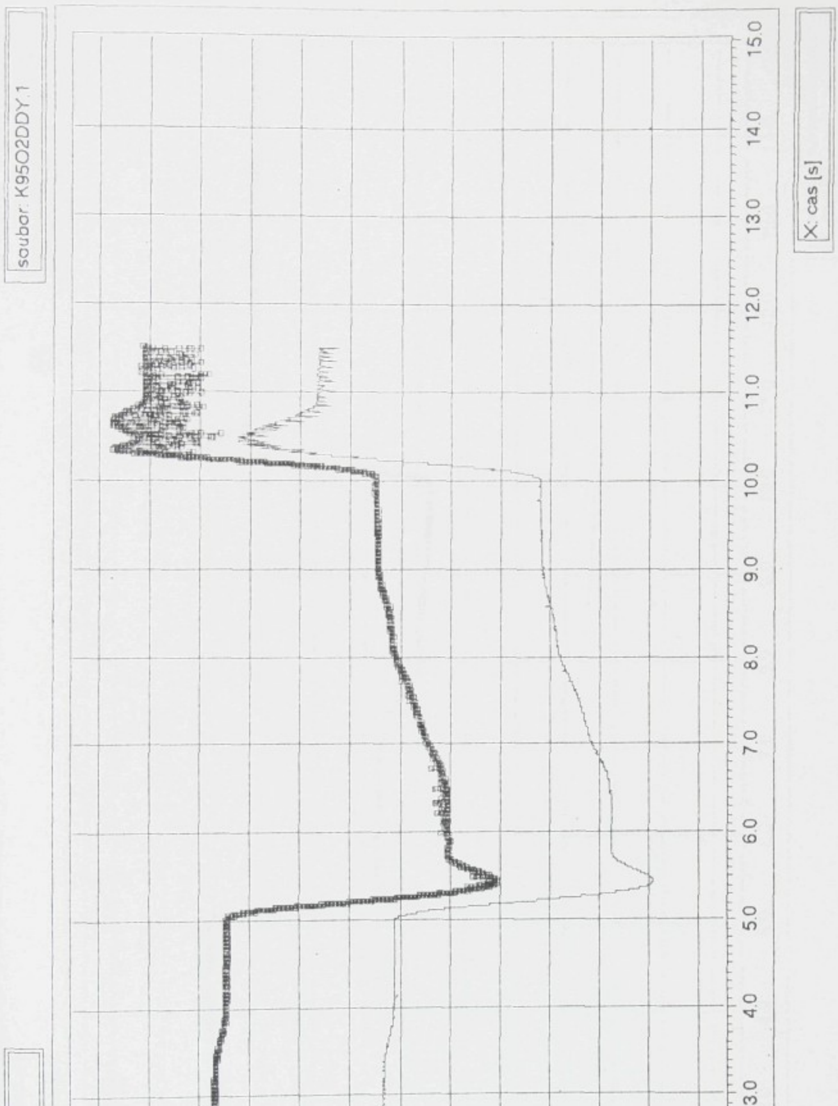

soubor: KCO2S40.S
Y: buzeni [mm], odezva [mm]
X: cas [s]
Y1
Z
150.0
140.0
120.0
100.0
80.0
60.0
40.0
20.0
0.0
-20.0
-40.0
-50.0
0.0
1.0
2.0
3.0
4.0
5.0
6.0
7.0
8.0
9.0
10.0
11.0
12.0
13.0
14.0
15.0

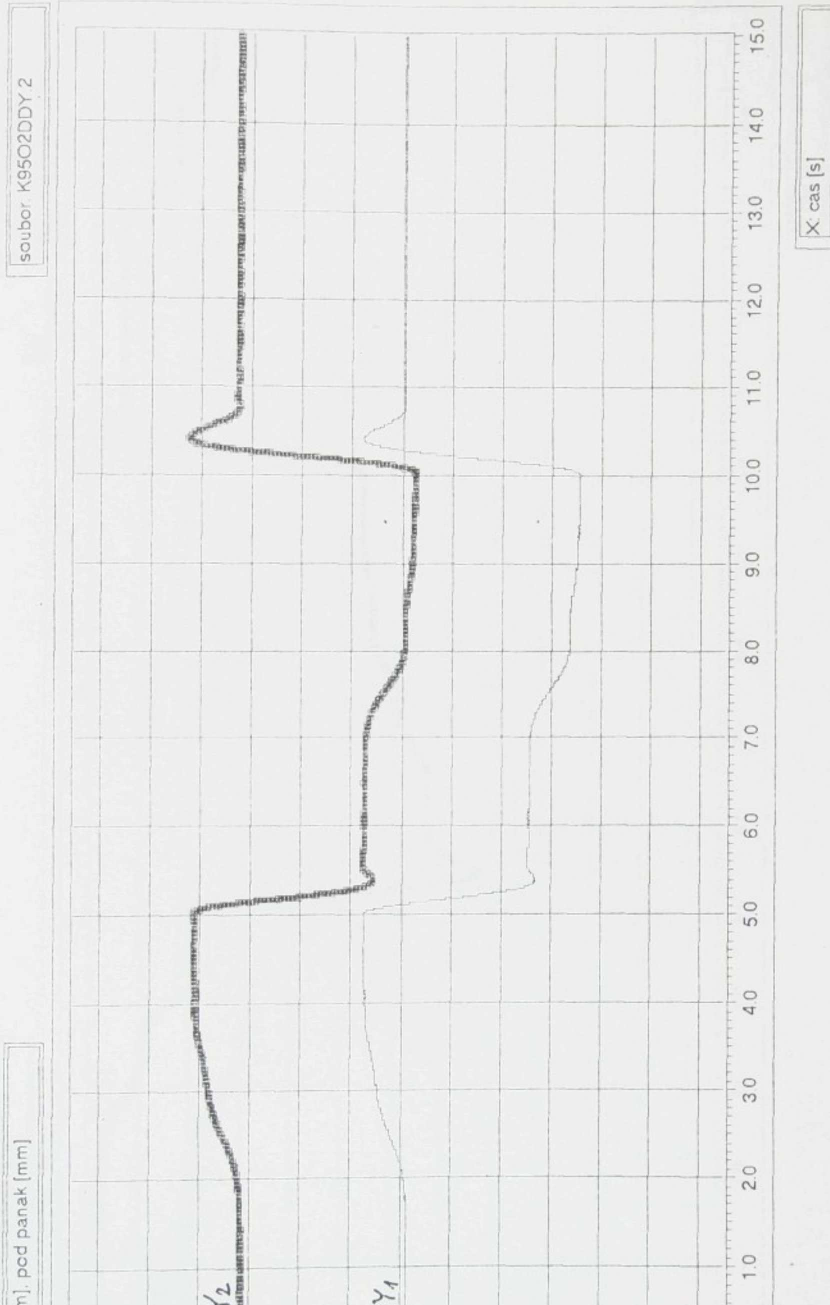

soubor: KCO2S80.M
Y: buzeni [mm], odezva [mm]
X: cas [s]
Y1
Z
150.0
140.0
120.0
100.0
80.0
60.0
40.0
20.0
0.0
-20.0
-40.0
-50.0
0.0
1.0
2.0
3.0
4.0
5.0
6.0
7.0
8.0
9.0
10.0
11.0
12.0
13.0
14.0
15.0

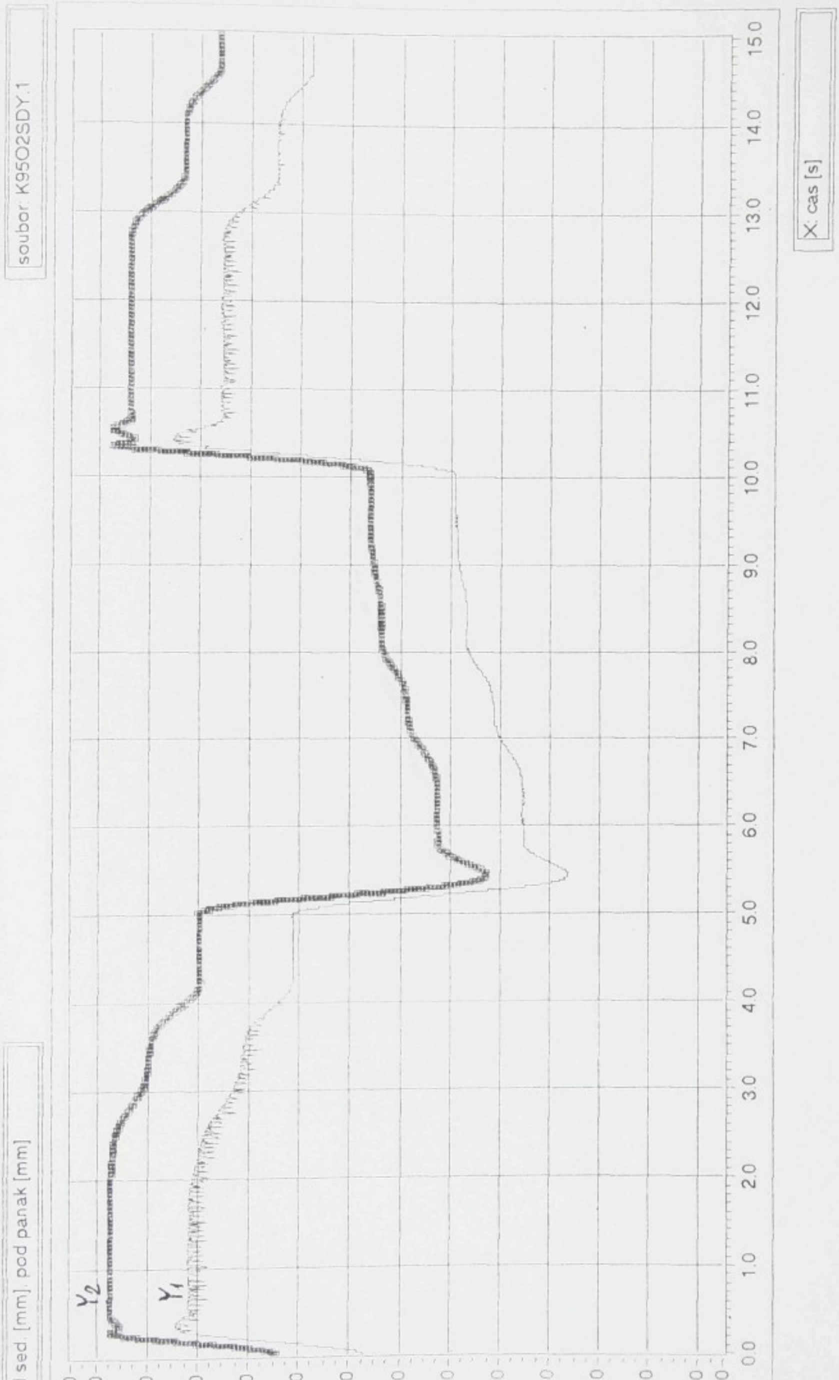

soubor: KCO2S80.S
Y: buzeni [mm], odezva [mm]
X: cas [s]
Y1
Z
150.0
140.0
120.0
100.0
80.0
60.0
40.0
20.0
0.0
-20.0
-40.0
-50.0
0.0
1.0
2.0
3.0
4.0
5.0
6.0
7.0
8.0
9.0
10.0
11.0
12.0
13.0
14.0
15.0

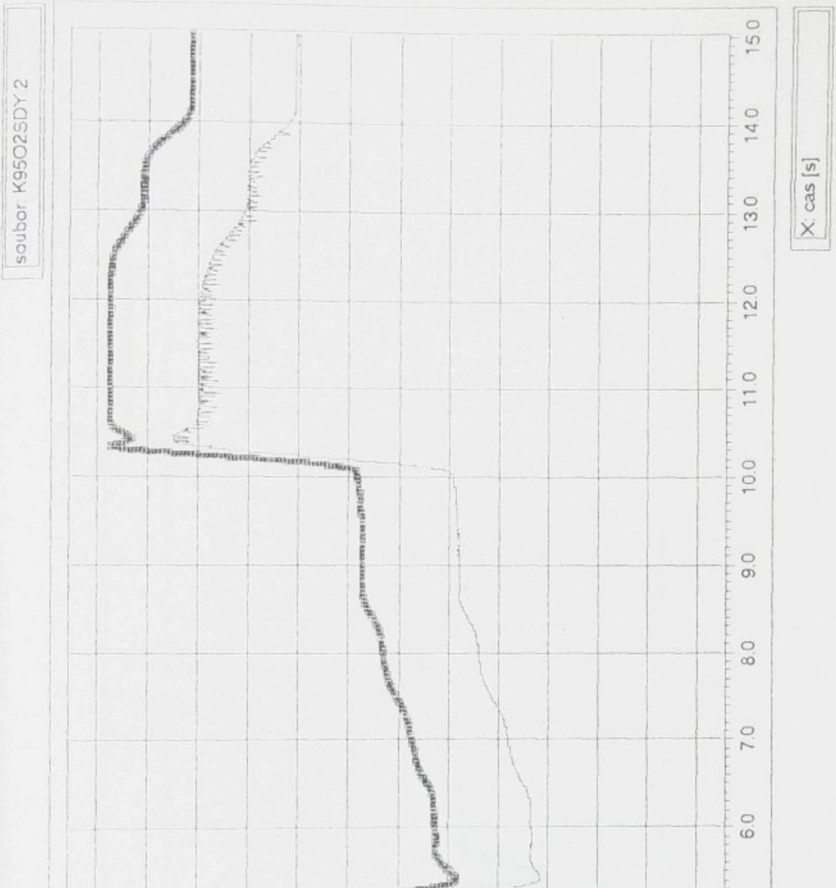

soubor: K95O2SDY.1
Y: buzeni [mm], pod sed. [mm]
X: cas [s]
Y1
Z

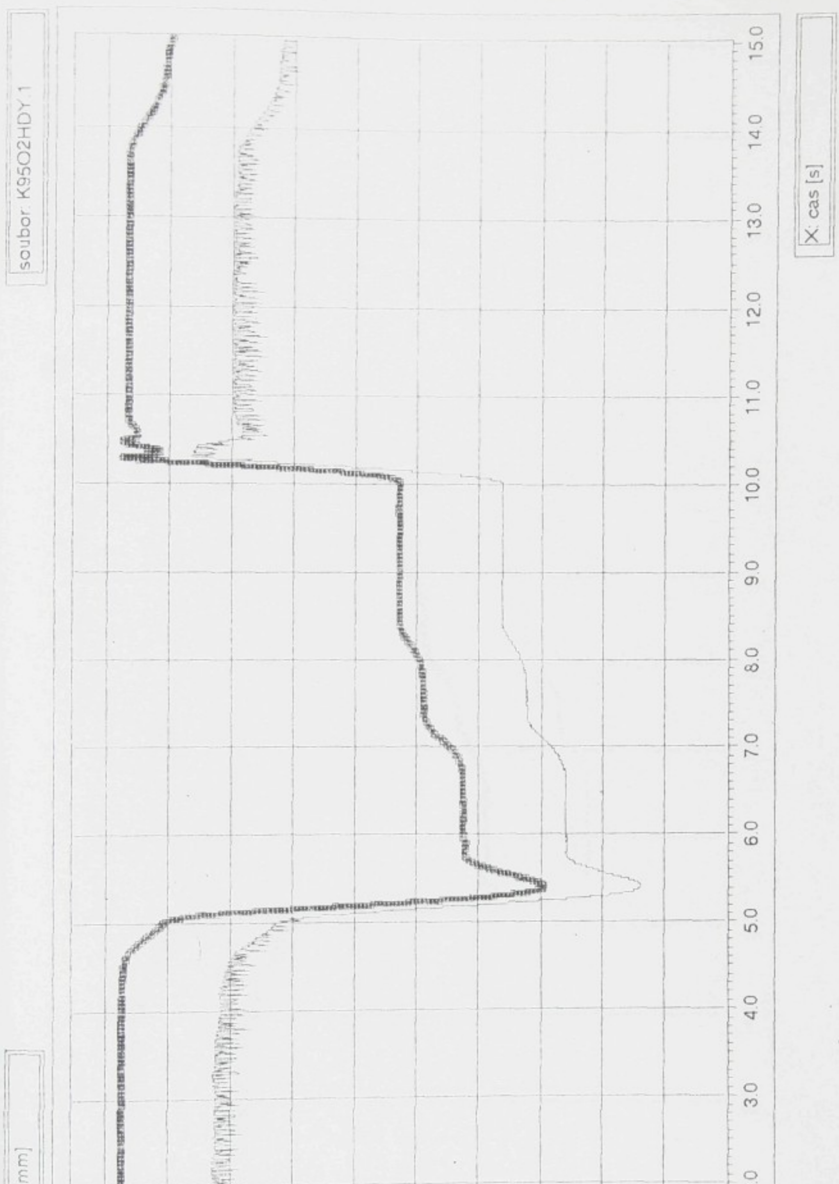

soubor: K95O2SDY.2
Y: buzeni [mm]. pod sed. [mm]
X: cas [s]
Y1
Z
100.0
80.0
60.0
40.0
20.0
0.0
-20.0
-40.0
-60.0
-80.0
0.0
1.0
2.0
3.0
4.0
5.0
6.0
7.0
8.0
9.0
10.0
11.0
12.0
13.0
14.0
15.0

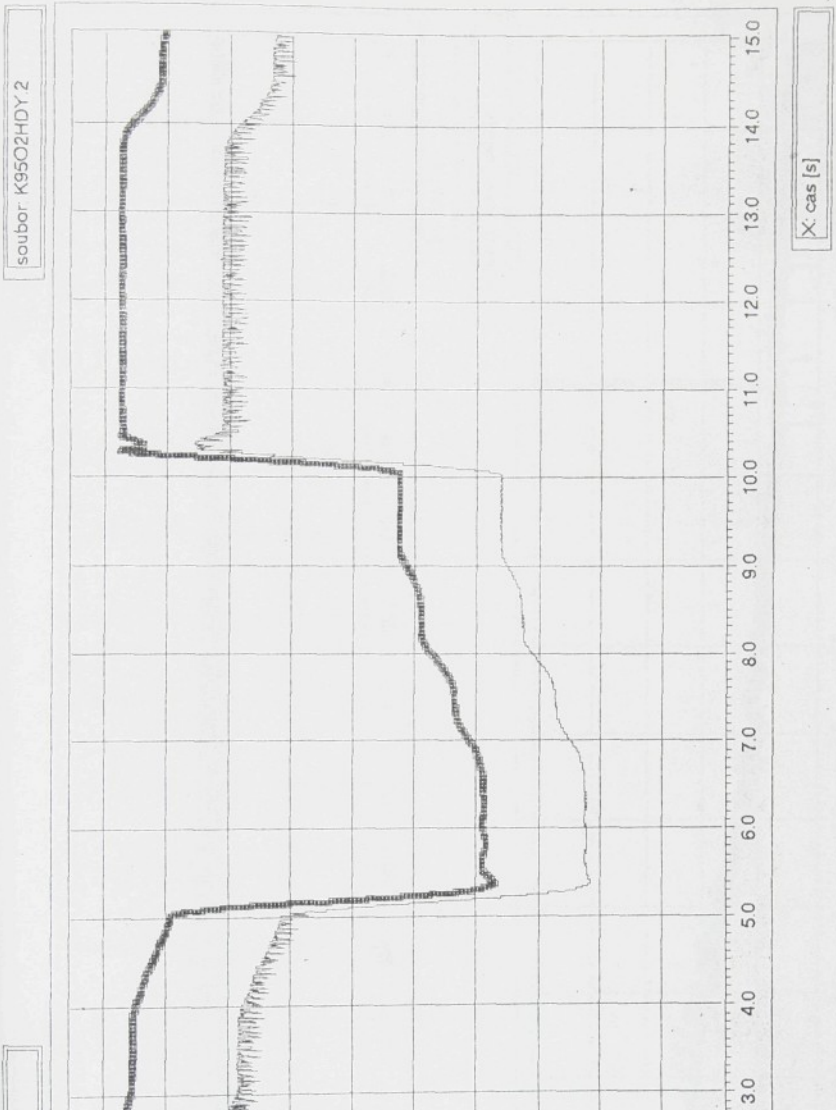

soubor: K95O2DDY.1
Y: pod sed. [mm], pod panak [mm]
X: cas [s]
Y2
Y1
130.0
120.0
100.0
80.0
60.0
40.0
20.0
0.0
-20.0
-40.0
-60.0
-80.0
-100.0
-120.0
-130.0
0.0
1.0
2.0
3.0
4.0
5.0
6.0
7.0
8.0
9.0
10.0
11.0
12.0
13.0
14.0
15.0


soubor: K95O2DDY.2
Y: pod sed [mm], pod panak [mm]
X: cas [s]
Y2
Y1
130.0
120.0
100.0
80.0
60.0
40.0
20.0
0.0
-20.0
-40.0
-60.0
-80.0
-100.0
-120.0
-130.0
0.0
1.0
2.0
3.0
4.0
5.0
6.0
7.0
8.0
9.0
10.0
11.0
12.0
13.0
14.0
15.0

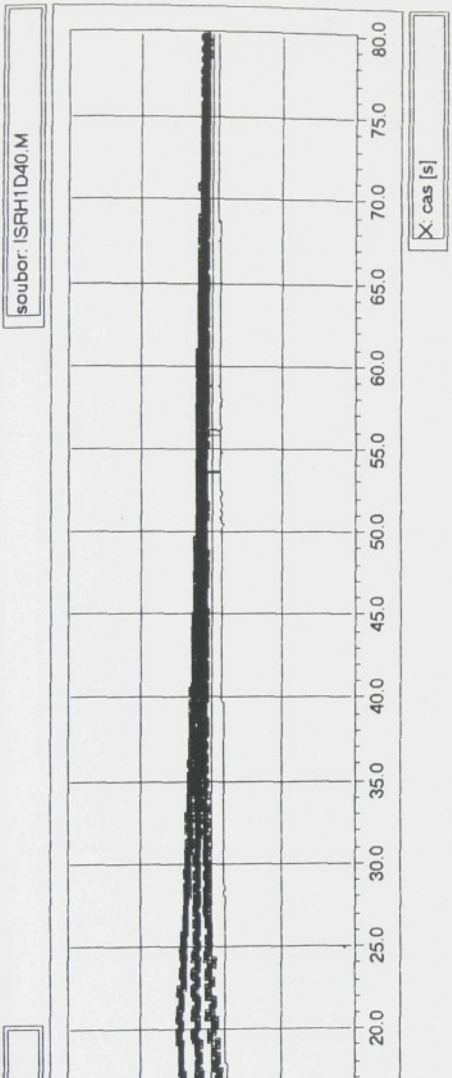

Y: pod sed [mm], pod panak [mm]
soubor: K95O2SDY.1
X: cas [s]
Y2
Y1
130.0
120.0
100.0
80.0
60.0
40.0
20.0
0.0
-20.0
-40.0
-60.0
-80.0
-100.0
-120.0
-130.0
0.0
1.0
2.0
3.0
4.0
5.0
6.0
7.0
8.0
9.0
10.0
11.0
12.0
13.0
14.0
15.0

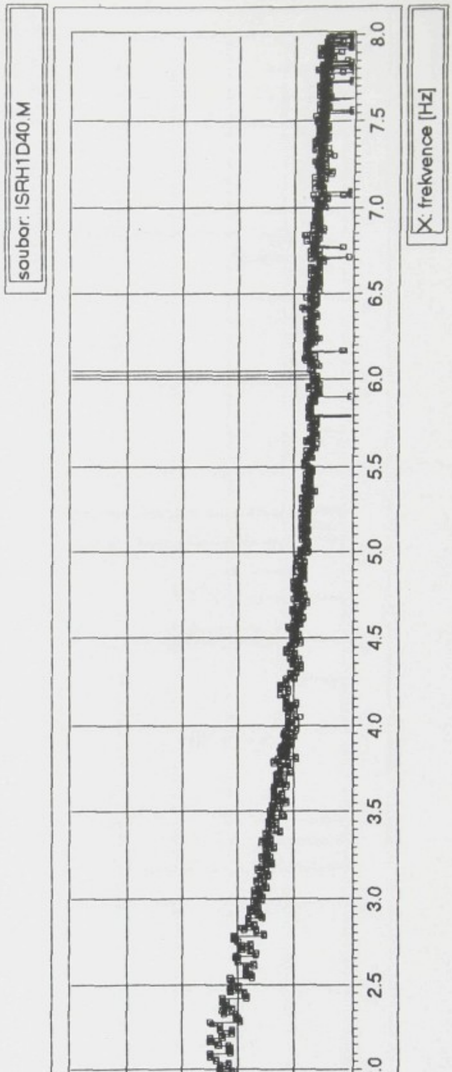

soubor: K95O2SDY.2
Y: pod sed [mm], pod panak [mm]
X: cas [s]
Y2
Y1

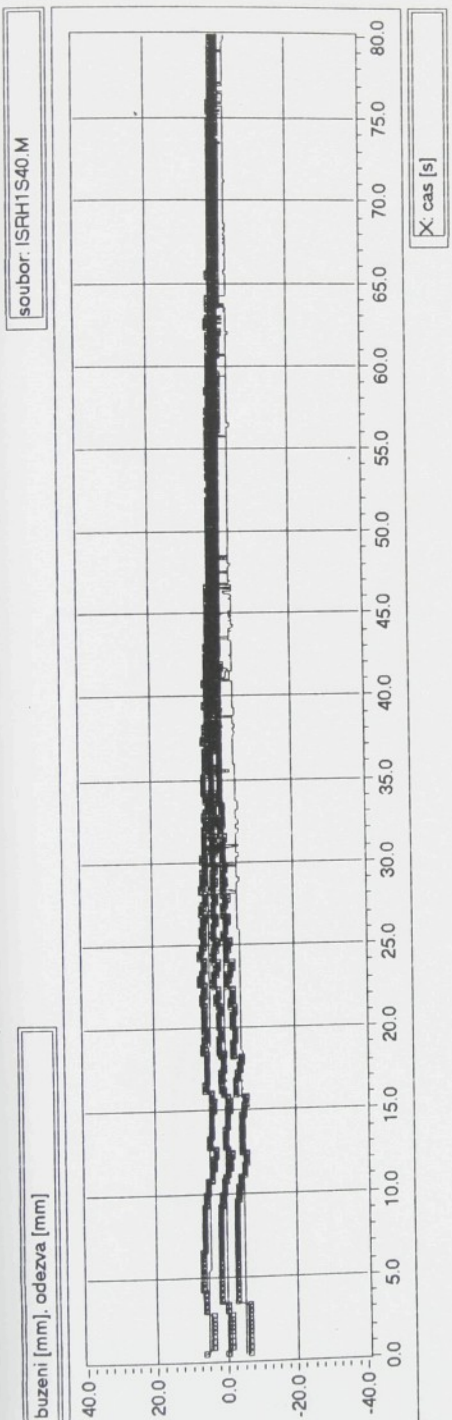

soubor: K95O2HDY.1
Y: pod sed. [mm] pod panak [mm]
X: cas [s]
Y2
Y1
130.0
120.0
100.0
80.0
60.0
40.0
20.0
0.0
-20.0
-40.0
-60.0
-80.0
0.0
1.0
2.0
3.0
4.0
5.0
6.0
7.0
8.0
9.0
10.0
11.0
12.0
13.0
14.0
15.0

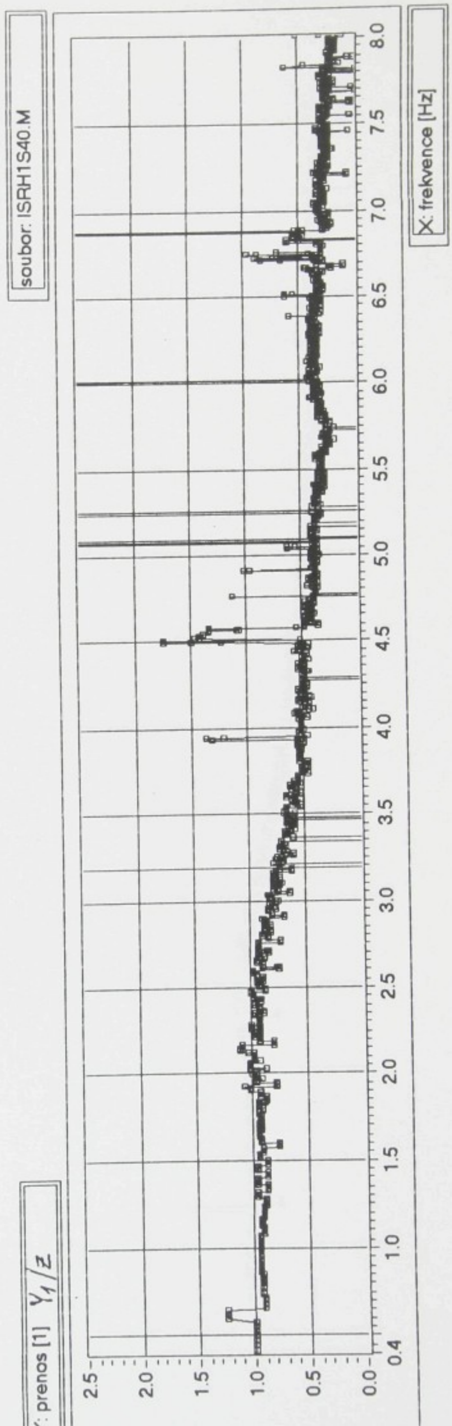

soubor: K95O2HDY.2
Y: pod sed. [mm], pod panak [mm]
X: cas [s]
Y2
Y1
130.0
120.0
100.0
80.0
60.0
40.0
20.0
0.0
-20.0
-40.0
-60.0
-80.0
0.0
1.0
2.0
3.0
4.0
5.0
6.0
7.0
8.0
9.0
10.0
11.0
12.0
13.0
14.0
15.0

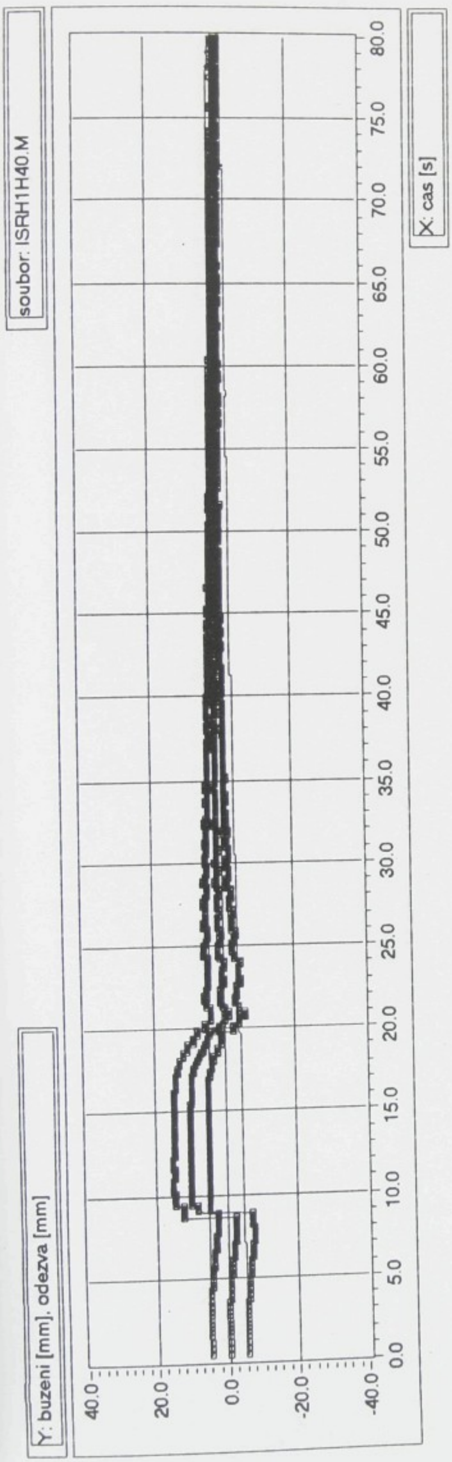
Příloha 39 a

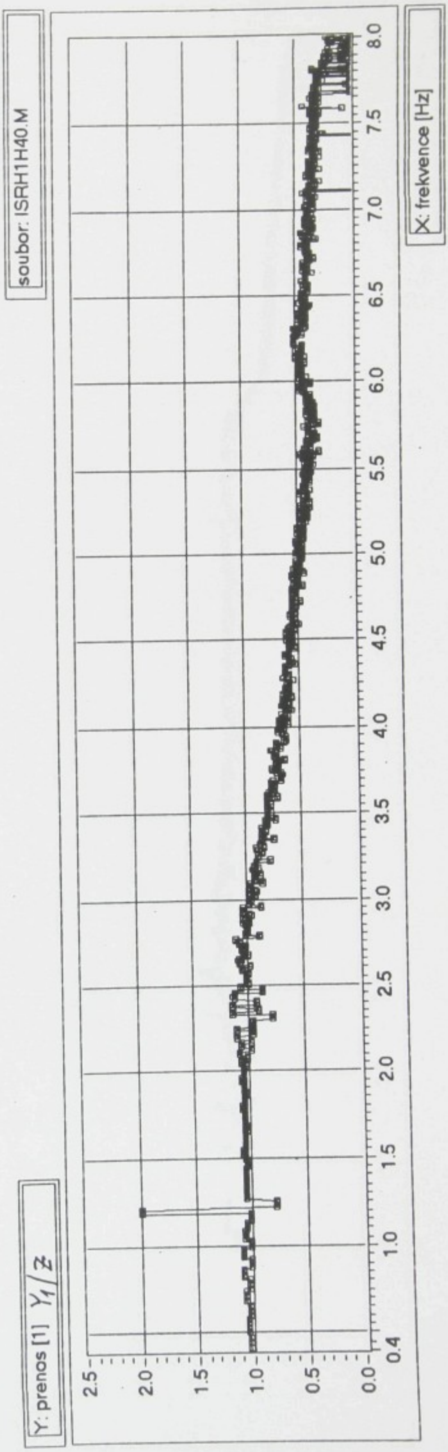

soubor: ISRH1D40.M
Y: buzeni [mm], odezva [mm]
X: cas [s]

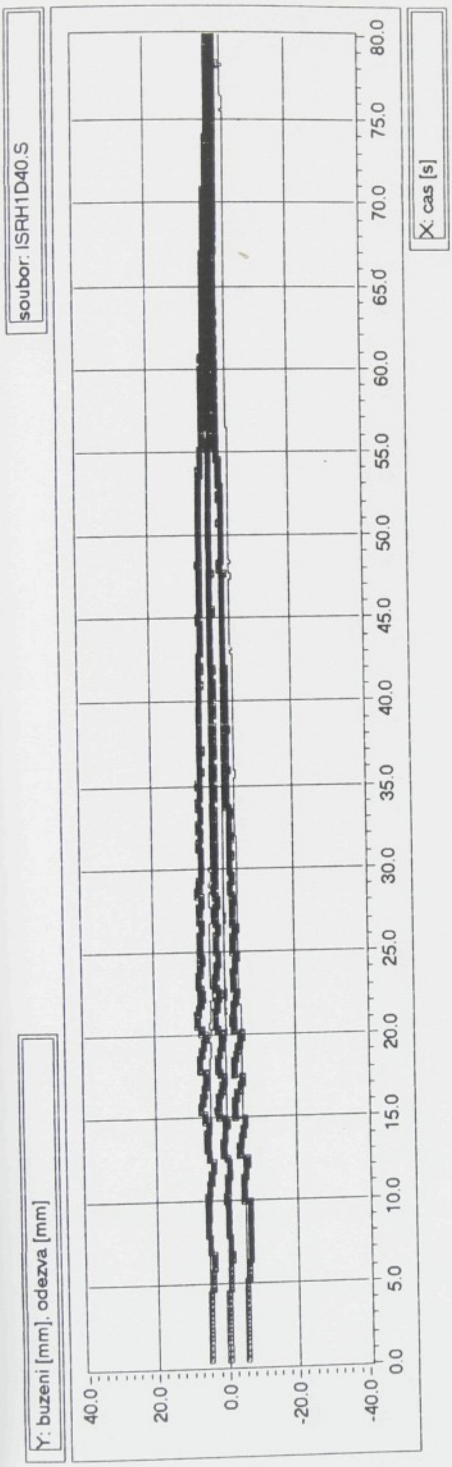

soubor: ISRH1D40.M
Y: prenos [1] Y1/Z
X: frekvence [Hz]

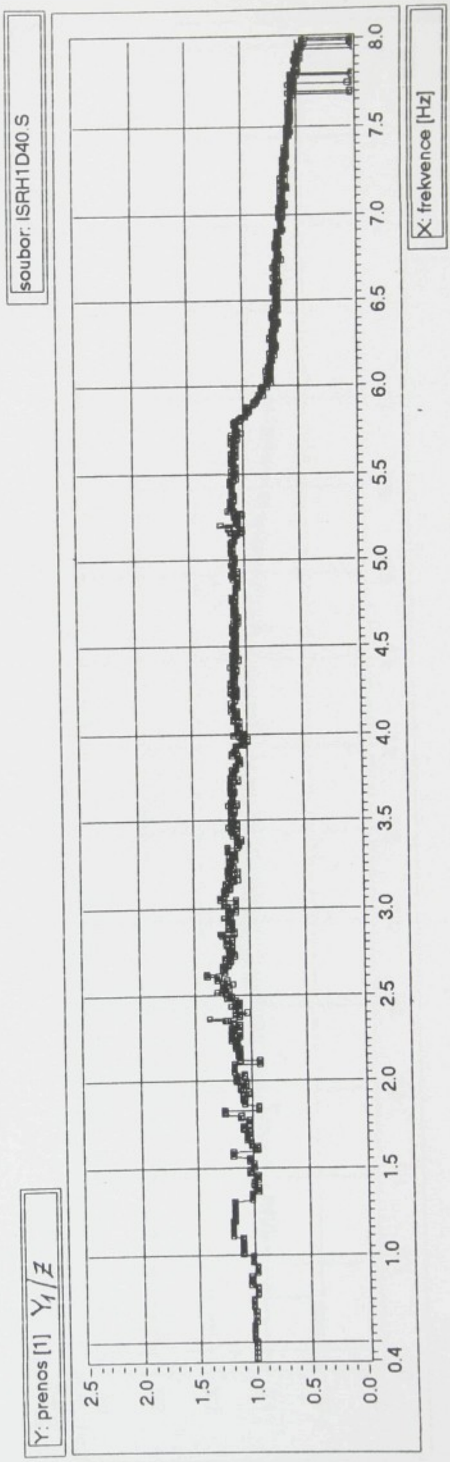

soubor: ISRH1S40.M
Y: buzeni [mm], odezva [mm]
X: cas [s]

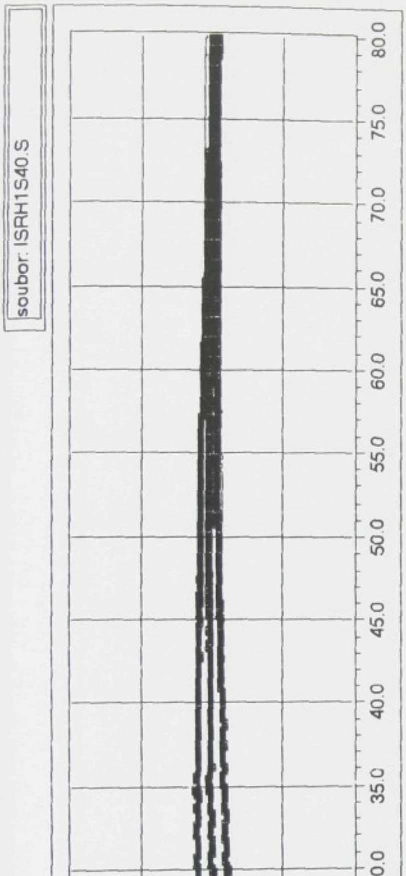

soubor: ISRH1S40.M
Y: prenos [1] Y1/Z
X: frekvence [Hz]

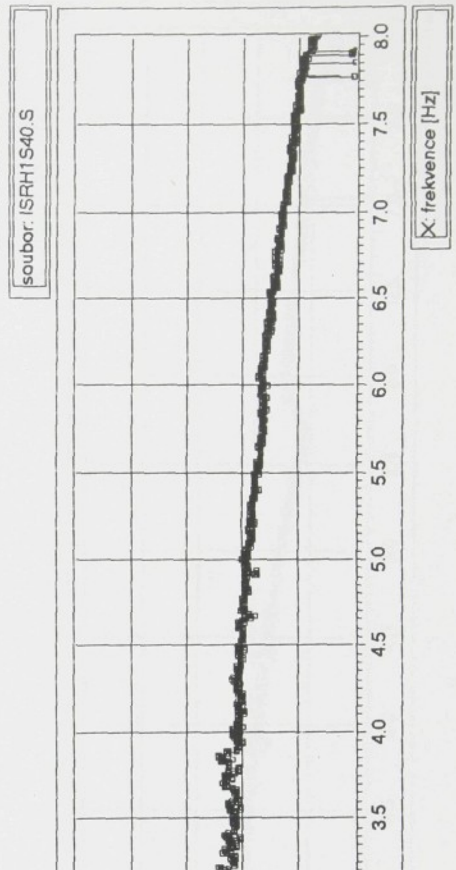

soubor: ISRH1H40.M
Y: buzeni [mm], odezva [mm]
X: cas [s]
40.0
20.0
0.0
-20.0
-40.0
0.0
5.0
10.0
15.0
20.0
25.0
30.0
35.0
40.0
45.0
50.0
55.0
60.0
65.0
70.0
75.0
80.0

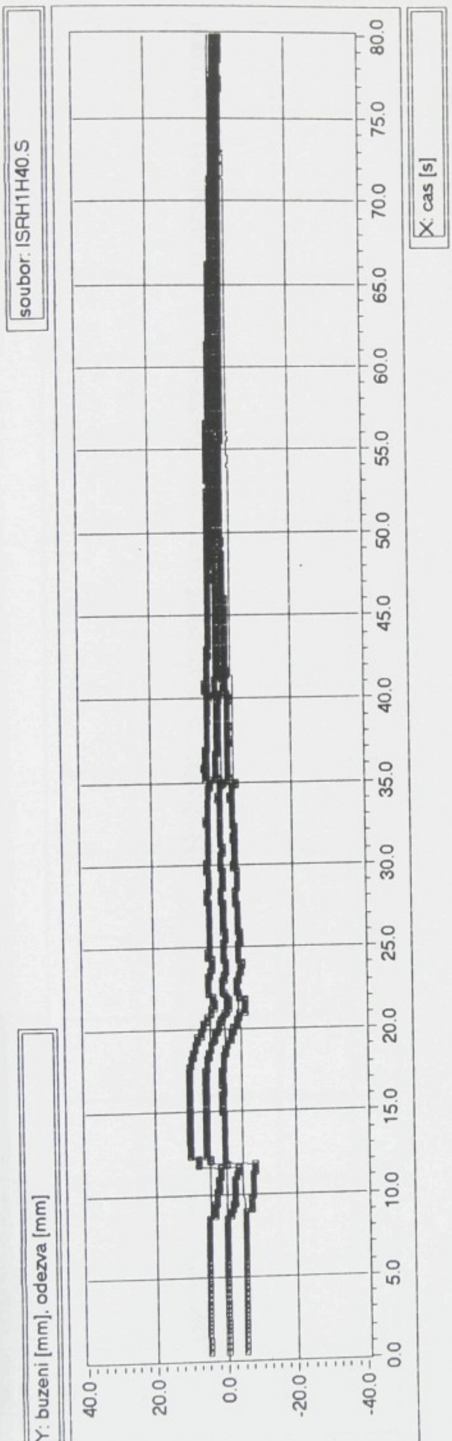

soubor: ISRH1H40.M
Y: prenos [1] Y_1/Z
X: frekvence [Hz]
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0.4
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0
4.5
5.0
5.5
6.0
6.5
7.0
7.5
8.0

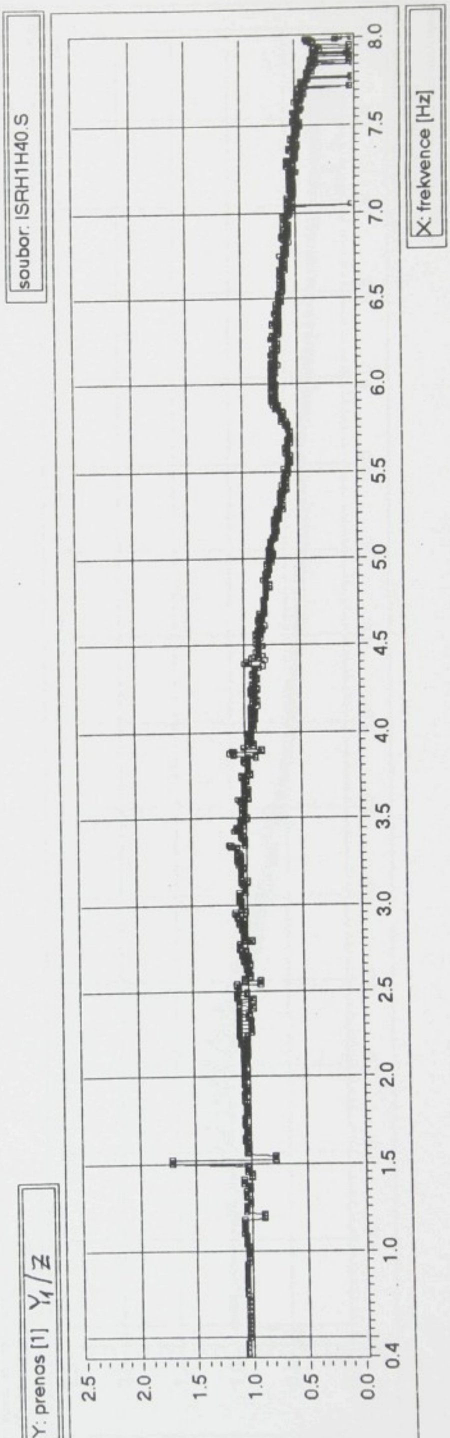

soubor: ISRH1D40.S
Y: buzeni [mm], odezva [mm]
X: cas [s]
40.0
20.0
0.0
-20.0
-40.0
0.0
5.0
10.0
15.0
20.0
25.0
30.0
35.0
40.0
45.0
50.0
55.0
60.0
65.0
70.0
75.0
80.0

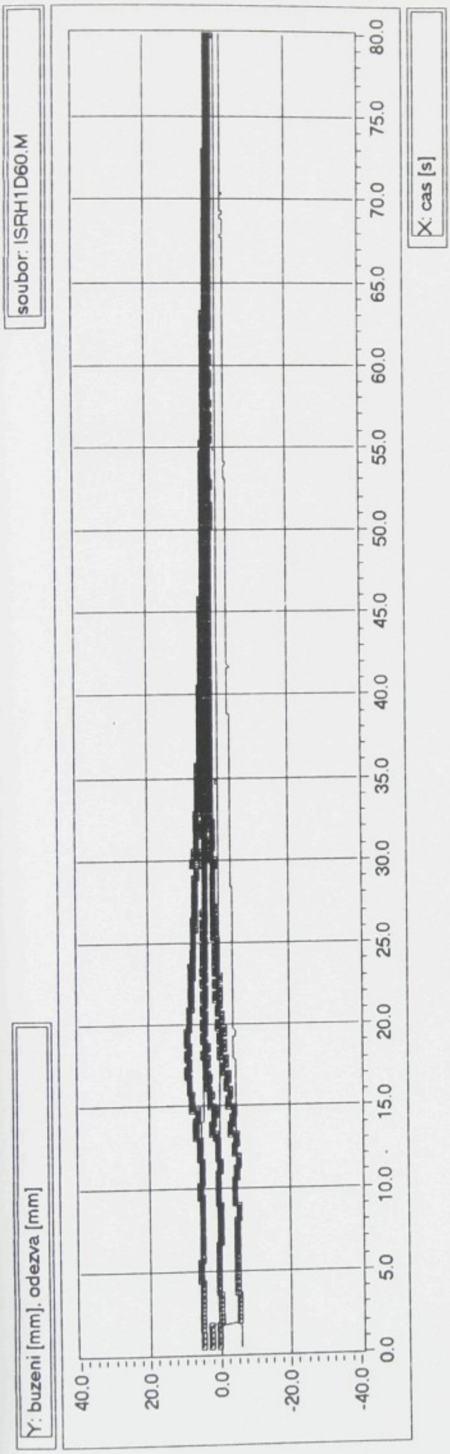

soubor: ISRH1D40.S
Y: prenos [1] Y1/Z
X: frekvence [Hz]
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0.4
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0
4.5
5.0
5.5
6.0
6.5
7.0
7.5
8.0

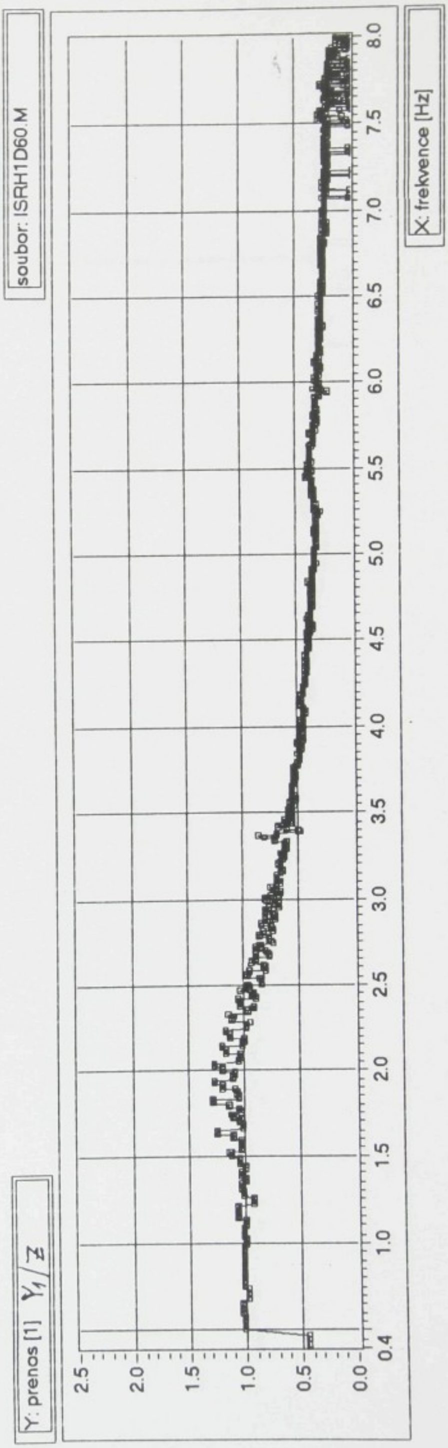

soubor: ISRH1S40.S
Y: buzeni [mm], odezva [mm]
X: cas [s]
40.0
20.0
0.0
-20.0
-40.0
0.0
5.0
10.0
15.0
20.0
25.0
30.0
35.0
40.0
45.0
50.0
55.0
60.0
65.0
70.0
75.0
80.0

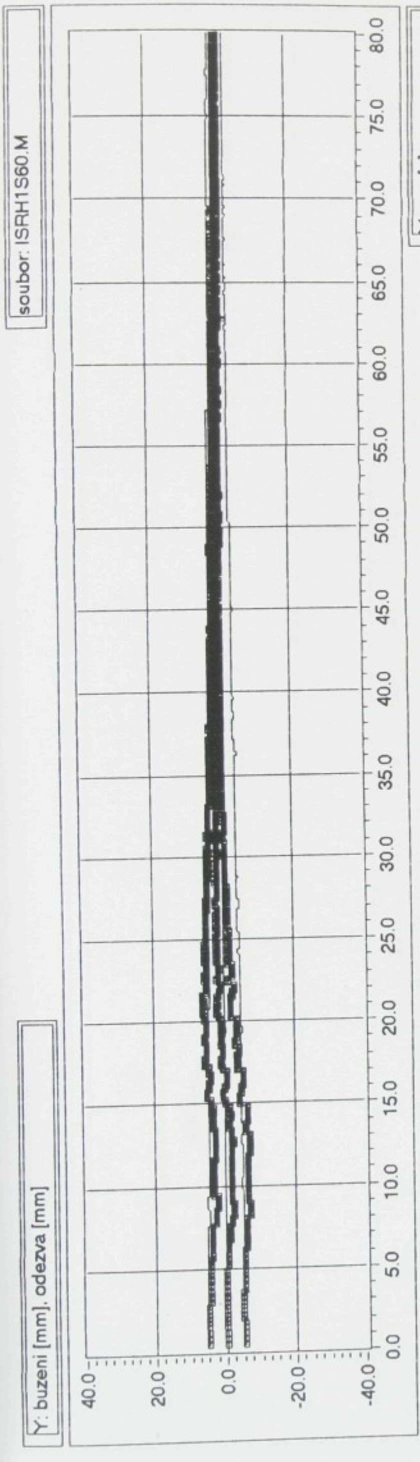

soubor: ISRH1S40.S
Y: prenos [1] Y1/Z
X: frekvence [Hz]
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0.4
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0
4.5
5.0
5.5
6.0
6.5
7.0
7.5
8.0

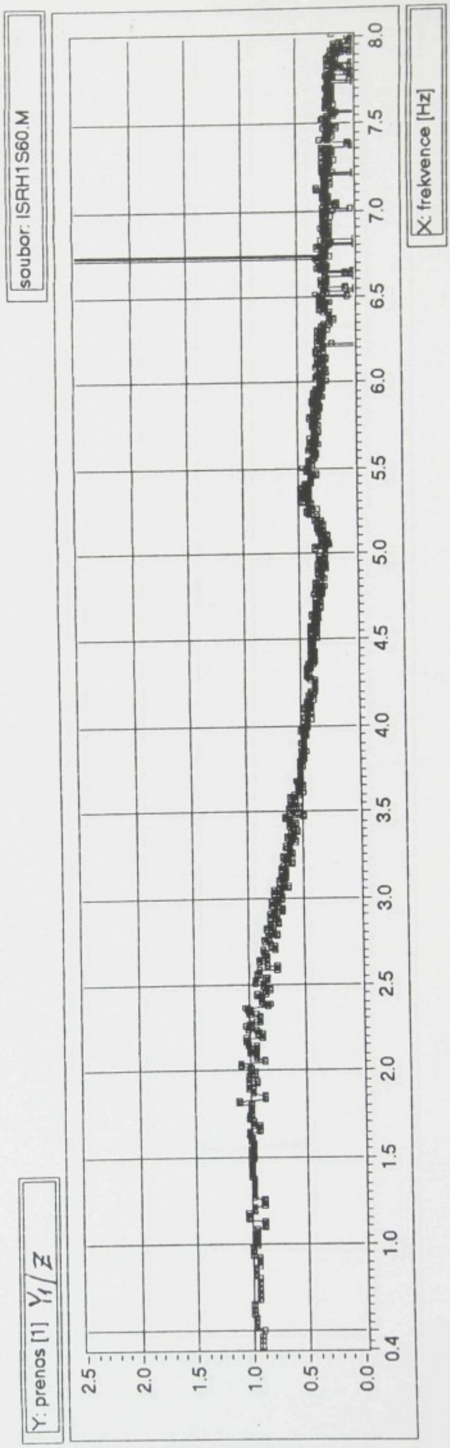

soubor: ISRH1H40.S
Y: buzeni [mm], odezva [mm]
X: cas [s]
40.0
20.0
0.0
-20.0
-40.0
0.0
5.0
10.0
15.0
20.0
25.0
30.0
35.0
40.0
45.0
50.0
55.0
60.0
65.0
70.0
75.0
80.0

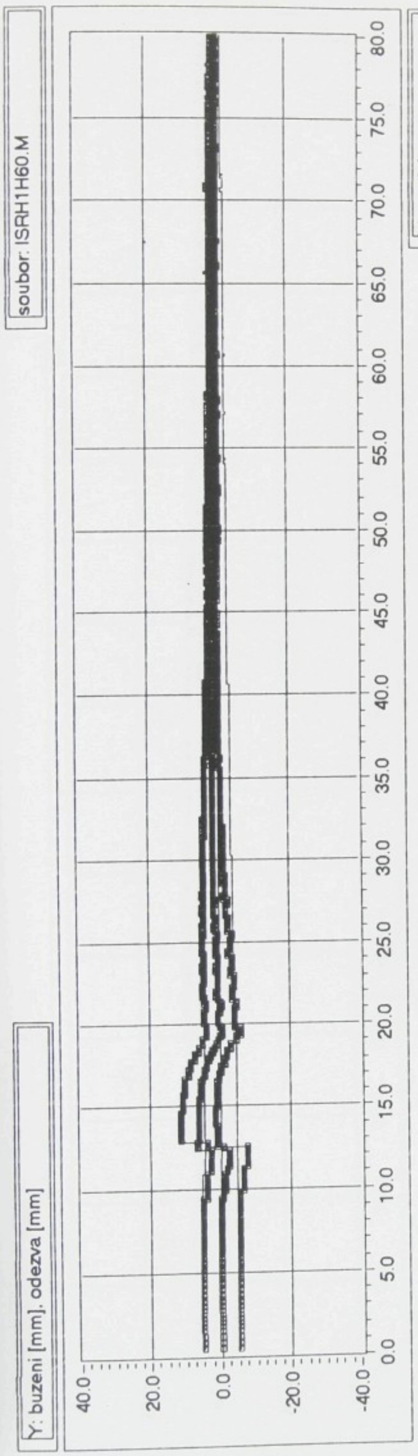

soubor: ISRH1H40.S
Y: prenos [1] Y1/Z
X: frekvence [Hz]
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0.4
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0
4.5
5.0
5.5
6.0
6.5
7.0
7.5
8.0

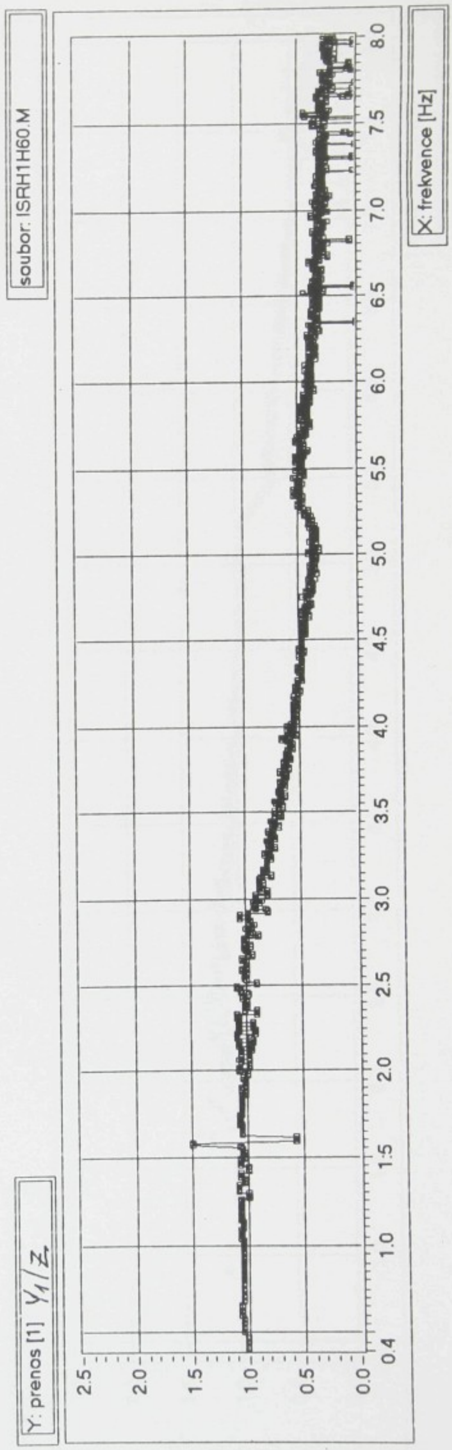

soubor: ISRH1D60.M
Y: buzeni [mm], odezva [mm]
X: cas [s]
40.0
20.0
0.0
-20.0
-40.0
0.0
5.0
10.0
15.0
20.0
25.0
30.0
35.0
40.0
45.0
50.0
55.0
60.0
65.0
70.0
75.0
80.0


soubor: ISRH1D60.M
Y: prenos [1] Y1/Z
X: frekvence [Hz]
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0.4
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0
4.5
5.0
5.5
6.0
6.5
7.0
7.5
8.0

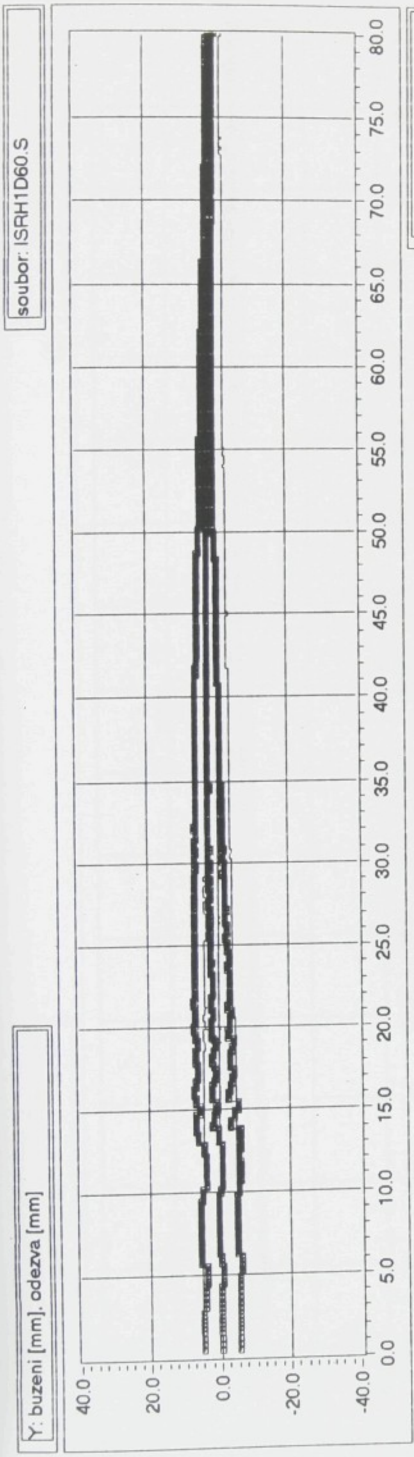

soubor: ISRH1S60.M
Y: buzeni [mm], odezva [mm]
X: cas [s]
40.0
20.0
0.0
-20.0
-40.0
0.0
5.0
10.0
15.0
20.0
25.0
30.0
35.0
40.0
45.0
50.0
55.0
60.0
65.0
70.0
75.0
80.0

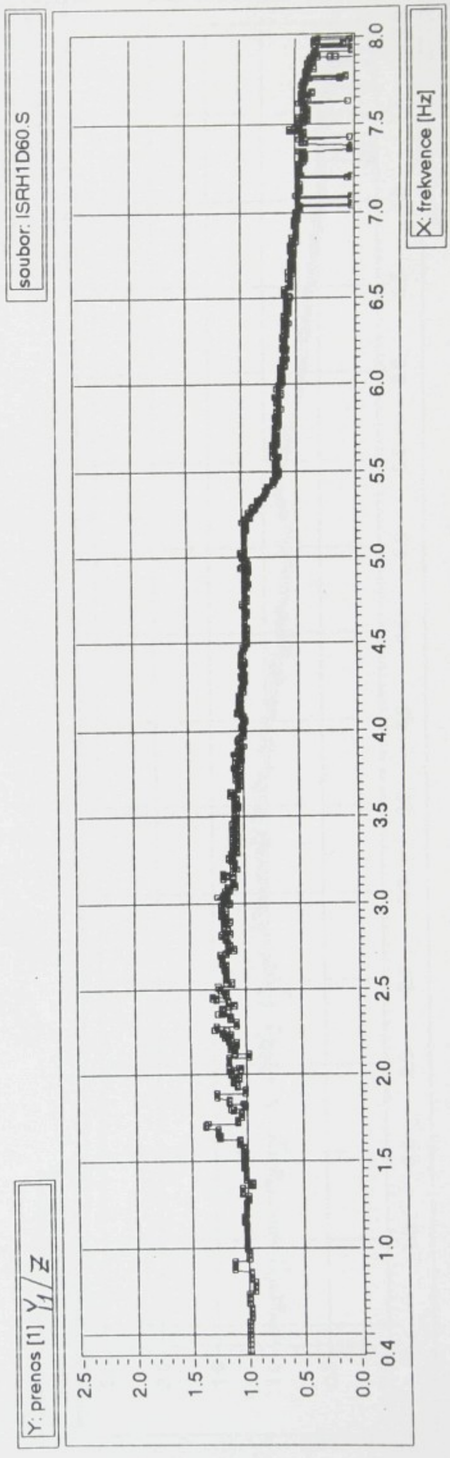

soubor: ISRH1S60.M
Y: prenos [1] Y1/Z
X: frekvence [Hz]
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0.4
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0
4.5
5.0
5.5
6.0
6.5
7.0
7.5
8.0

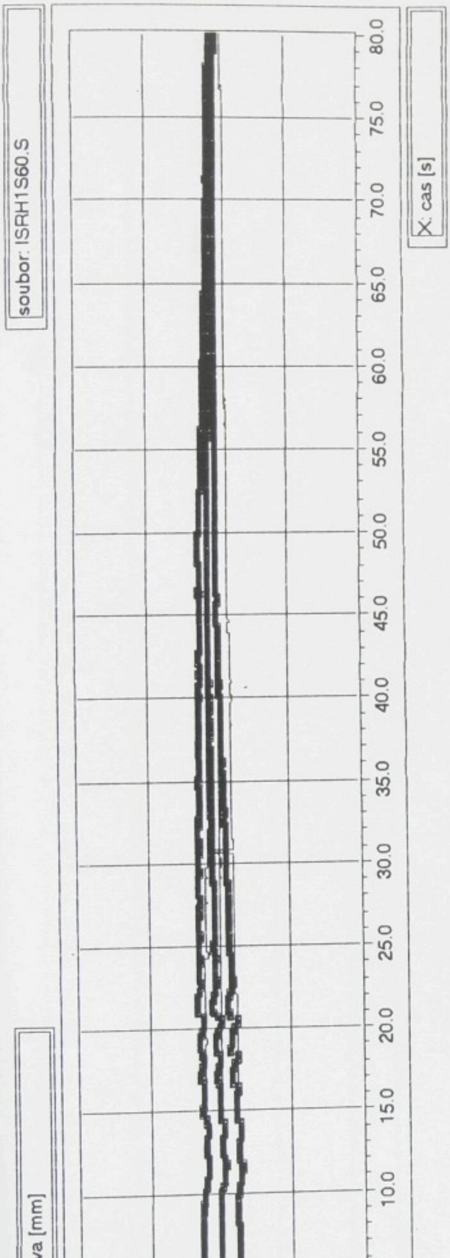

soubor: ISRH1H60.M
Y: buzeni [mm], odezva [mm]
X: cas [s]
40.0
20.0
0.0
-20.0
-40.0
0.0
5.0
10.0
15.0
20.0
25.0
30.0
35.0
40.0
45.0
50.0
55.0
60.0
65.0
70.0
75.0
80.0

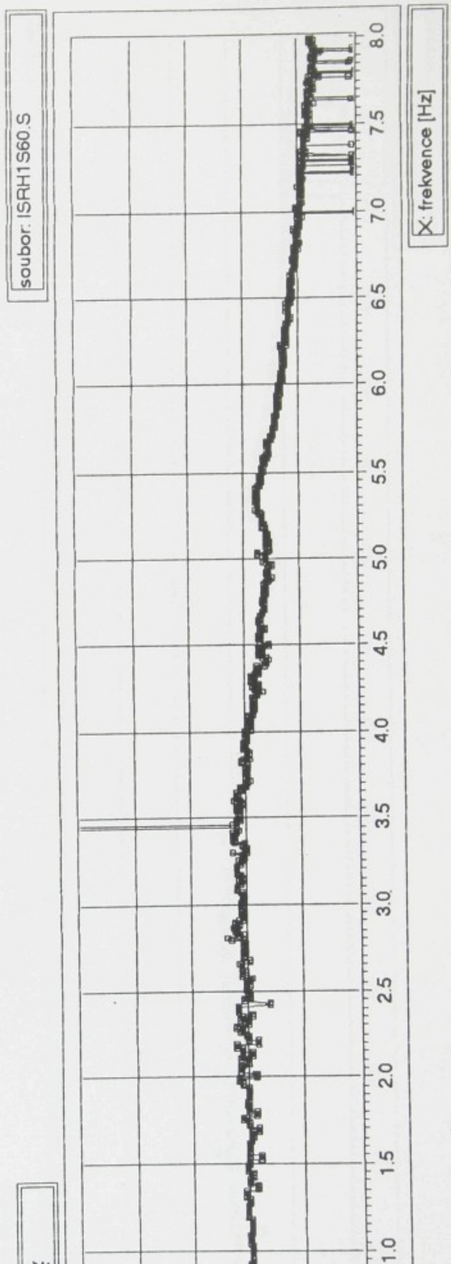

soubor: ISRH1H60.M
Y: prenos [1] Y_1/Z
X: frekvence [Hz]
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0.4
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0
4.5
5.0
5.5
6.0
6.5
7.0
7.5
8.0

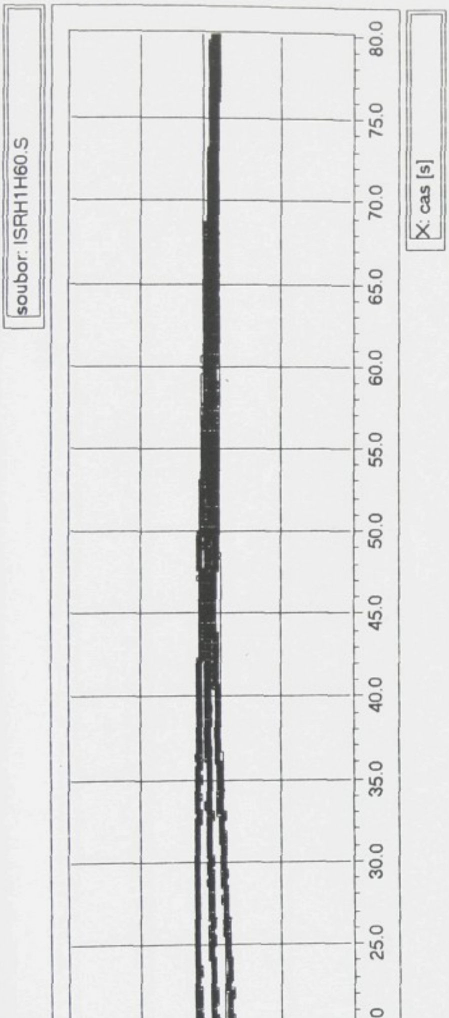
Příloha 42 a

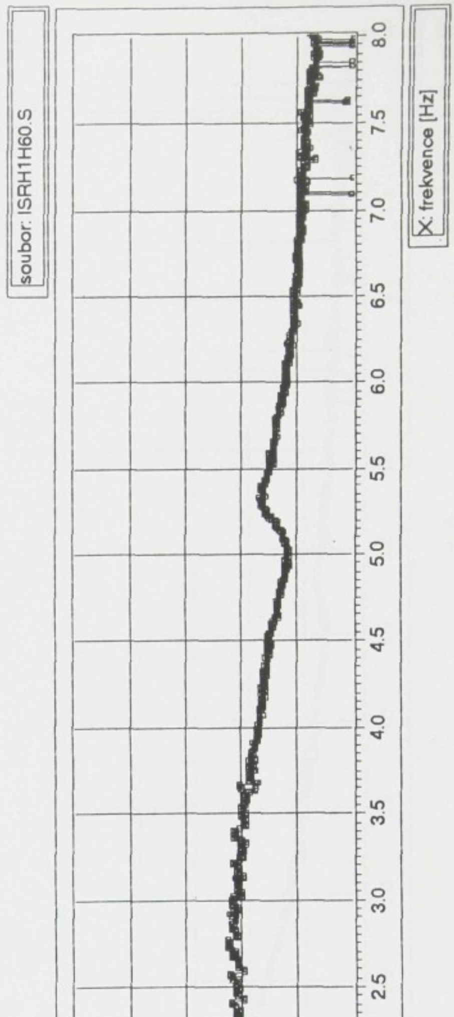

soubor: ISRH1D60.S
Y: buzeni [mm], odezva [mm]
X: cas [s]

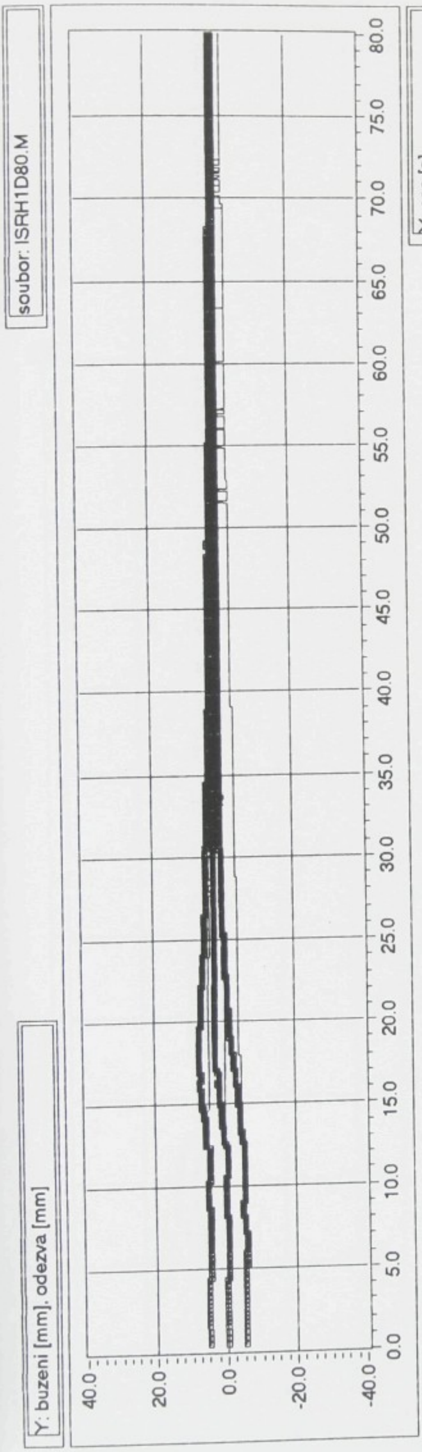

soubor: ISRH1D60.S
Y: prenos [1] Y1/Z
X: frekvence [Hz]

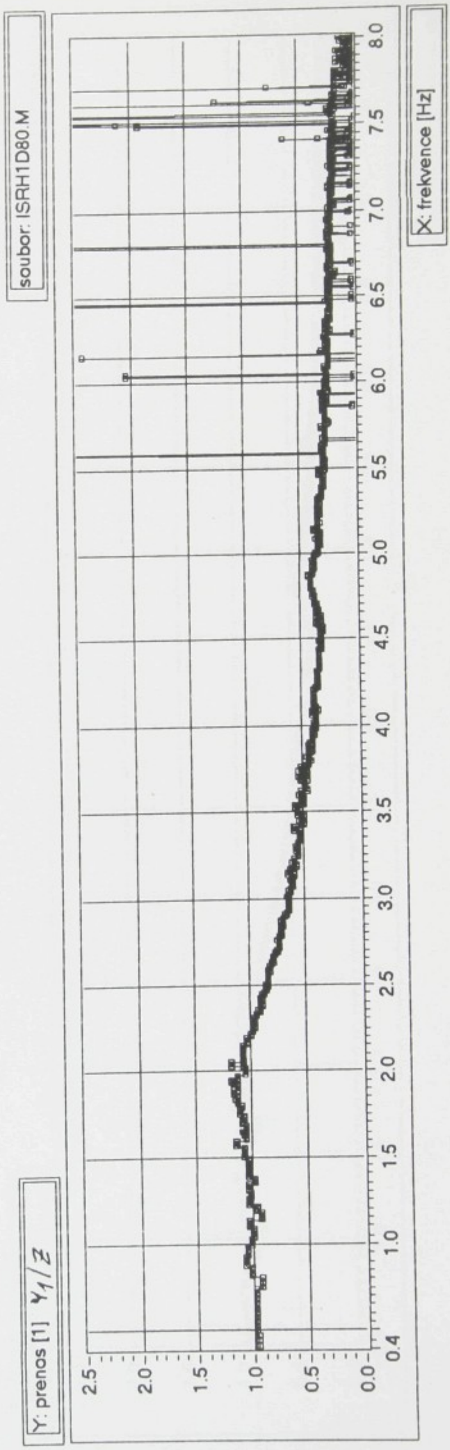

soubor: ISRH1S60.S
Y: buzeni [mm], odezva [mm]
X: cas [s]
40.0
20.0
0.0
-20.0
-40.0
0.0
5.0
10.0
15.0
20.0
25.0
30.0
35.0
40.0
45.0
50.0
55.0
60.0
65.0
70.0
75.0
80.0

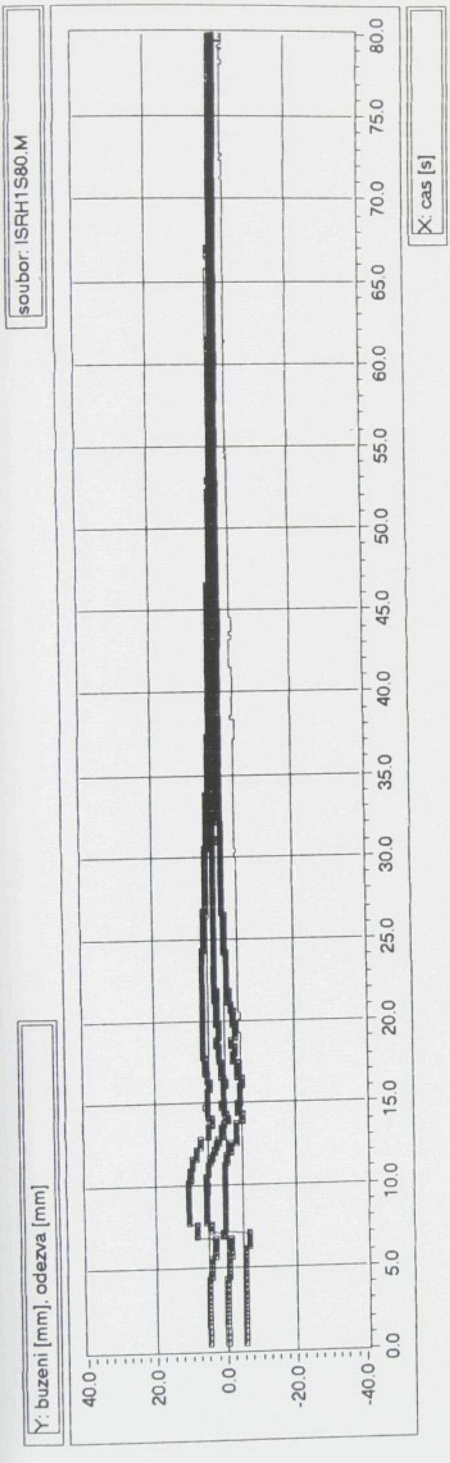

soubor: ISRH1S60.S
Y: prenos [1] Y1/Z
X: frekvence [Hz]
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0.4
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0
4.5
5.0
5.5
6.0
6.5
7.0
7.5
8.0

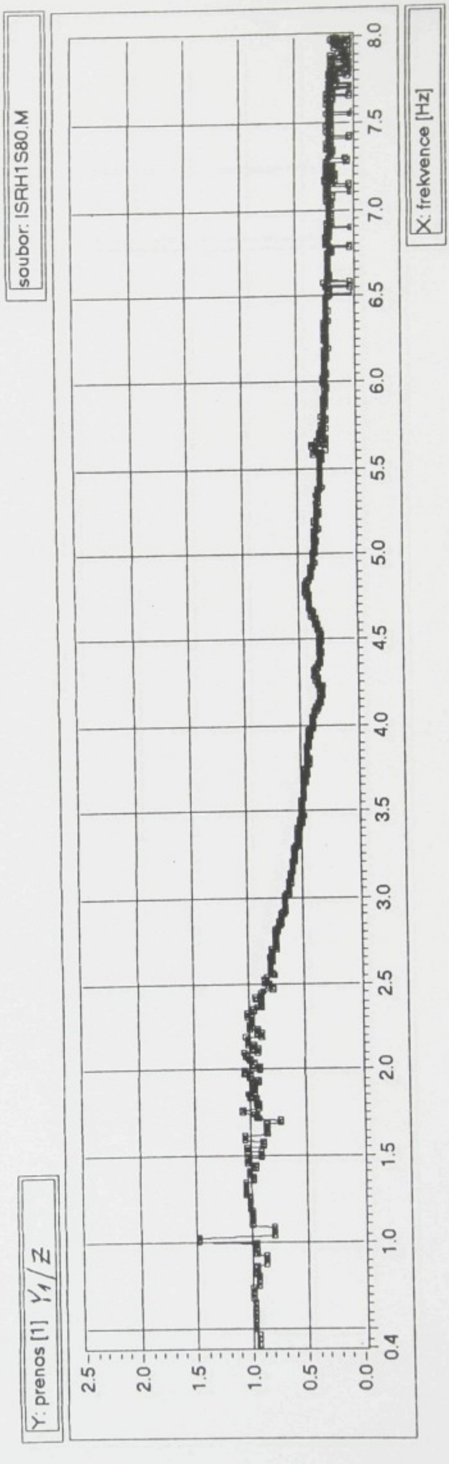

soubor: ISRH1H60.S
Y: buzeni [mm]. odezva [mm]
X: cas [s]
40.0
20.0
0.0
-20.0
-40.0
0.0
5.0
10.0
15.0
20.0
25.0
30.0
35.0
40.0
45.0
50.0
55.0
60.0
65.0
70.0
75.0
80.0

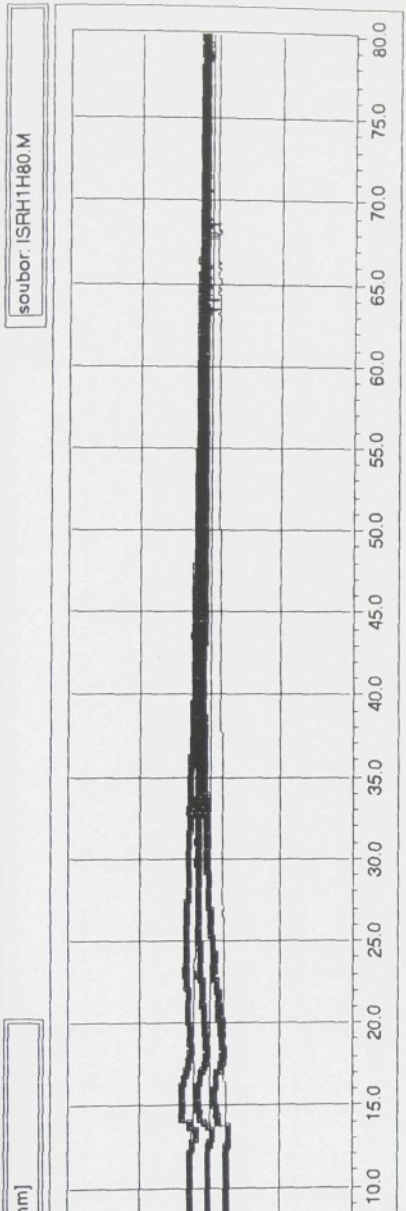

soubor: ISRH1H60.S
Y: prenos [1] Y1 / Z
X: frekvence [Hz]
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0.4
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0
4.5
5.0
5.5
6.0
6.5
7.0
7.5
8.0

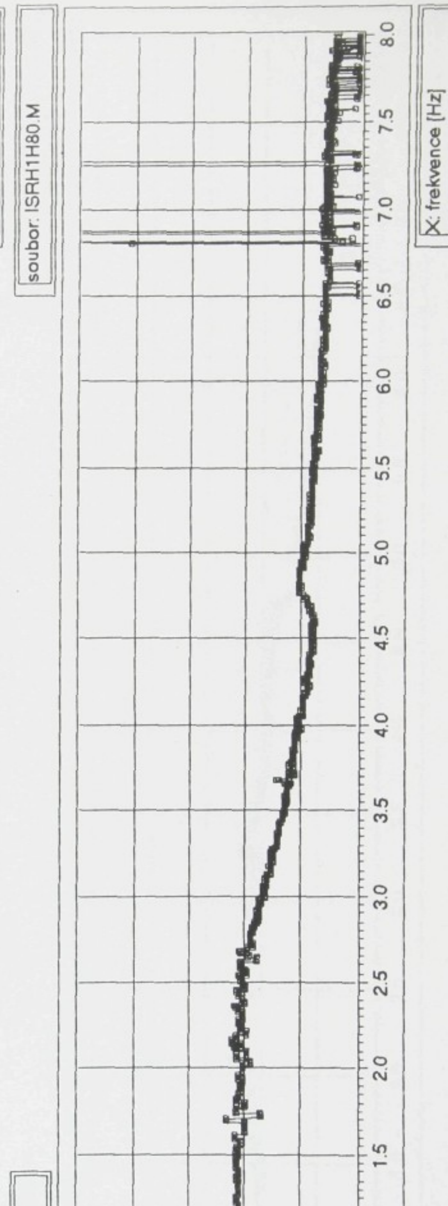

soubor: ISRH1D80.M
Y: buzeni [mm], odezva [mm]
X: cas [s]

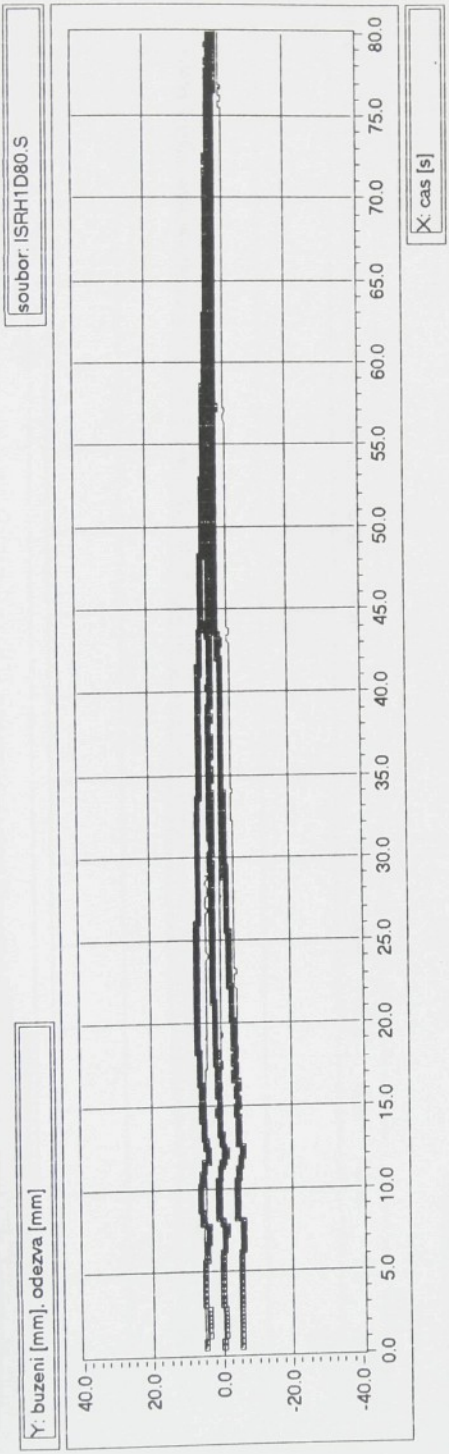

soubor: ISRH1D80.M
Y: prenos [1] Y1/Z
X: frekvence [Hz]

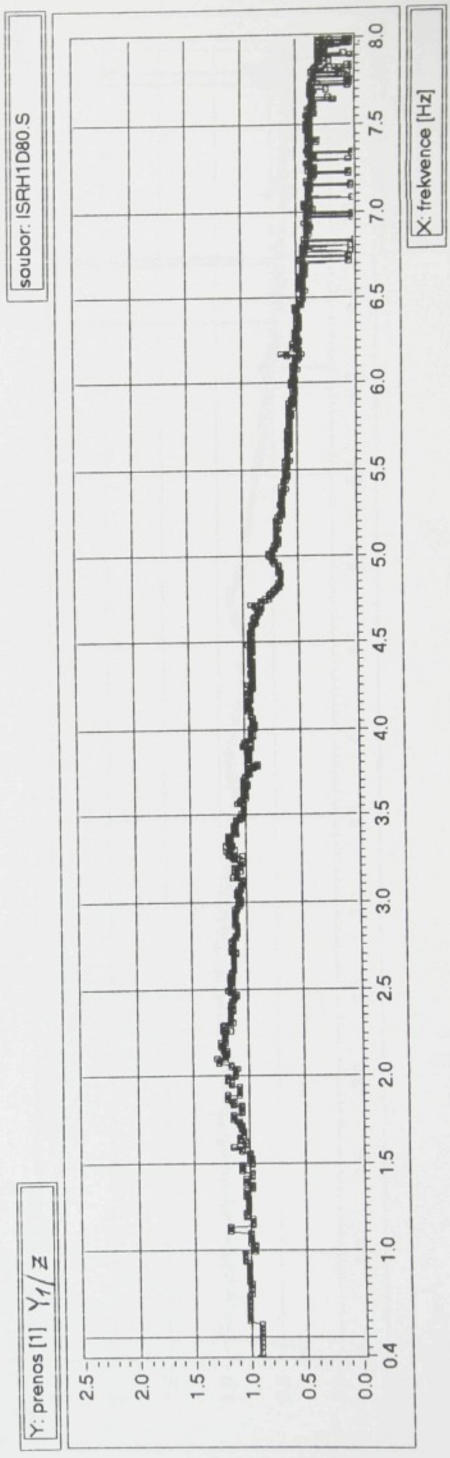

soubor: ISRH1S80.M
Y: buzeni [mm], odezva [mm]
X: cas [s]

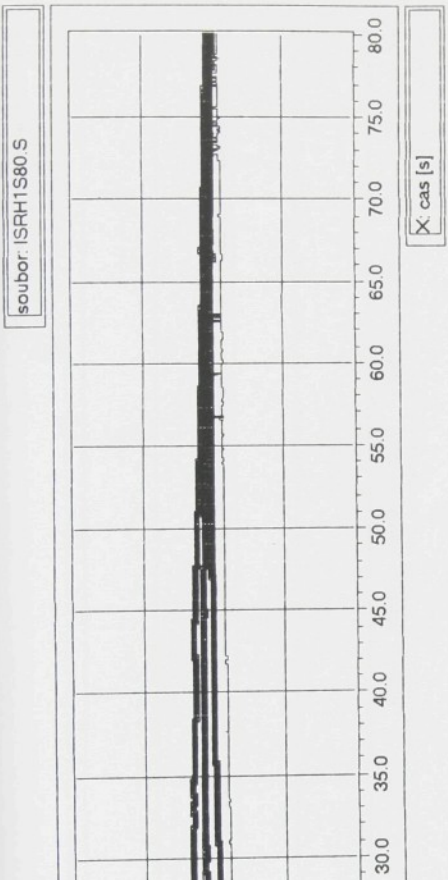

soubor: ISRH1S80.M
Y: prenos [1] Y1/Z
X: frekvence [Hz]

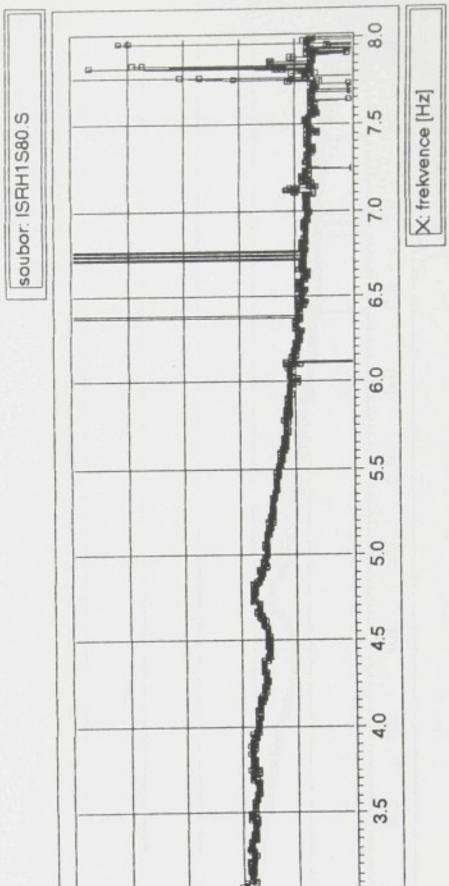

soubor: ISRH1H80.M
Y: buzeni [mm], odezva [mm]
X: cas [s]
40.0
20.0
0.0
-20.0
-40.0
0.0
5.0
10.0
15.0
20.0
25.0
30.0
35.0
40.0
45.0
50.0
55.0
60.0
65.0
70.0
75.0
80.0

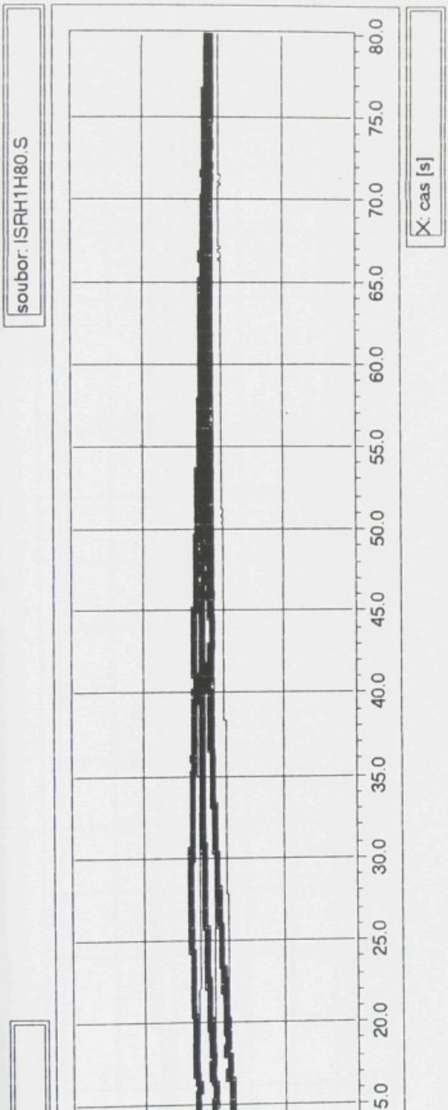

soubor: ISRH1H80.M
Y: prenos [1] Y_1/Z
X: frekvence [Hz]
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0.4
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0
4.5
5.0
5.5
6.0
6.5
7.0
7.5
8.0

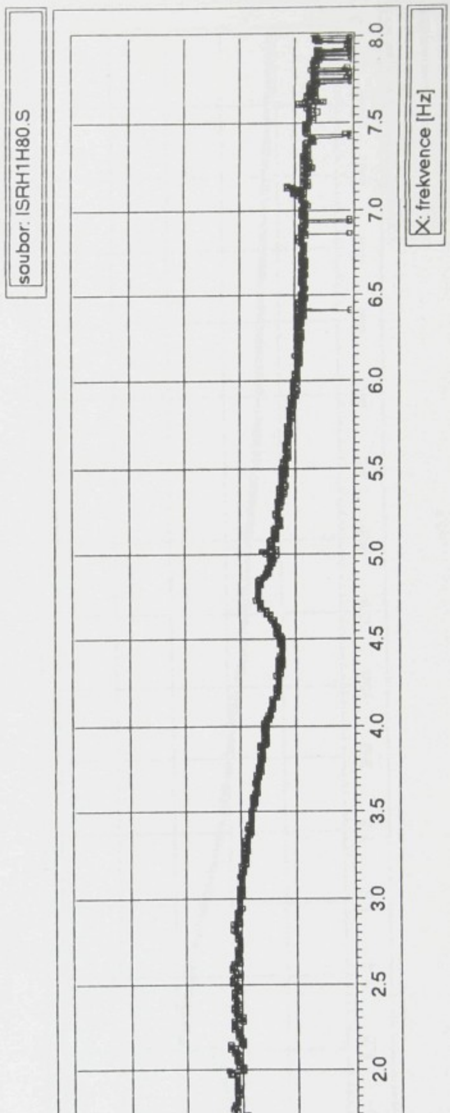

soubor: ISRH1D80.S
Y: buzeni [mm]. odezva [mm]
X: cas [s]
40.0
20.0
0.0
-20.0
-40.0
0.0
5.0
10.0
15.0
20.0
25.0
30.0
35.0
40.0
45.0
50.0
55.0
60.0
65.0
70.0
75.0
80.0

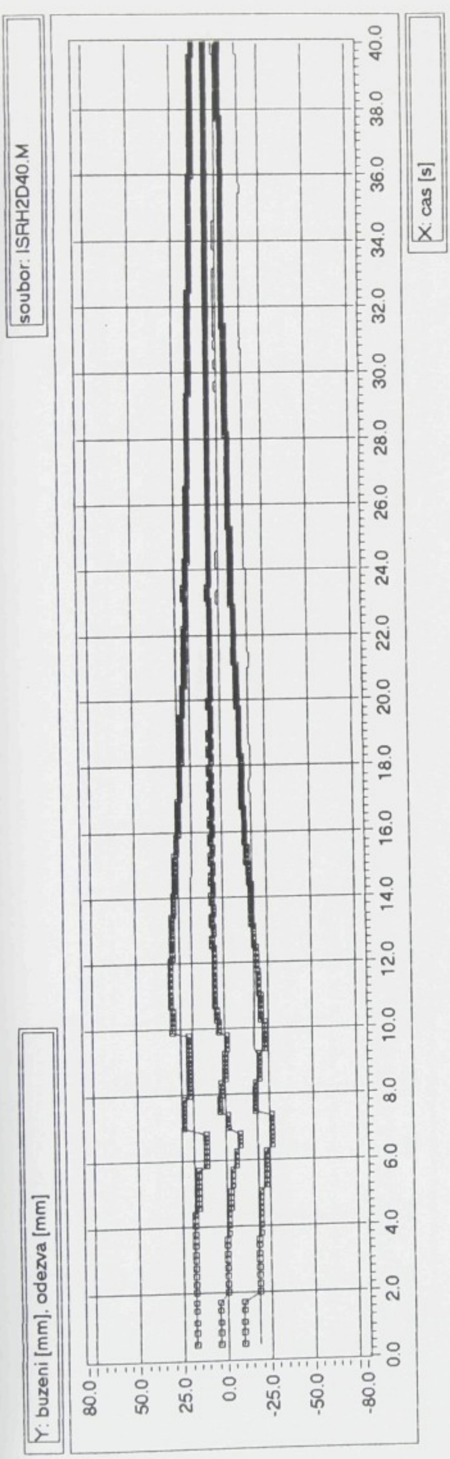

soubor: ISRH1D80.S
Y: prenos [1] Y_1/z
X: frekvence [Hz]
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0.4
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0
4.5
5.0
5.5
6.0
6.5
7.0
7.5
8.0

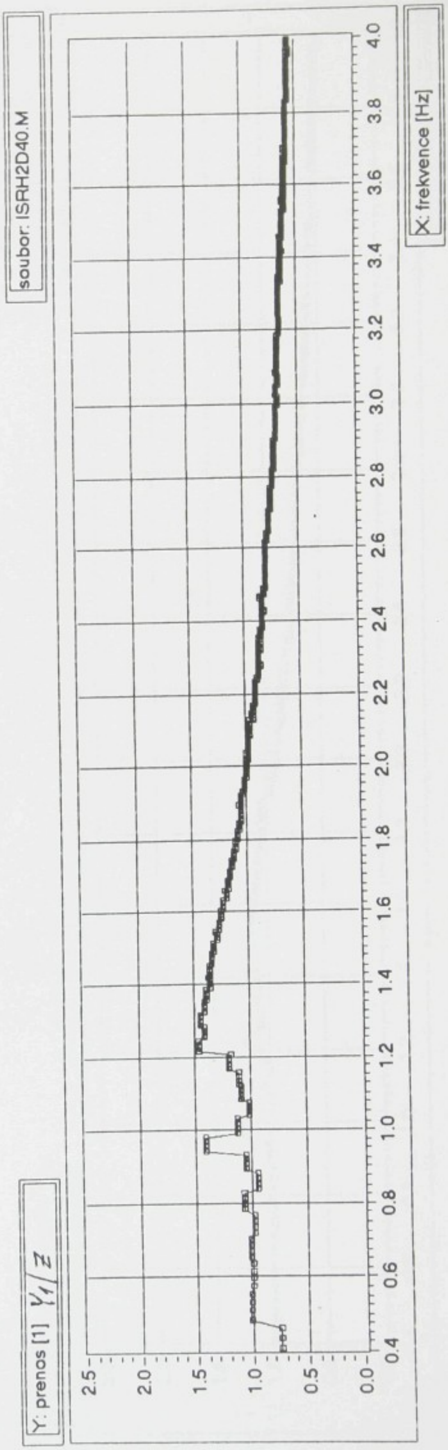

soubor: ISRH1S80.S
Y: buzeni [mm], odezva [mm]
X: cas [s]

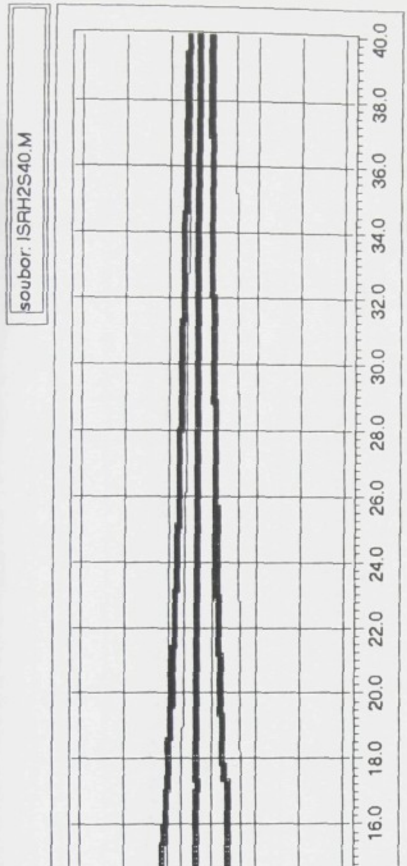

soubor: ISRH1S80.S
Y: prenos [1] Y1/Z
X: frekvence [Hz]


soubor: ISRH1H80.S
Y: buzeni [mm], odezva [mm]
X: cas [s]
40.0
20.0
0.0
-20.0
-40.0
0.0
5.0
10.0
15.0
20.0
25.0
30.0
35.0
40.0
45.0
50.0
55.0
60.0
65.0
70.0
75.0
80.0

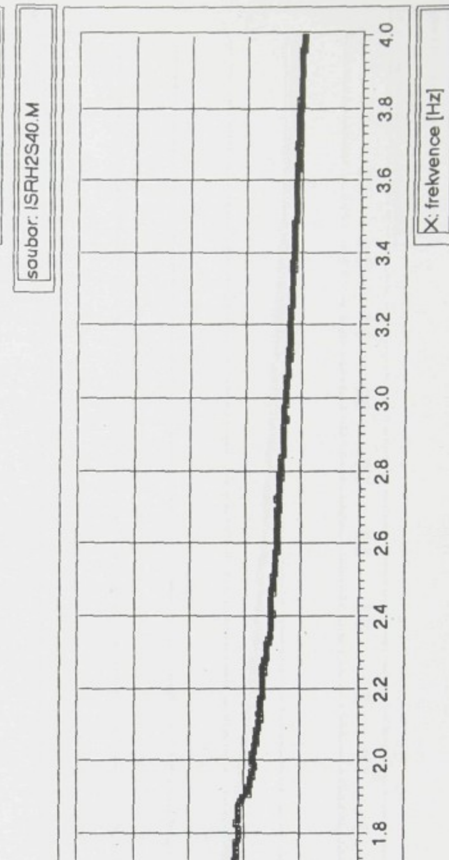

soubor: ISRH1H80.S
Y: prenos [1] Y1/Z
X: frekvence [Hz]
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0.4
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0
4.5
5.0
5.5
6.0
6.5
7.0
7.5
8.0


soubor: ISRH2D40.M
Y: buzeni [mm], odezva [mm]
X: cas [s]
80.0
50.0
25.0
0.0
-25.0
-50.0
-80.0
0.0
2.0
4.0
6.0
8.0
10.0
12.0
14.0
16.0
18.0
20.0
22.0
24.0
26.0
28.0
30.0
32.0
34.0
36.0
38.0
40.0


soubor: ISRH2D40.M
Y: prenos [1] Y1/Z
X: frekvence [Hz]
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0.4
0.6
0.8
1.0
1.2
1.4
1.6
1.8
2.0
2.2
2.4
2.6
2.8
3.0
3.2
3.4
3.6
3.8
4.0



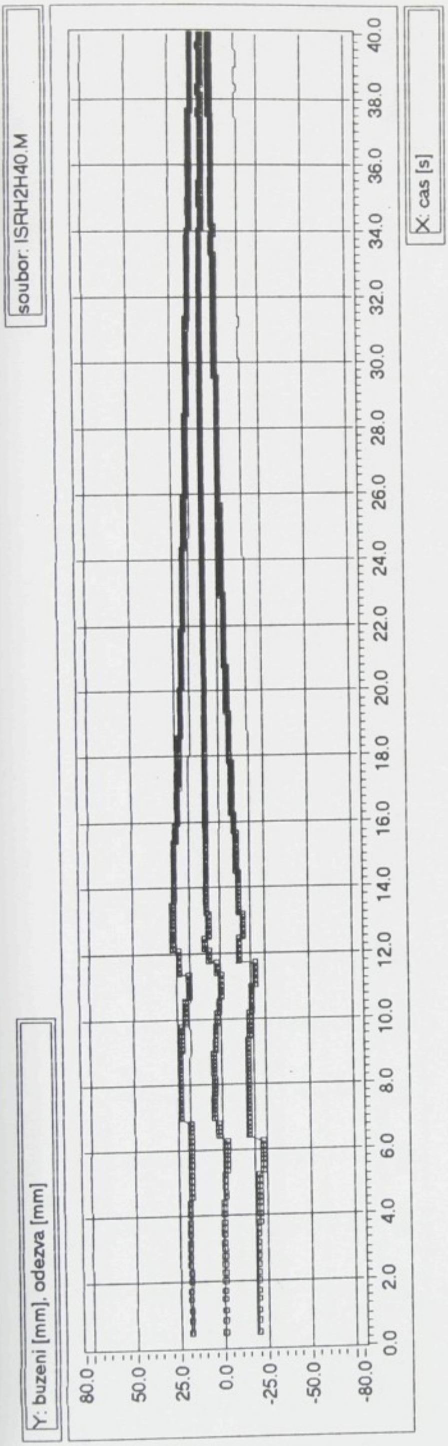
Y: buzeni [mm], odezva [mm]
soubor: ISRH2S40.M
X: cas [s]
80.0
50.0
25.0
0.0
-25.0
-50.0
-80.0
0.0
2.0
4.0
6.0
8.0
10.0
12.0
14.0
16.0
18.0
20.0
22.0
24.0
26.0
28.0
30.0
32.0
34.0
36.0
38.0
40.0

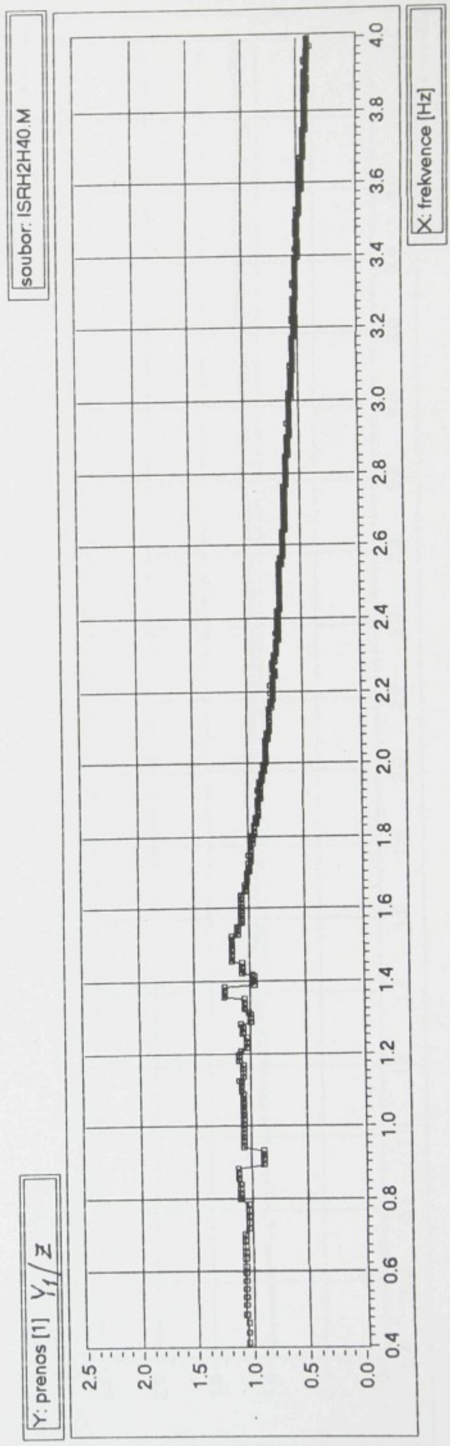


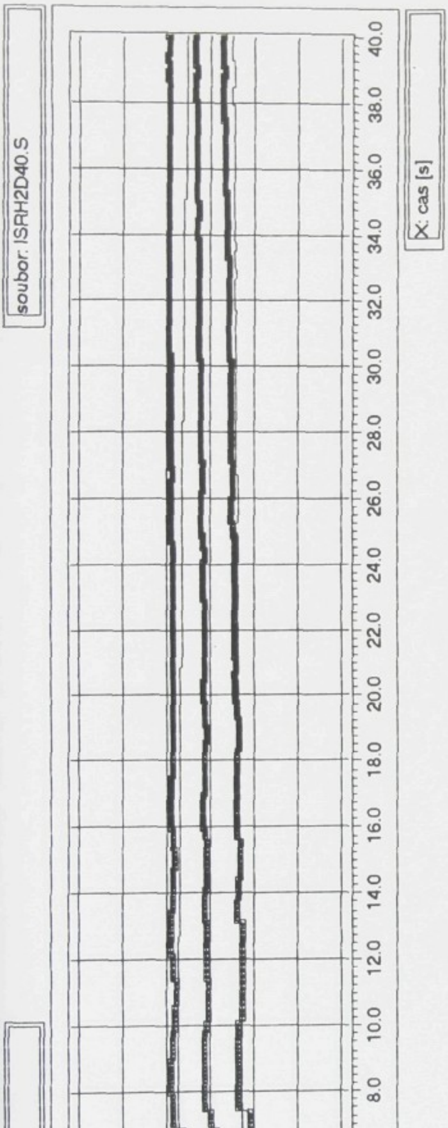
Y: prenos [1] Y_1/Z
soubor: ISRH2S40.M
X: frekvence [Hz]
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0.4
0.6
0.8
1.0
1.2
1.4
1.6
1.8
2.0
2.2
2.4
2.6
2.8
3.0
3.2
3.4
3.6
3.8
4.0

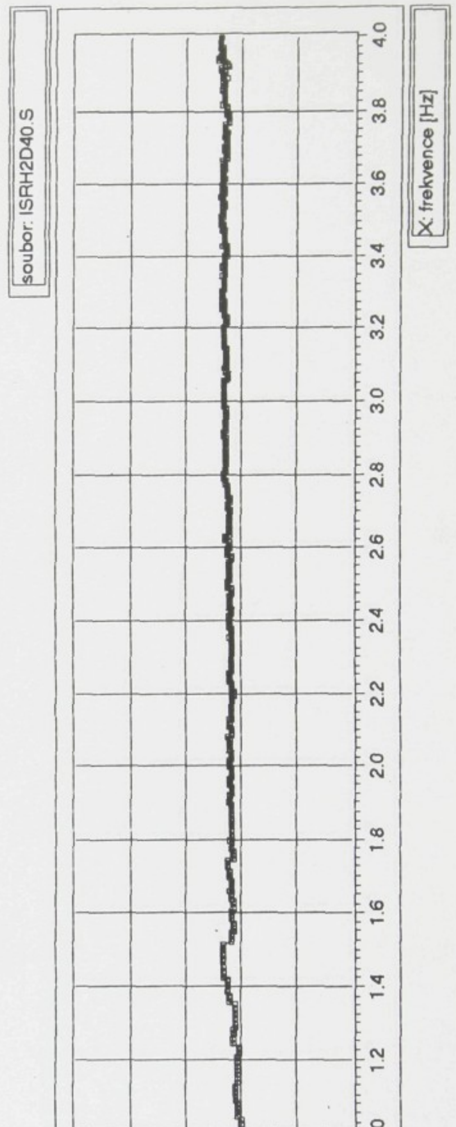
4

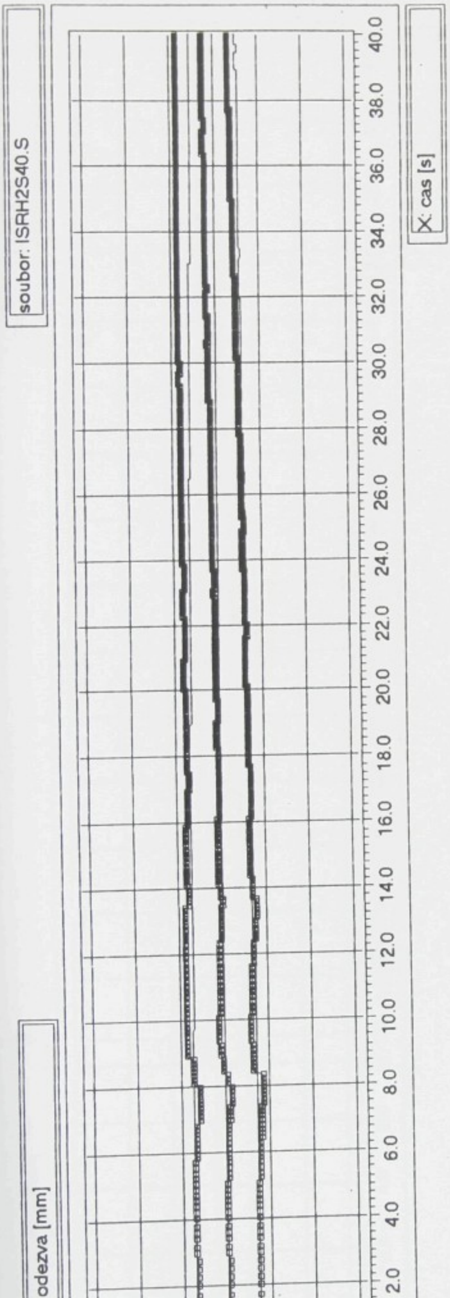
Příloha 45 c

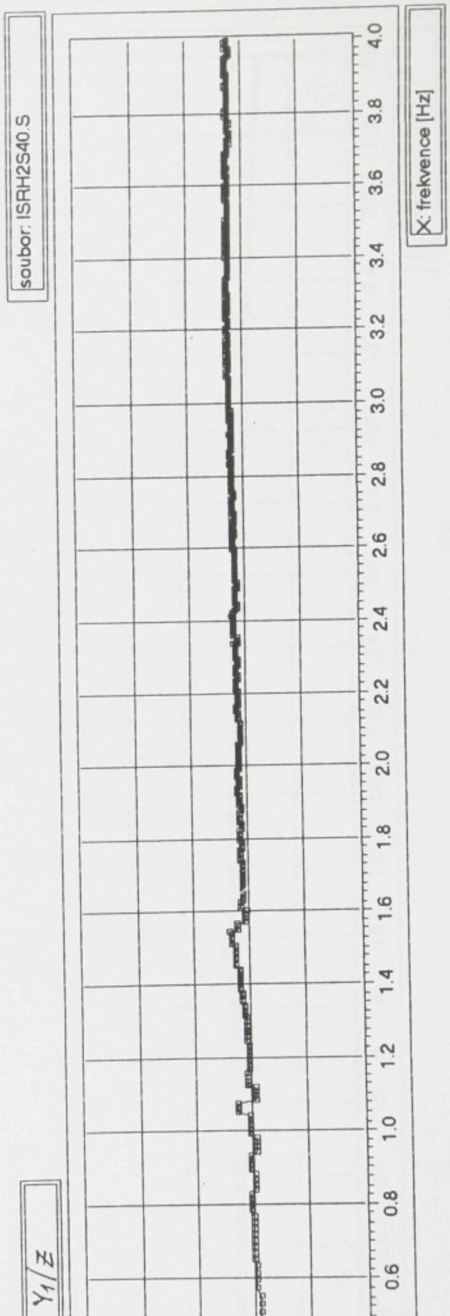


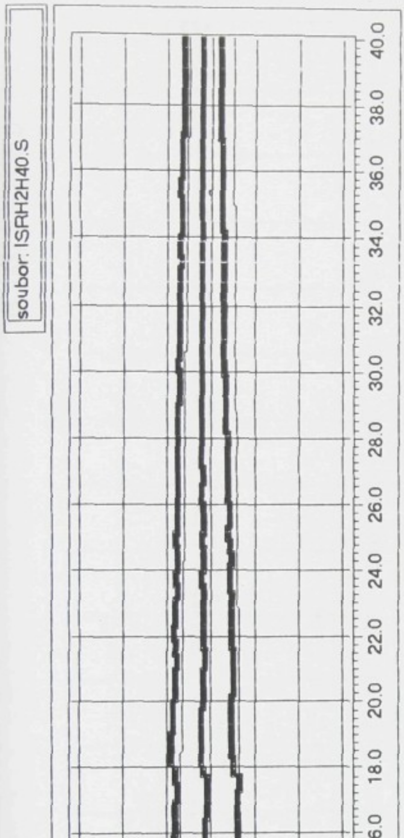


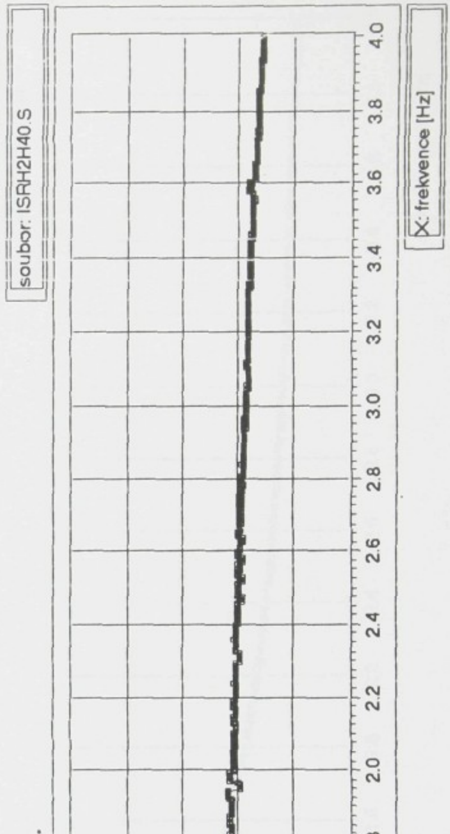

soubor: ISRH2D40.S
Y: buzeni [mm], odezva [mm]
X: cas [s]
80.0
50.0
25.0
0.0
-25.0
-50.0
-80.0
0.0
2.0
4.0
6.0
8.0
10.0
12.0
14.0
16.0
18.0
20.0
22.0
24.0
26.0
28.0
30.0
32.0
34.0
36.0
38.0
40.0

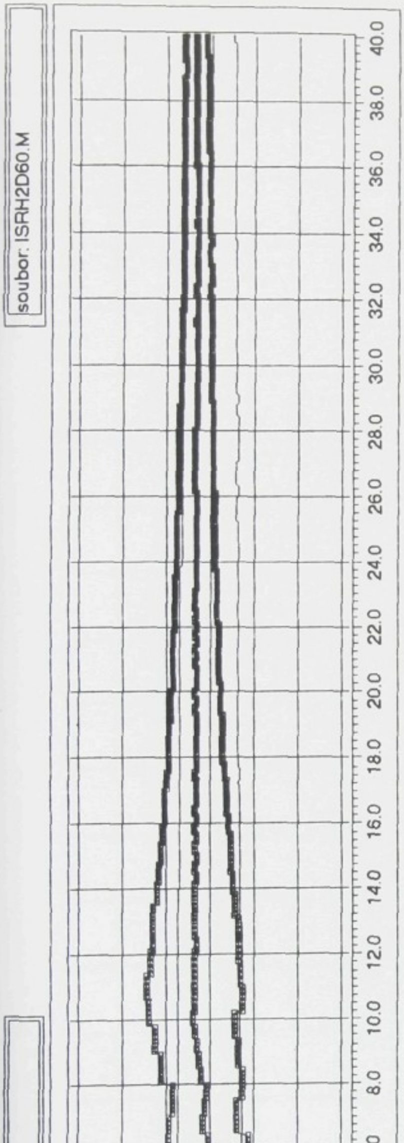

soubor: ISRH2D40.S
Y: prenos [1] Y1/Z
X: frekvence [Hz]
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0.4
0.6
0.8
1.0
1.2
1.4
1.6
1.8
2.0
2.2
2.4
2.6
2.8
3.0
3.2
3.4
3.6
3.8
4.0

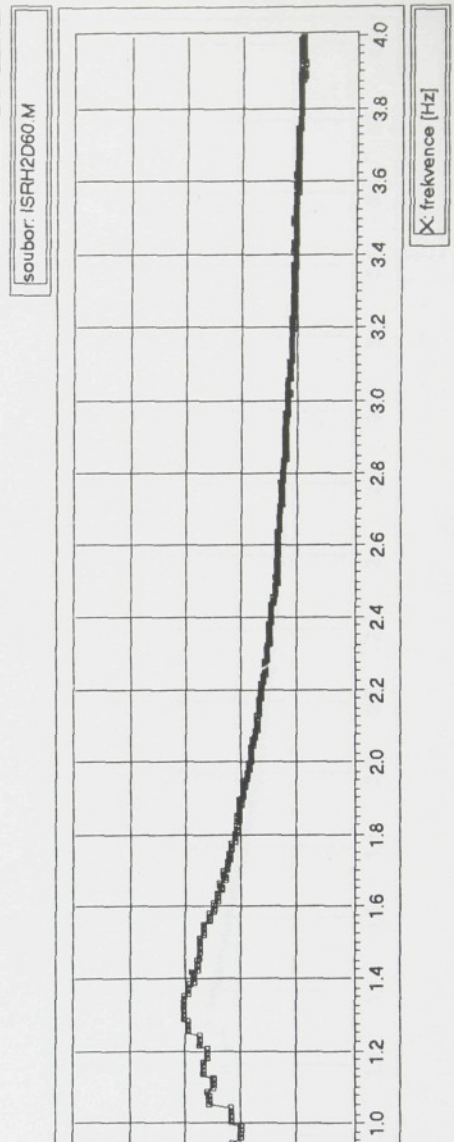

soubor: ISRH2S40.S
Y: buzeni [mm], odezva [mm]
X: cas [s]
80.0
50.0
25.0
0.0
-25.0
-50.0
-80.0
0.0
2.0
4.0
6.0
8.0
10.0
12.0
14.0
16.0
18.0
20.0
22.0
24.0
26.0
28.0
30.0
32.0
34.0
36.0
38.0
40.0

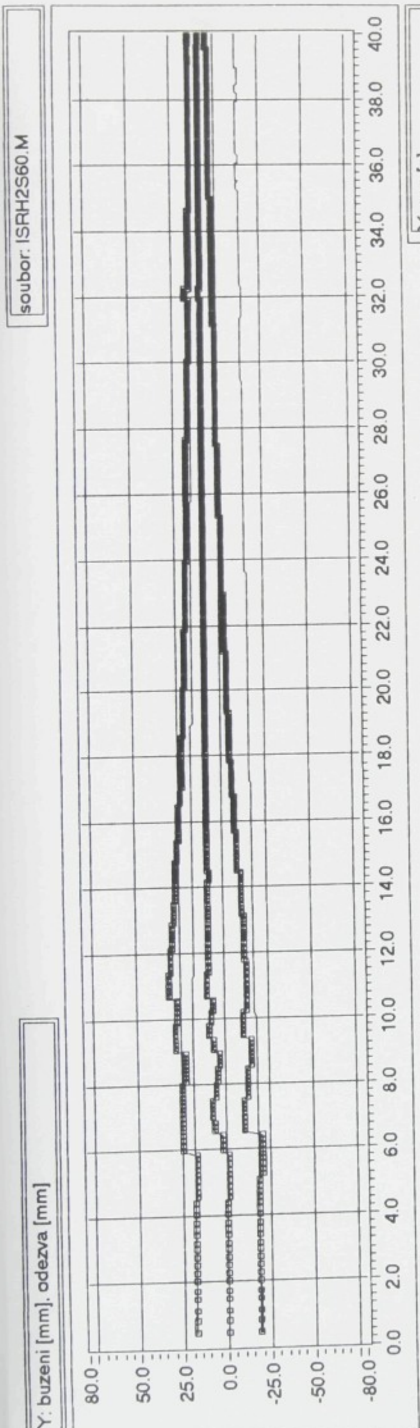

soubor: ISRH2S40.S
Y: prenos [1] Y_1/Z
X: frekvence [Hz]
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0.4
0.6
0.8
1.0
1.2
1.4
1.6
1.8
2.0
2.2
2.4
2.6
2.8
3.0
3.2
3.4
3.6
3.8
4.0

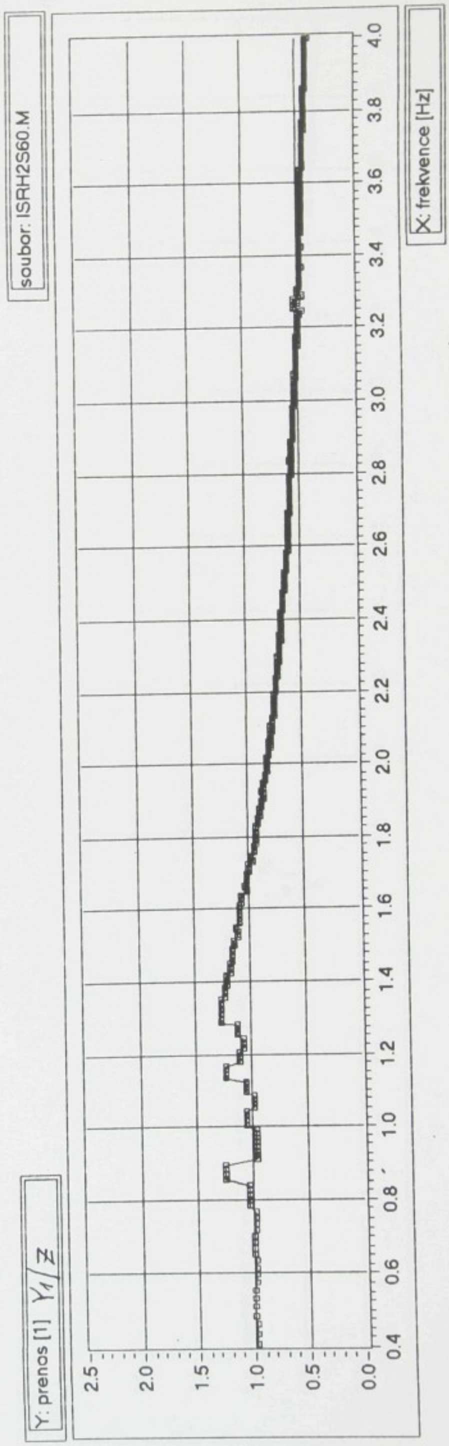

soubor: ISRH2H40.S
Y: buzeni [mm], odezva [mm]
X: cas [s]

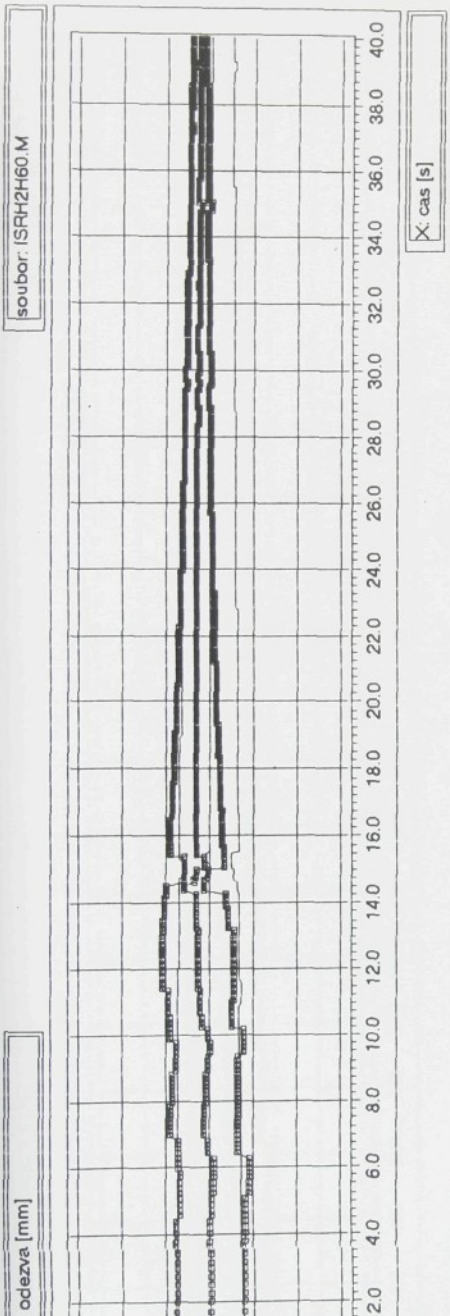

soubor: ISRH2H40.S
Y: prenos [1] Y1/Z
X: frekvence [Hz]

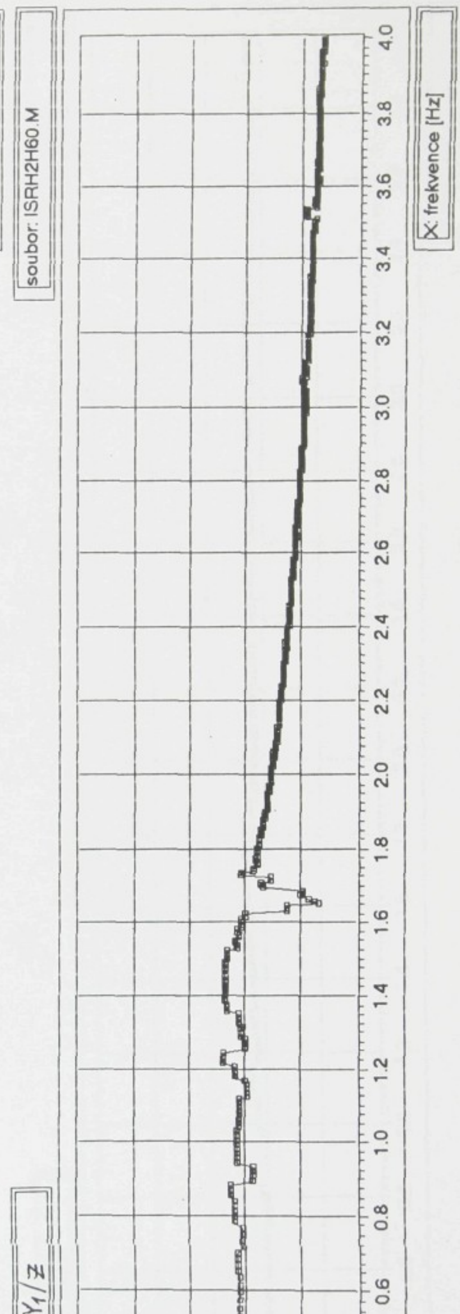

soubor: ISRH2D60.M
Y: buzeni [mm], odezva [mm]
X: cas [s]
80.0
50.0
25.0
0.0
-25.0
-50.0
-80.0
0.0
2.0
4.0
6.0
8.0
10.0
12.0
14.0
16.0
18.0
20.0
22.0
24.0
26.0
28.0
30.0
32.0
34.0
36.0
38.0
40.0


soubor: ISRH2D60.M
Y: prenos [1] Y_1/Z
X: frekvence [Hz]
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0.4
0.6
0.8
1.0
1.2
1.4
1.6
1.8
2.0
2.2
2.4
2.6
2.8
3.0
3.2
3.4
3.6
3.8
4.0

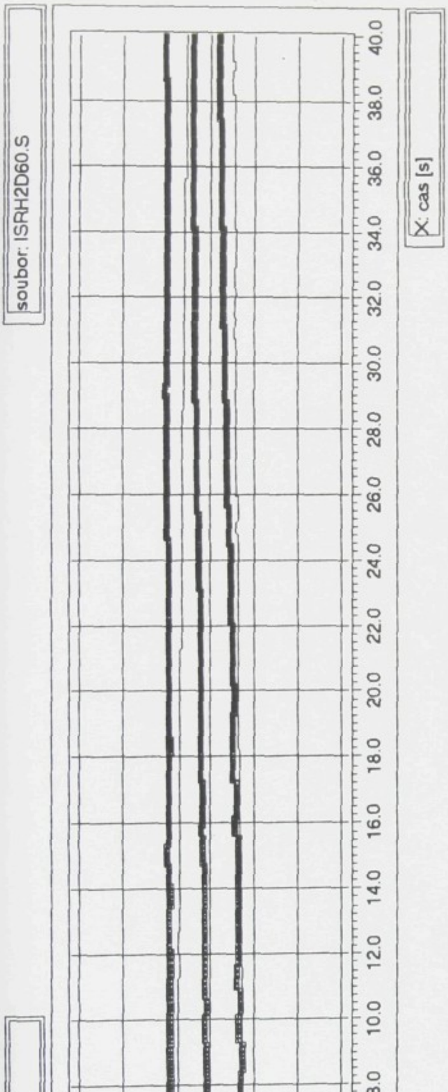

soubor: ISRH2S60.M
Y: buzeni [mm], odezva [mm]
X: cas [s]
80.0
50.0
25.0
0.0
-25.0
-50.0
-80.0
0.0
2.0
4.0
6.0
8.0
10.0
12.0
14.0
16.0
18.0
20.0
22.0
24.0
26.0
28.0
30.0
32.0
34.0
36.0
38.0
40.0

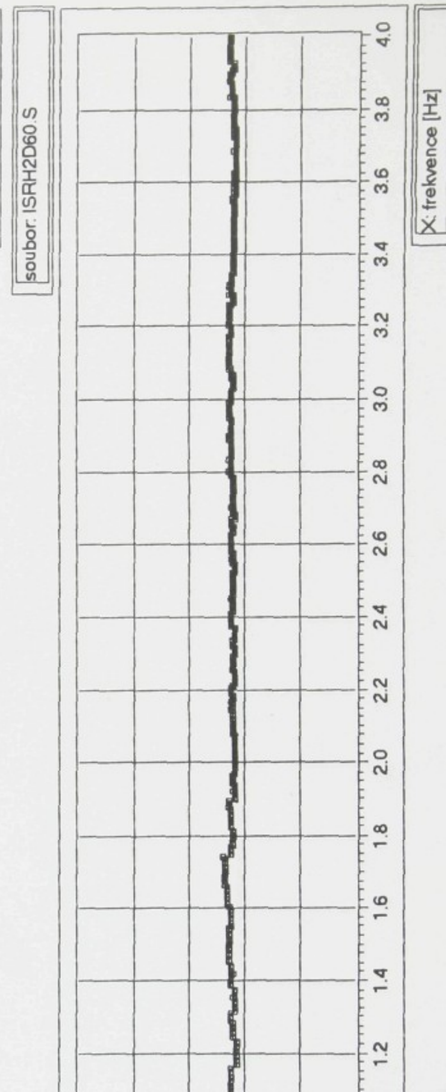

soubor: ISRH2S60.M
Y: prenos [1] Y1/Z
X: frekvence [Hz]
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0.4
0.6
0.8
1.0
1.2
1.4
1.6
1.8
2.0
2.2
2.4
2.6
2.8
3.0
3.2
3.4
3.6
3.8
4.0

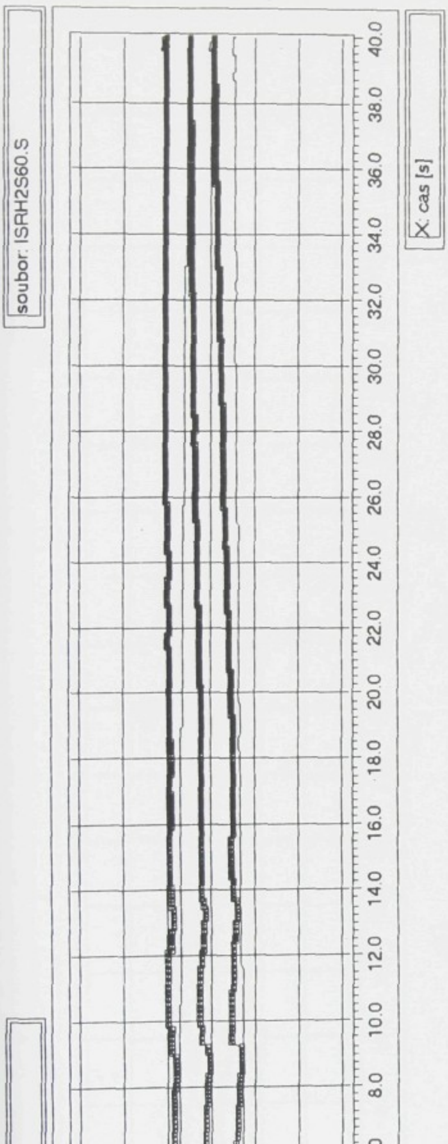

soubor: ISRH2H60.M
Y: buzeni [mm], odezva [mm]
X: cas [s]
80.0
50.0
25.0
0.0
-25.0
-50.0
-80.0
0.0
2.0
4.0
6.0
8.0
10.0
12.0
14.0
16.0
18.0
20.0
22.0
24.0
26.0
28.0
30.0
32.0
34.0
36.0
38.0
40.0

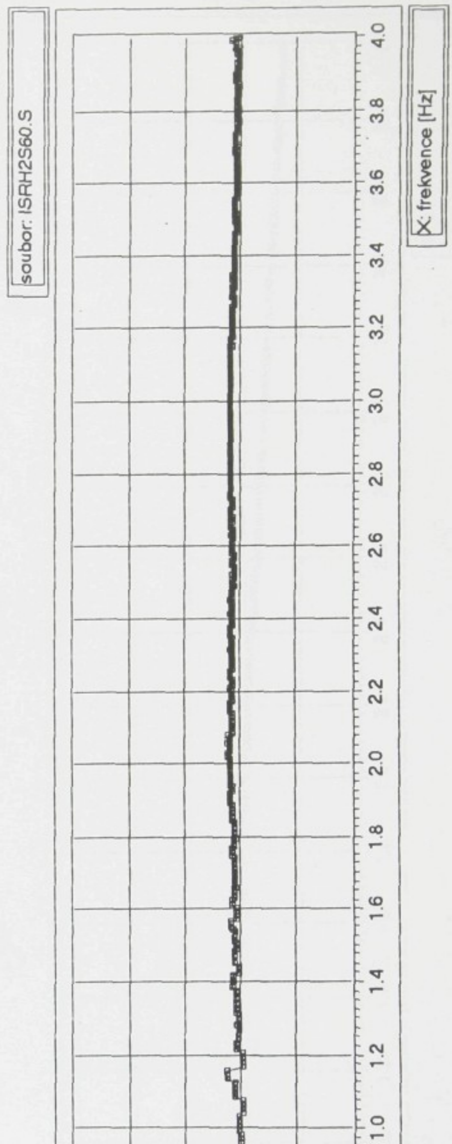

soubor: ISRH2H60.M
Y: prenos [1] Y_1/Z
X: frekvence [Hz]
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0.4
0.6
0.8
1.0
1.2
1.4
1.6
1.8
2.0
2.2
2.4
2.6
2.8
3.0
3.2
3.4
3.6
3.8
4.0

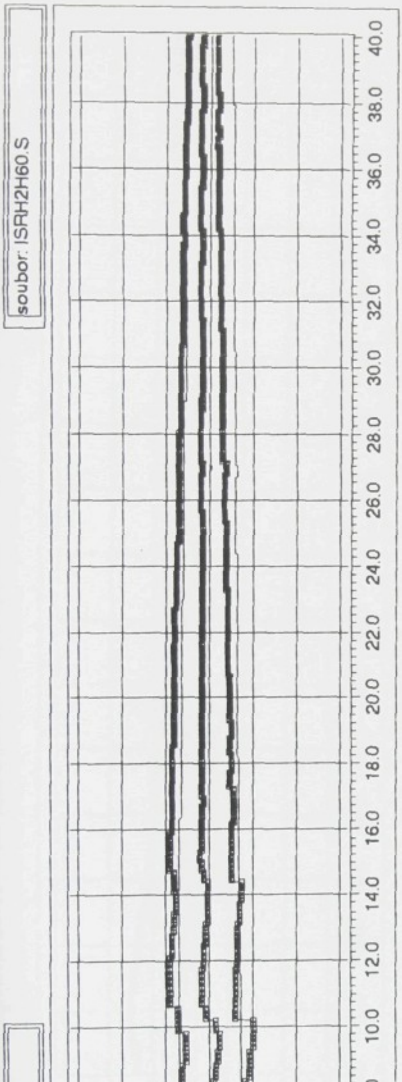
Příloha 48 a

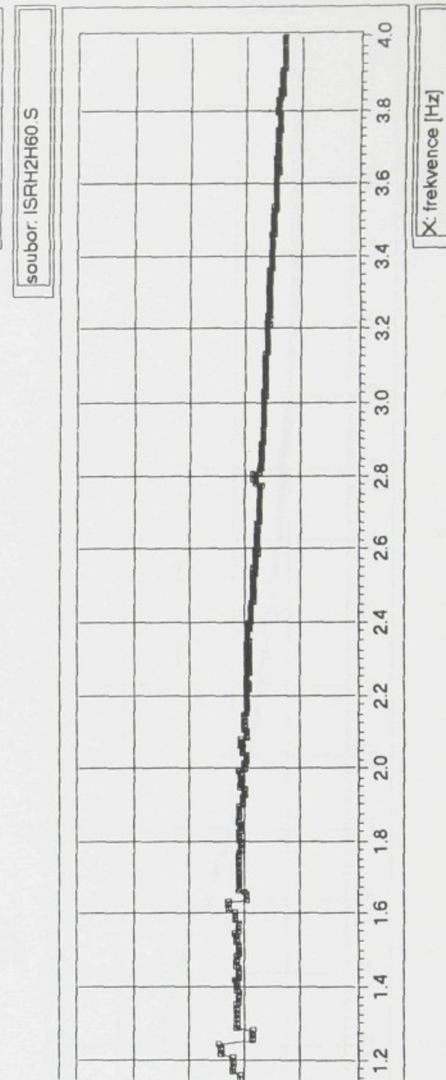

Y: buzeni [mm], odezva [mm]
soubor: ISRH2D60.S
X: cas [s]

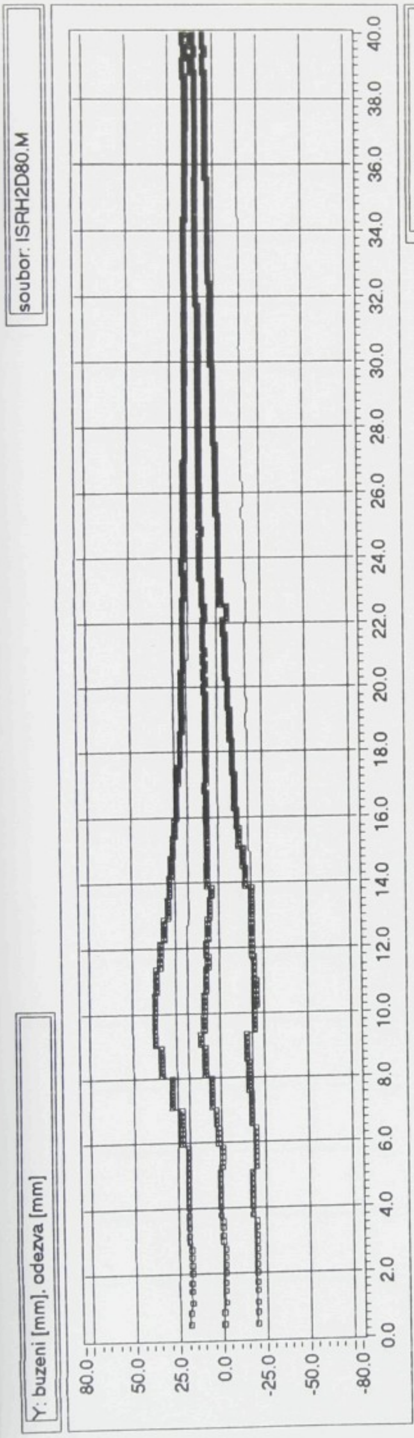

Y: prenos [1] Y1/Z
soubor: ISRH2D60.S
X: frekvence [Hz]

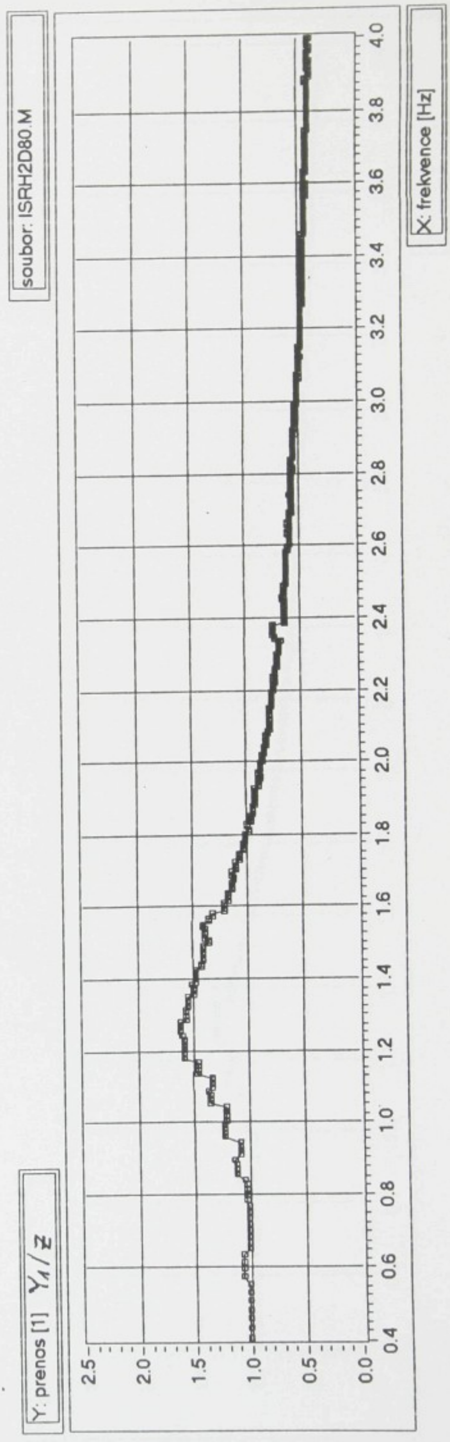

Y: buzeni [mm], odezva [mm]
soubor: ISRH2S60.S
X: cas [s]

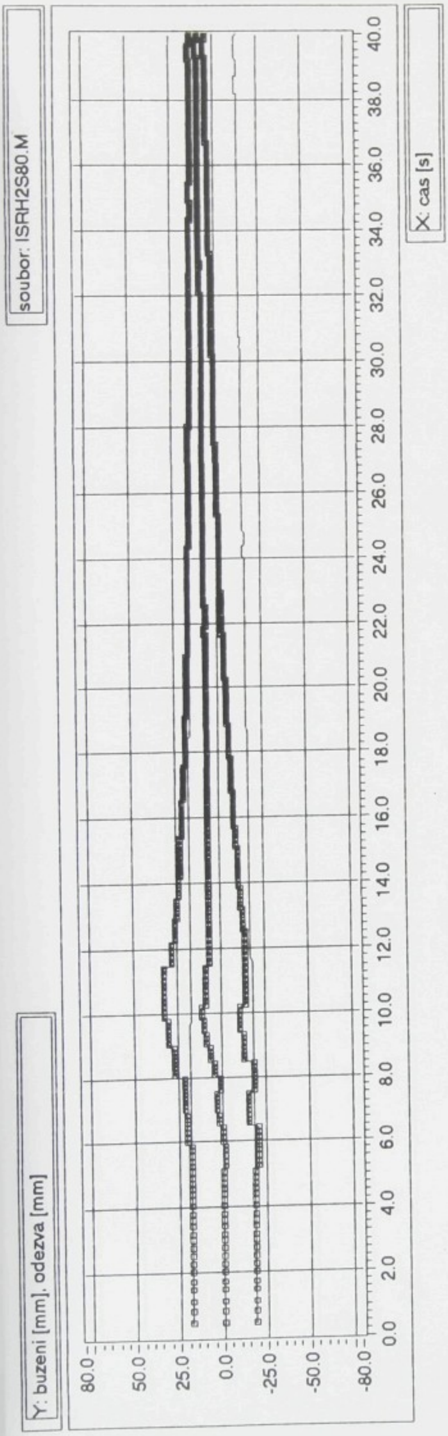

Y: prenos [1] Y1/Z
soubor: ISRH2S60.S
X: frekvence [Hz]

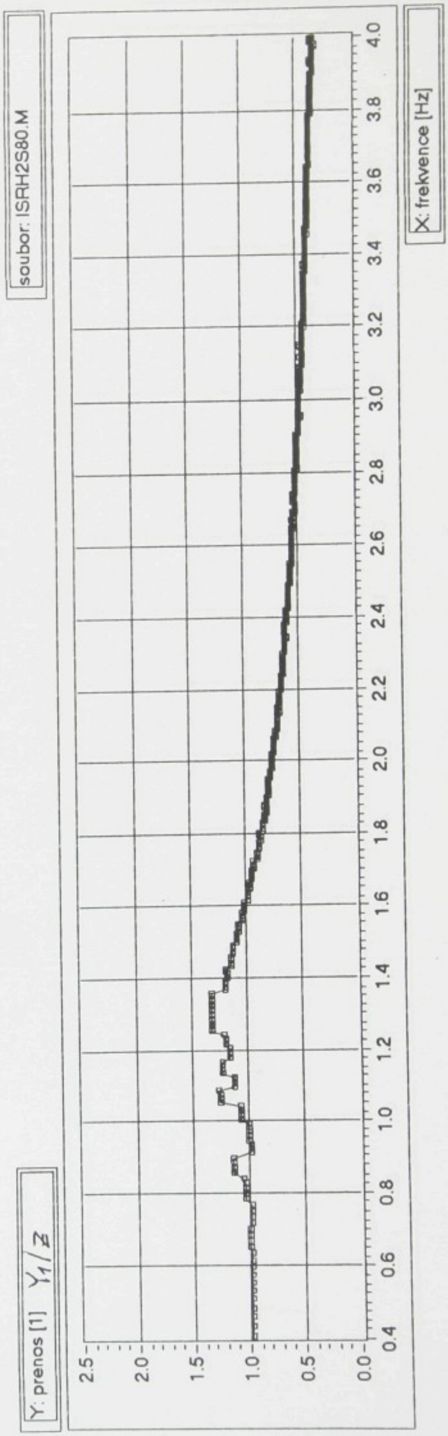

Y: buzeni [mm], odezva [mm]
soubor: ISRH2H60.S
X: cas [s]

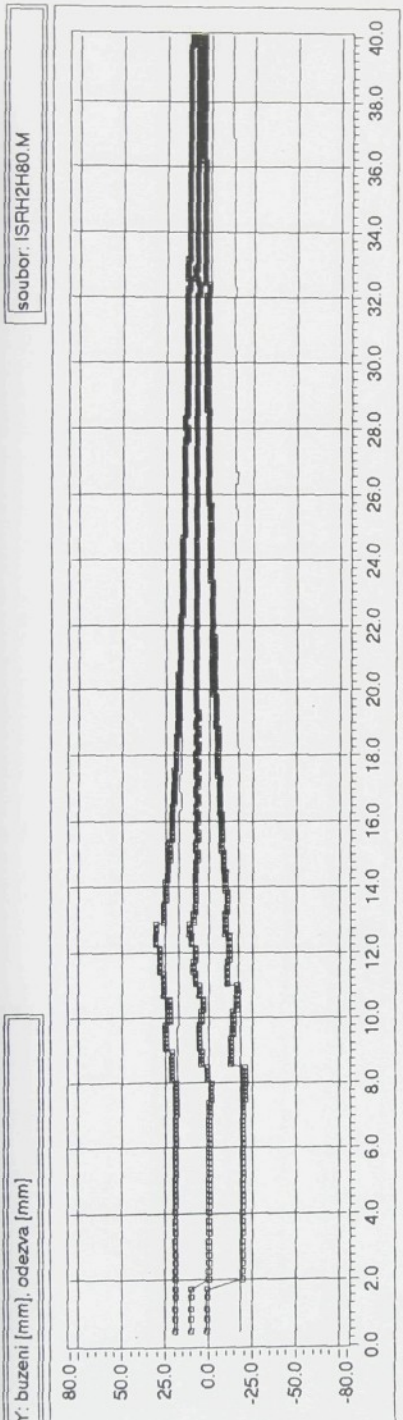

Y: prenos [1] Y1/Z
soubor: ISRH2H60.S
X: frekvence [Hz]

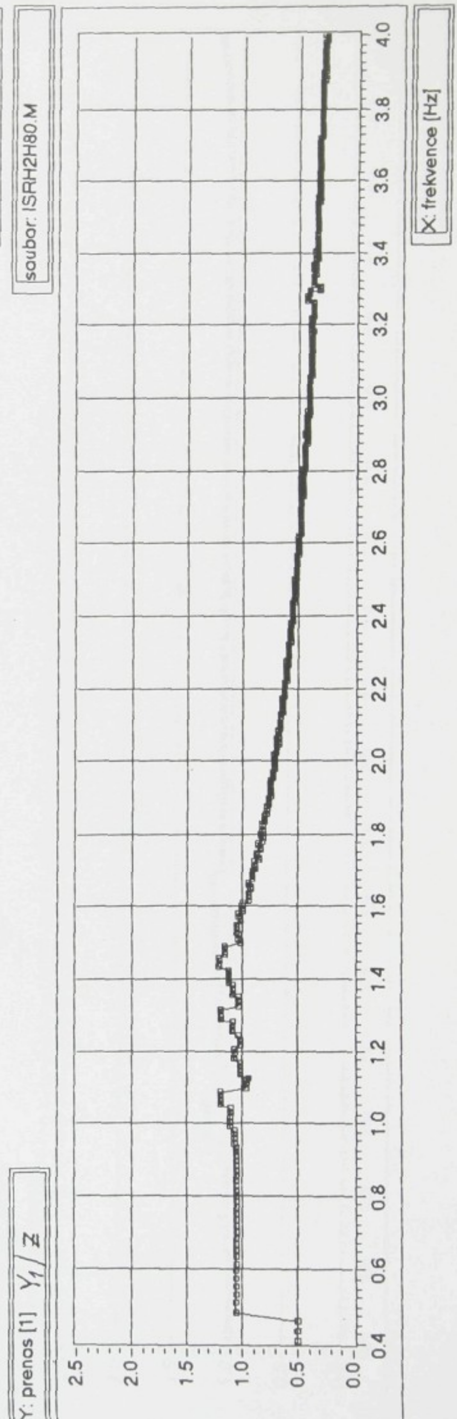

soubor: ISRH2D80.M
Y: buzeni [mm]. odezva [mm]
X: cas [s]
80.0
50.0
25.0
0.0
-25.0
-50.0
-80.0
0.0
2.0
4.0
6.0
8.0
10.0
12.0
14.0
16.0
18.0
20.0
22.0
24.0
26.0
28.0
30.0
32.0
34.0
36.0
38.0
40.0

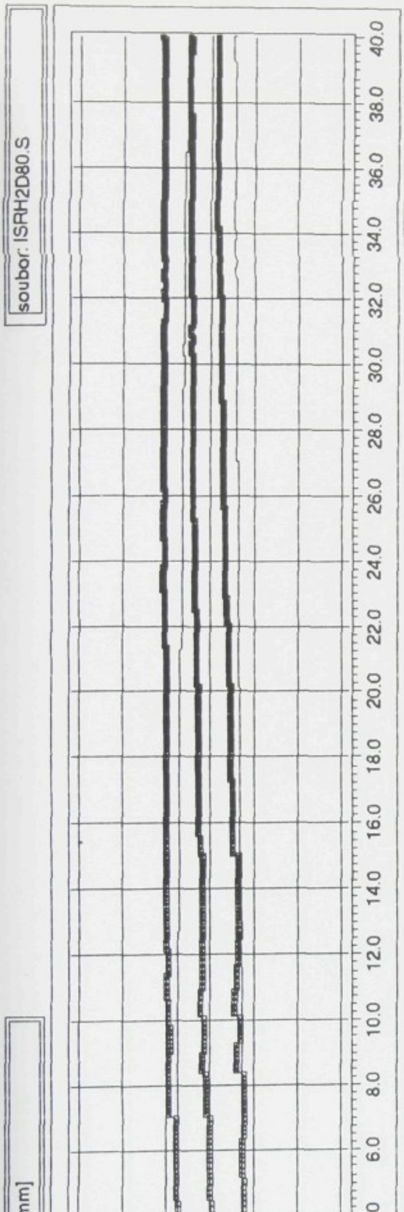

soubor: ISRH2D80.M
Y: prenos [1] Y_1/Z
X: frekvence [Hz]
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0.4
0.6
0.8
1.0
1.2
1.4
1.6
1.8
2.0
2.2
2.4
2.6
2.8
3.0
3.2
3.4
3.6
3.8
4.0

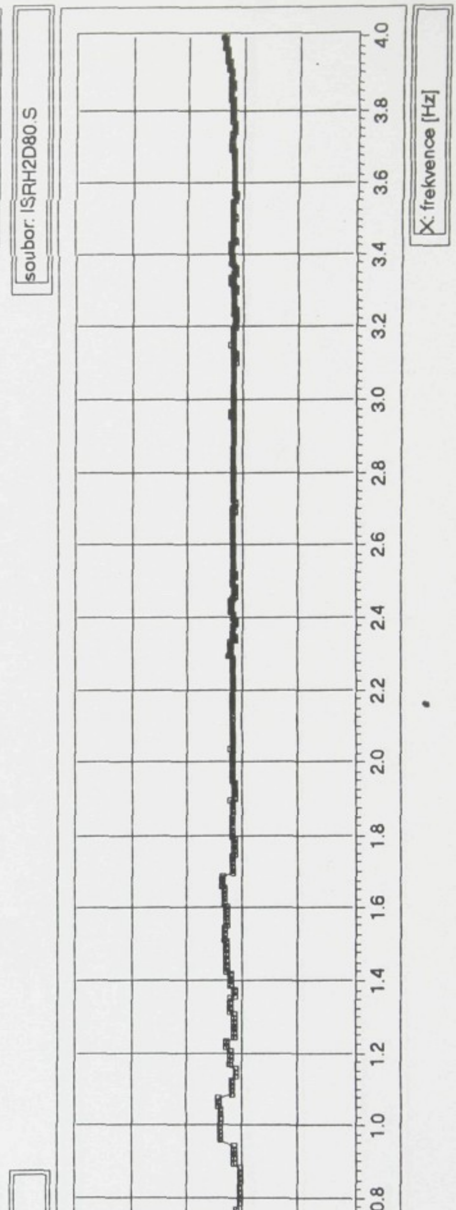

soubor: ISRH2S80.M
Y: buzeni [mm], odezva [mm]
X: cas [s]


soubor: ISRH2S80.M
Y: prenos [1]
Y1/Z
X: frekvence [Hz]


soubor: ISRH2H80.M
Y: buzeni [mm], odezva [mm]
X: cas [s]
80.0
50.0
25.0
0.0
-25.0
-50.0
-80.0
0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0 22.0 24.0 26.0 28.0 30.0 32.0 34.0 36.0 38.0 40.0


soubor: ISRH2H80.M
Y: prenos [1] Y1 / Z
X: frekvence [Hz]
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0.4 0.6 0.8 1.0 1.2 1.4 1.6 1.8 2.0 2.2 2.4 2.6 2.8 3.0 3.2 3.4 3.6 3.8 4.0


soubor: ISRH2D80.S
Y: buzeni [mm], odezva [mm]
X: cas [s]
80.0
50.0
25.0
0.0
-25.0
-50.0
-80.0
0.0
2.0
4.0
6.0
8.0
10.0
12.0
14.0
16.0
18.0
20.0
22.0
24.0
26.0
28.0
30.0
32.0
34.0
36.0
38.0
40.0


soubor: ISRH2D80.S
Y: prenos [1]
Y1/Z
X: frekvence [Hz]
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0.4
0.6
0.8
1.0
1.2
1.4
1.6
1.8
2.0
2.2
2.4
2.6
2.8
3.0
3.2
3.4
3.6
3.8
4.0