



SIGNÁLY A LINEÁRNÍ SYSTÉMY (ČASOVÉ ŘADY)



prof. Ing. Jiří Holčík, CSc.

holcik@iba.muni.cz

© Institut biostatistiky a analýz

KDE A KDY SE BUDEME VÍDAT?

KDE A KDY SE BUDEME VÍDAT?

přednášky:

úterý 8-10 hod., UKB, A1, 6NP, PC učebna COMPK6

cvičení:

**úterý 10 – 12 hod., jednou za dva týdny,
UKB, A1, 6NP, PC učebna COMPK6
začínáme 6.10.2015**

LITERATURA

- ☑ Holčík, J.: Signály, časové řady a lineární systémy. CERM, Brno, 2012, 136s.
<http://www.iba.muni.cz/res/file/ucebnice/holcik-signaly-casove-rady-linearni-systemy.pdf>
<http://www.iba.muni.cz/index.php?pg=vyuka--ucebnice>
- ☑ Holčík, J.: Signály a lineární systémy. Funkce, časové řady a jejich lineární modely.
<http://portal.matematickabiologie.cz/index.php?pg=analyza-a-modelovani-dynamicky-ch-biologicky-ch-dat--signaly-a-linearni-systemy>
- ☑ Holčík, J.: přednáškové prezentace
webová stránka předmětu
- ☑ Holčík, J.: Úvod do systémů a signálů (Elektronické studijní texty)
webová stránka předmětu
- ☑ Jiřina, M., Holčík, J.: Úvod do systémů a signálů (Elektronické studijní texty)
webová stránka předmětu

LITERATURA

<http://portal.matematickabiologie.cz/>

E-learningová učebnice Matematická biologie Slovník | Vyhledávání | Mapa webu

Analýza a hodnocení biologických dat Aplikovaná analýza klinických a biologických dat Analýza a modelování dynamických biologických dat Základy informatiky pro biologie Analýza genomických a proteomických dat

standardní struktura

Matematická biologie: E-learningová učebnice

AKTUALITY

Podklady pro pracovní skupinu

matematická biologie

IBA MU Institut biostatistiky a analýz **ÚMS PŘF** Ústav matematiky a statistiky

- Algoritmizace a programování
- Analýza dat v R
- Analýza genomických a proteomických dat
- Analýza sekvencí DNA
- Analýza a management dat pro zdravotnické obory, Analýza klinických dat
- Aplikovaná analýza přežití
- Biostatistika pro matematickou biologii
- Databázové systémy v biomedicině
- Lineární a adaptivní zpracování dat
- Regresní modelování
- Signály a lineární systémy
- Statistické hodnocení biodiverzity
- Teoretické základy informatiky
- Umělá inteligence
- Úvod do matematického modelování
- Vicerozměrné metody pro analýzu a klasifikaci dat

- Diskrétní deterministické modely
- Matematické modely v biologii
- Maticové populační modely
- Spojité deterministické modely I
- Spojité deterministické modely II
- Statistické modelování
- Teorie a praxe jádrového vyhlazování
- Vybrané kapitoly z matematického modelování
- Vypočetní matematické systémy

LITERATURA

- ☑ Holčík, J.: Signály, časové řady a lineární systémy. CERM, Brno, 2012, 136s.
<http://www.iba.muni.cz/res/file/ucebnice/holcik-signaly-casove-rady-linearni-systemy.pdf>
<http://www.iba.muni.cz/index.php?pg=vyuka--ucebnice>
- ☑ Holčík, J.: Signály a lineární systémy. Funkce, časové řady a jejich lineární modely.
<http://portal.matematickabiologie.cz/index.php?pg=analyza-a-modelovani-dynamickych-biologickych-dat--signaly-a-linearni-systemy>
- ☑ Holčík, J.: přednáškové prezentace
webová stránka předmětu

LITERATURA

- ✓ Jan, J.: Číslicová filtrace, analýza a restaurace signálů. VUTIUM, Brno 2002.
- ✓ Šebesta, V., Smékal, Z.: Signály a soustavy (Elektronické studijní texty FEKT VUT v Brně), Brno 2003.

LITERATURA

- ✓ Proakis J. G. Manolakis D. K. Digital Signal Processing (4th Edition), CRC; 1 edition, 2006
- ✓ Kamen, E.W., Heck, B.S. Fundamentals of Signals and Systems Using the Web and Matlab (3rd Edition), Prentice Hall (2006)
- ✓ Lathi, B.P. Signal Processing and Linear Systems, Oxford Univ. Press, Oxford 1998
- ✓ Carlson G.E. Signal and Linear System Analysis: with MATLAB, 2e, John Wiley & Sons, Inc., 1998,
- ✓ Oppenheim, A.V., Willsky, A.S., Hamid, S.: Signals and Systems (2nd Edition) Prentice-Hall Signal Processing Series, Prentice Hall; 1996

LITERATURA

- ✓ Kalouptsidis N. Signal Processing Systems: Theory and Design. John Wiley & Sons, Inc., 1997
- ✓ Chen C.T. Linear System Theory and Design (Oxford Series in Electrical and Computer Engineering) Oxford University Press, USA; 3rd ed. 1998
- ✓ Oppenheim A V., Schafer R W., Buck J R. Discrete-Time Signal Processing (2nd Edition) (Prentice-Hall Signal Processing Series), Prentice Hall; 1999
- ✓ Brockwell, P.J., Davis, R.A.: Introduction to Time Series and Forecasting, Springer; 2 edition (2003),
- ✓ Engelberg, S. Random Signals and Noise: A Mathematical Introduction, CRC Press, Inc., 2007

UKONČENÍ PŘEDMĚTU

Požadavky na ukončení předmětu:

☑ ústní zkouška

→ učená rozprava o dvou z témat, která budou náplní předmětu



II. ČASOVÉ ŘADY (SIGNÁLY) ZÁKLADNÍ POJMY



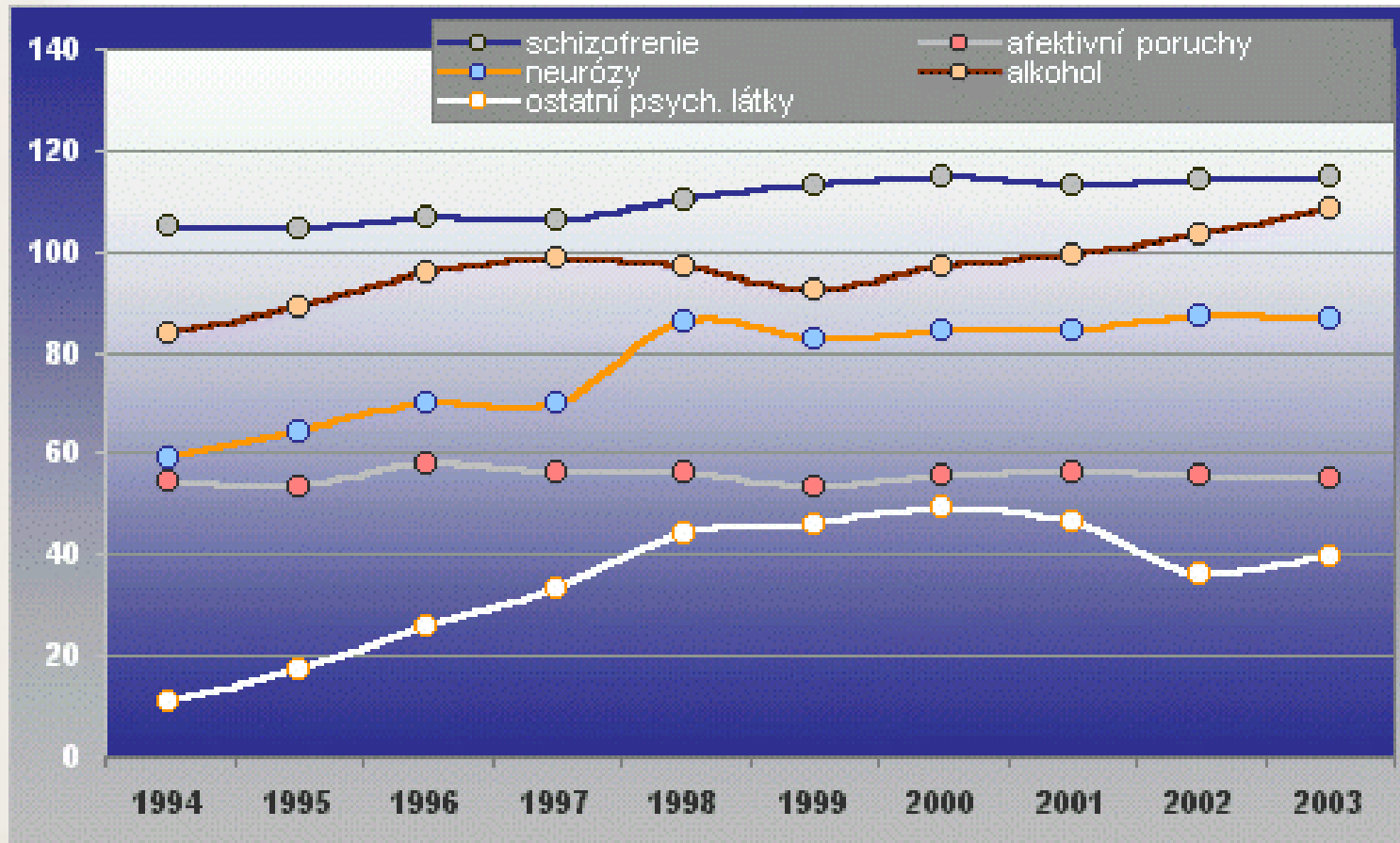
ČASOVÁ ŘADA

ČASOVÁ ŘADA

Definice (základní):

Časová řada je uspořádaná množina hodnot $\{y_t : t=1, \dots, n\}$, kde index t určuje čas, kdy byla hodnota y_t určena.

ČASOVÁ ŘADA



Vývoj počtu hospitalizací v lůžkových psychiatrických zařízeních (na 100 000 osob)

Pramen: Ústav zdravotnických informací a statistiky

ČASOVÁ ŘADA

Definice (základní):

Časová řada je uspořádaná množina hodnot $\{y_t : t=1, \dots, n\}$, kde index t určuje čas, kdy byla hodnota y_t určena.

Mnohé další modifikace:

- ☑ Časové okamžiky t jednotlivých pozorování nemusí být rovnoměrné $\{y(t_i) : i=1, \dots, n\}$.
- ☑ Každá hodnota může mít akumulární (integrační) charakter za určité období než že by vyjadřovala okamžitý stav

ČASOVÁ ŘADA

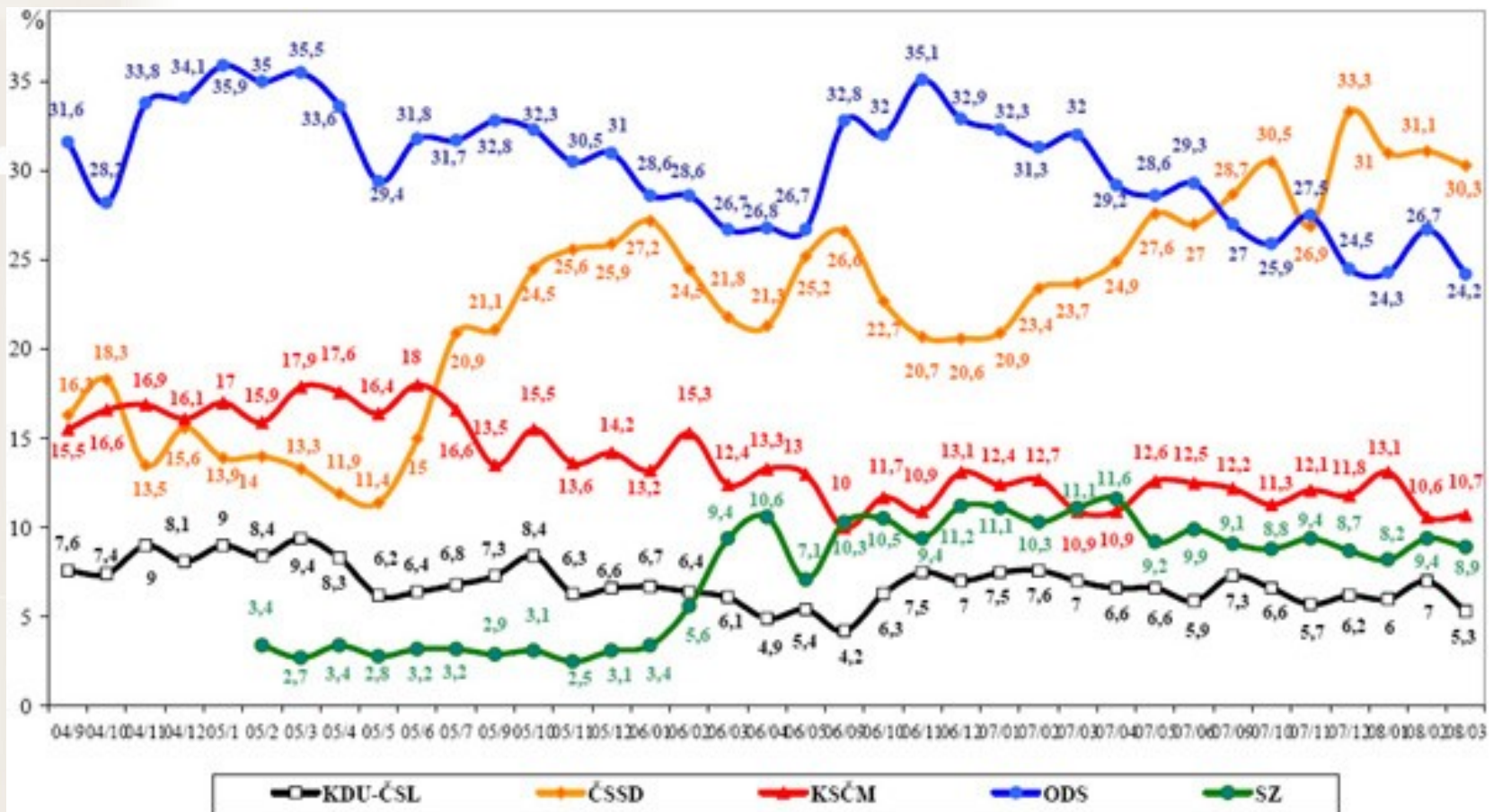
Definice (základní):

Časová řada je uspořádaná množina hodnot $\{y_t : t=1, \dots, n\}$, kde index t určuje čas, kdy byla hodnota y_t určena.

Mnohé další modifikace:

- ☑ Hodnoty mohou být rozšířeny o násobná měření (vývoj hmotnosti každého experimentálního zvířete v dané skupině)
- ☑ Každý skalár y_t může být nahrazen vektorem p hodnot $\mathbf{y}_t = (y_{1t}, \dots, y_{pt})$

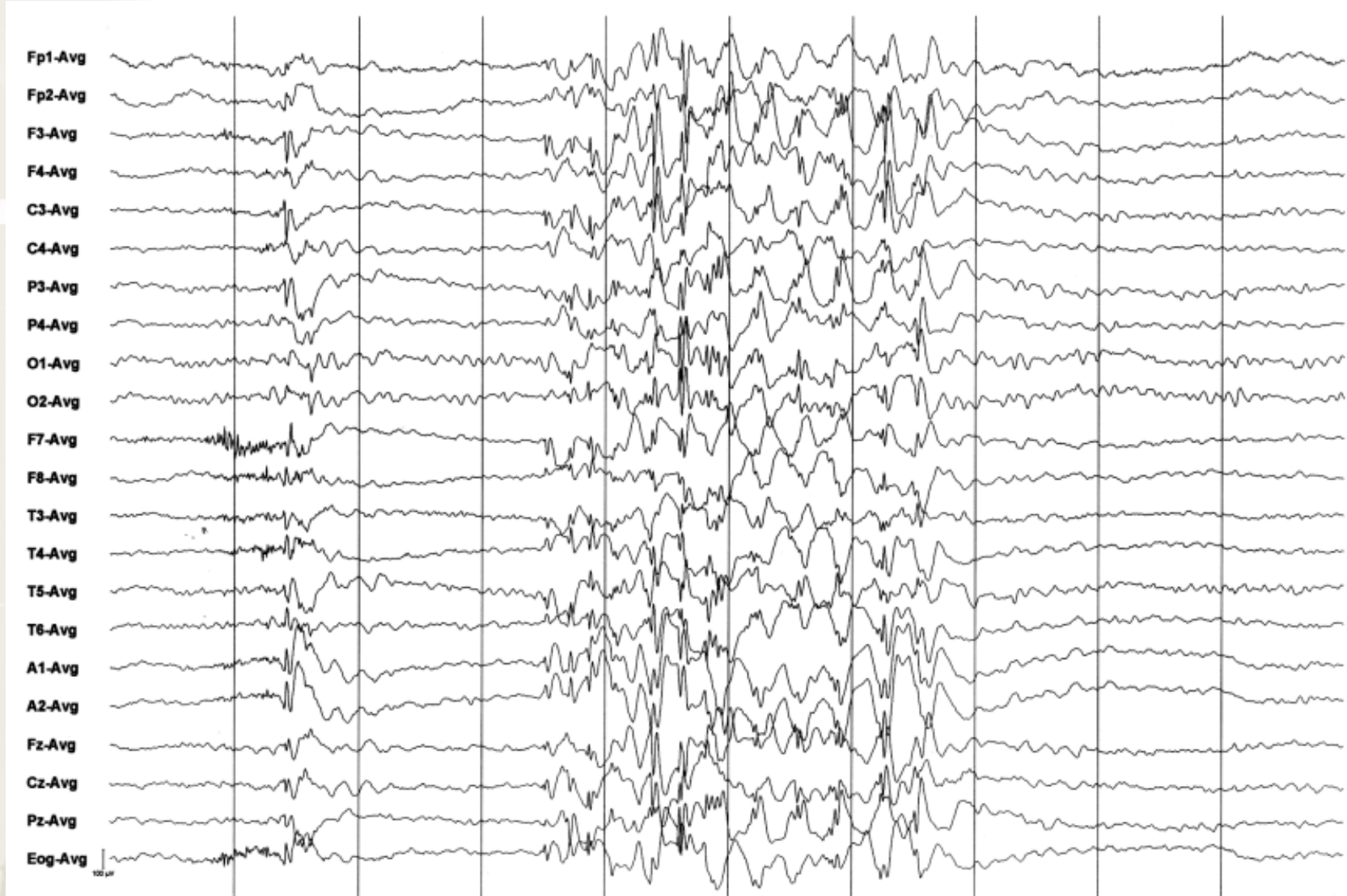
NĚKOLIK PŘÍKLADŮ NA ÚVOD



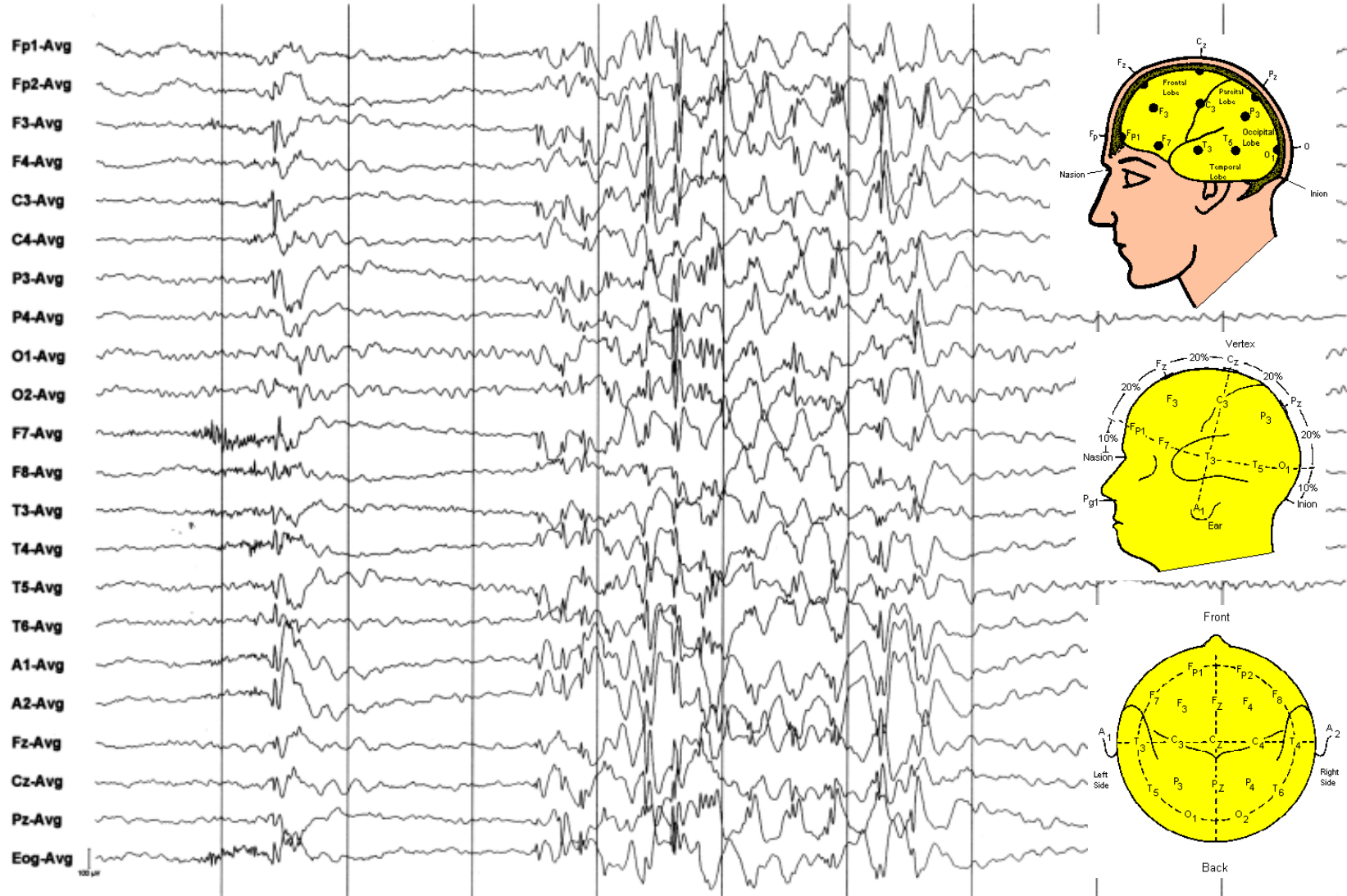
Zdroj: STEM, Trendy 2004/9 - 2008/03

Preference politických stran v ČR v období od 8/2004 do 3/2008

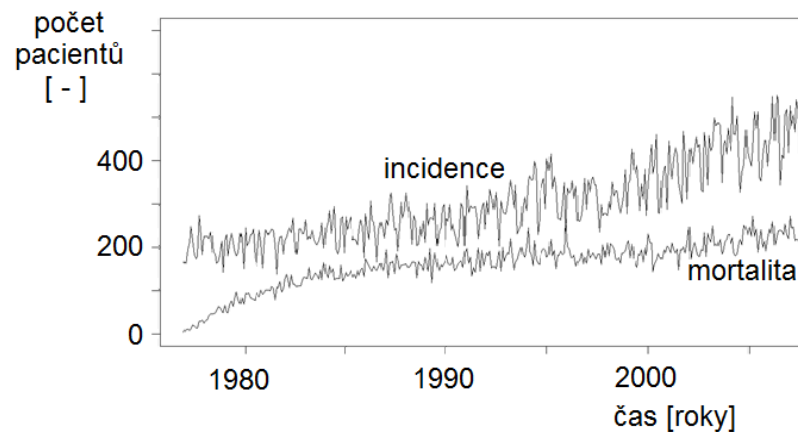
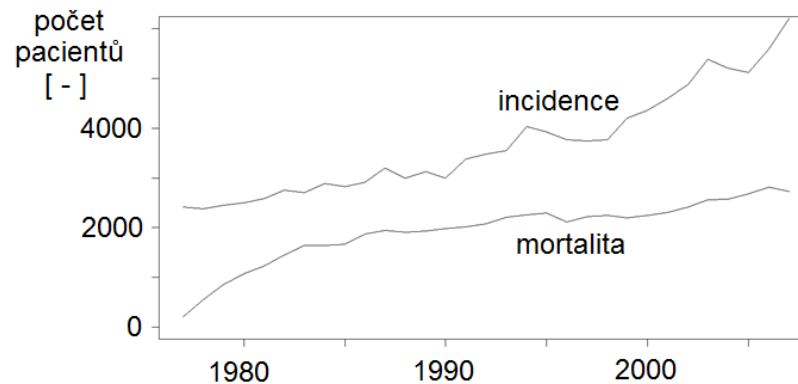
NĚKOLIK PŘÍKLADŮ NA ÚVOD



NĚKOLIK PŘÍKLADŮ NA ÚVOD



NĚKOLIK PŘÍKLADŮ NA ÚVOD



**Vývoj incidence a mortality zhubného nádoru prsu v ČR –
a) roční vzorkování; b) měsíční vzorkování**

ČASOVÉ ŘADY – CO S NIMI?

ČASOVÉ ŘADY – CO S NIMI?

- ☑ **stručný popis jejích vlastností** (pomocí několika některých souhrnných parametrů (statistik?))



k popisu spíše funkce než jednoduchá hodnota, např.
klouzavý průměr než střední hodnota;
složky řady – trend, sezónní změny, pomalé a rychlé změny,
nepravidelné oscilace – **frekvenční analýza**

- ☑ **predikce budoucích hodnot** – velká část analytických metod pro časové řady;

(**Predikce** (z [lat. prae-](#), před, a *dicere*, říkat) znamená **předpověď** či [prognózu](#), tvrzení o tom, co se stane nebo nestane v [budoucnosti](#). Na rozdíl od [věštění](#) nebo hádání se slovo predikce obvykle užívá pro [odhady](#), opřené o [vědeckou hypotézu](#) nebo [teorii](#), tj. [matematický model](#).)

ČASOVÉ ŘADY – CO S NIMI?

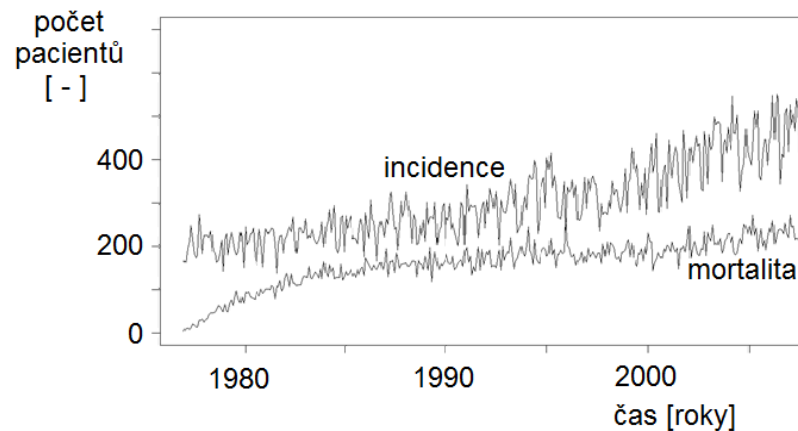
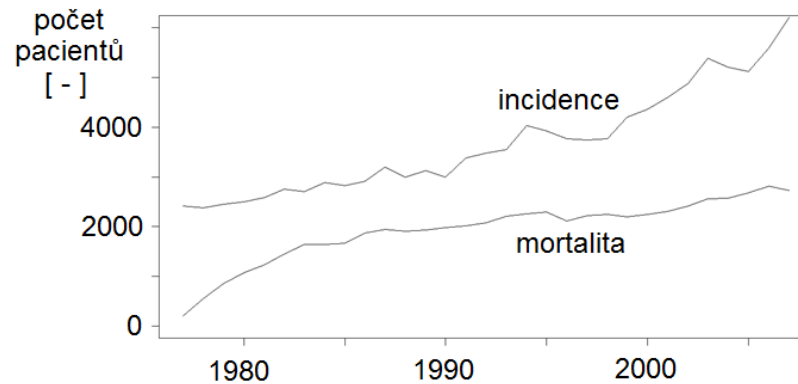
- ☑ **monitorování průběhu a detekce významných změn** - např. sledování funkce ledvin po transplantaci;
- ☑ **modelování průběhu**
 - pochopení procesů způsobujících vznik dat;
 - pragmatický nástroj pro splnění výše uvedených cílů

Ize řešit např. pomocí lineárních systémů – autoregresivní (AR), integrační (I), s klouzavým průměrem (moving average – MA)

ZPRACOVÁNÍ ČASOVÝCH ŘAD

- ☑ abychom dokázali říct, co to je za objekt (rozpoznání, klasifikace,...);
- ☑ abychom dokázali posoudit jeho stav (O.K., hypertenze, epilepsie, exitus, úroveň chemického zamoření dané lokality, ...);
- ☑ abychom dokázali předpovědět jeho budoucnost (lze léčit a vyléčit, ocenit finanční nároky léčení po dobu přežití, les do 20 let odumře, sociální složení obyvatelstva v daném časovém rozpětí, ...);

NĚKOLIK PŘÍKLADŮ NA ÚVOD



**Vývoj incidence a mortality zhoubného nádoru prsu v ČR –
a) roční vzorkování; b) měsíční vzorkování**

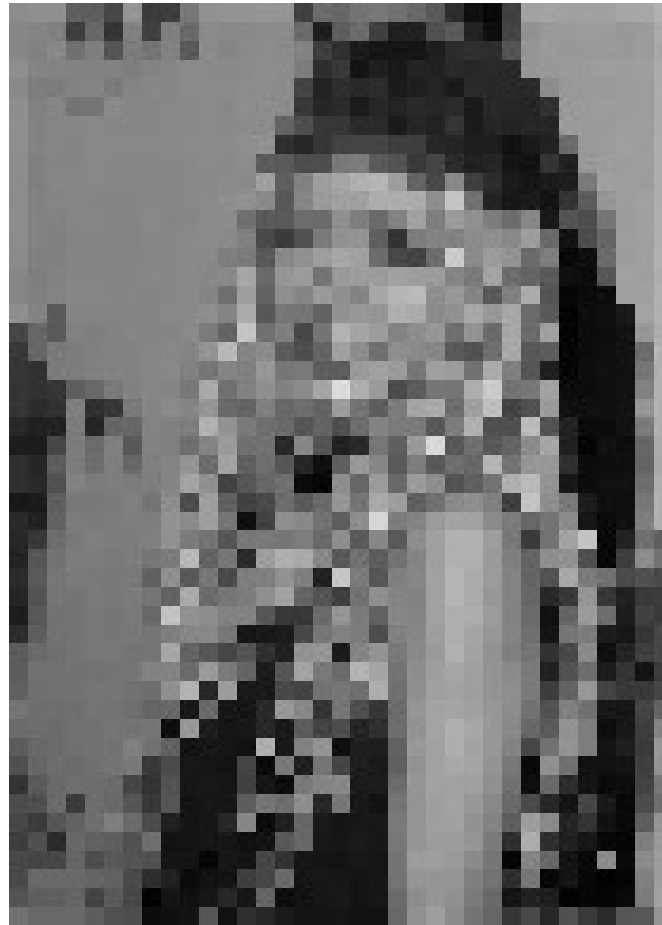
NĚKOLIK PŘÍKLADŮ NA ÚVOD



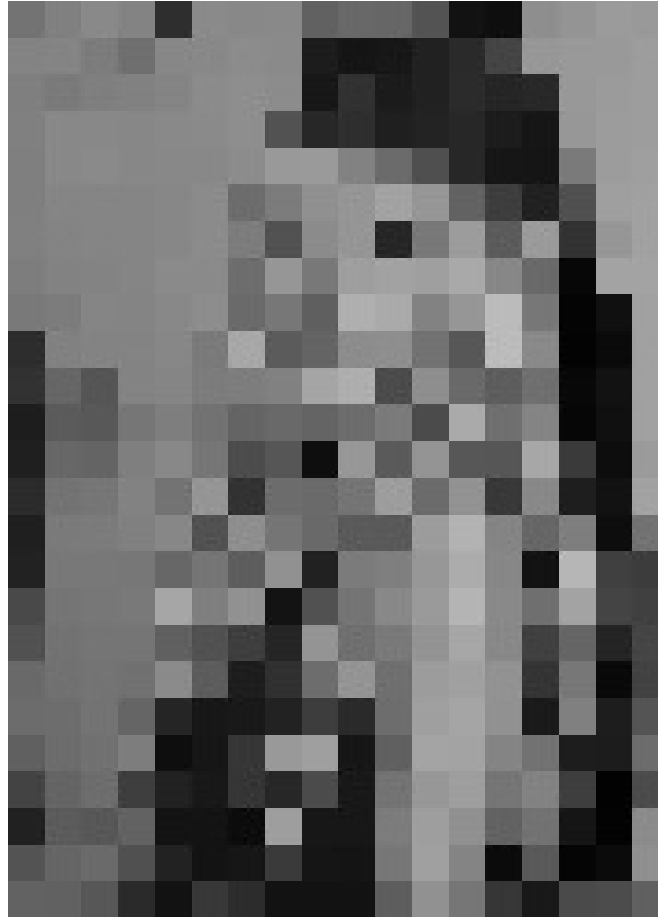
NĚKOLIK PŘÍKLADŮ NA ÚVOD



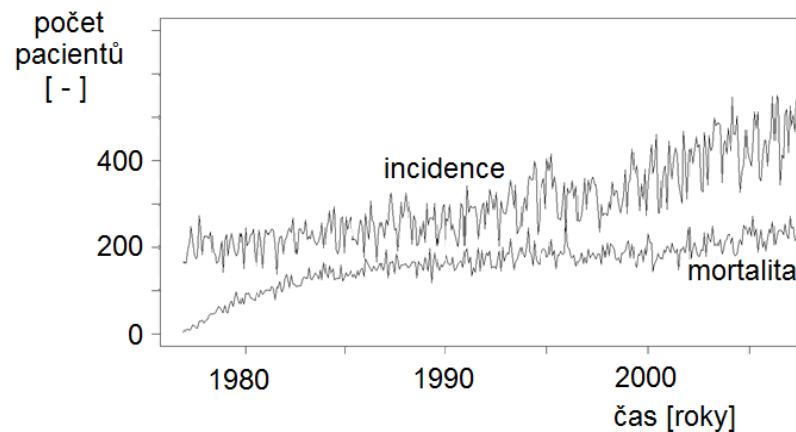
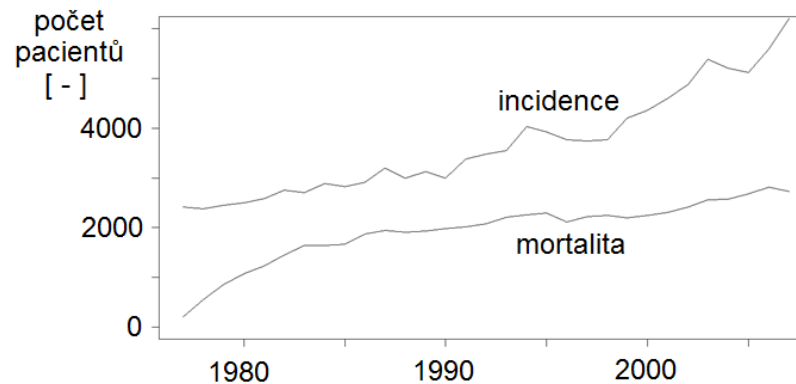
NĚKOLIK PŘÍKLADŮ NA ÚVOD



NĚKOLIK PŘÍKLADŮ NA ÚVOD

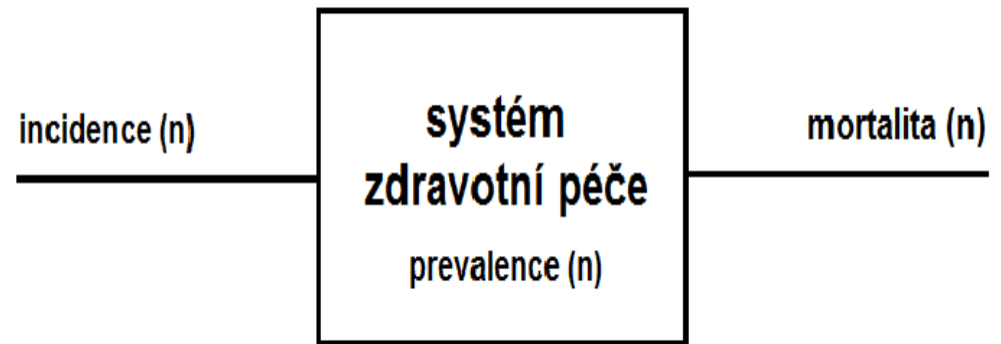


NĚKOLIK PŘÍKLADŮ NA ÚVOD



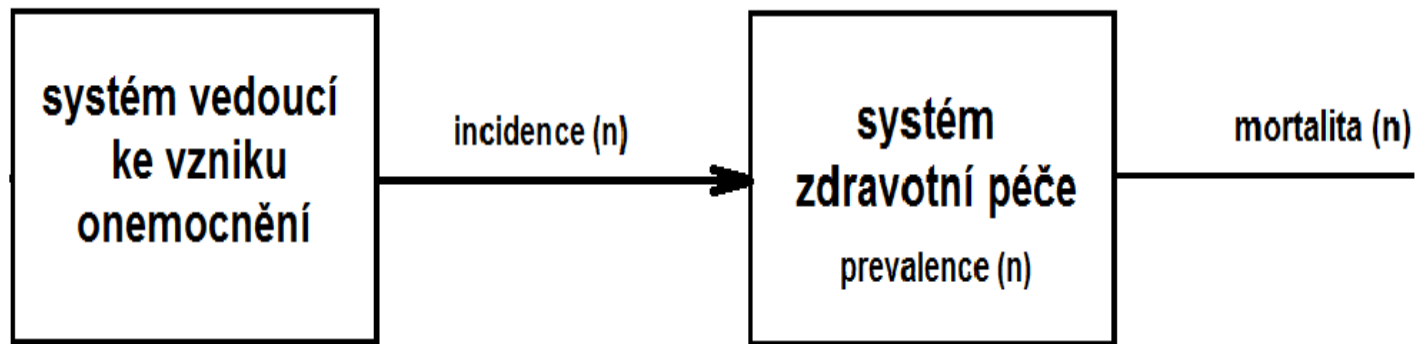
**Vývoj incidence a mortality zhoubného nádoru prsu v ČR –
a) roční vzorkování; b) měsíční vzorkování**

NĚKOLIK PŘÍKLADŮ NA ÚVOD



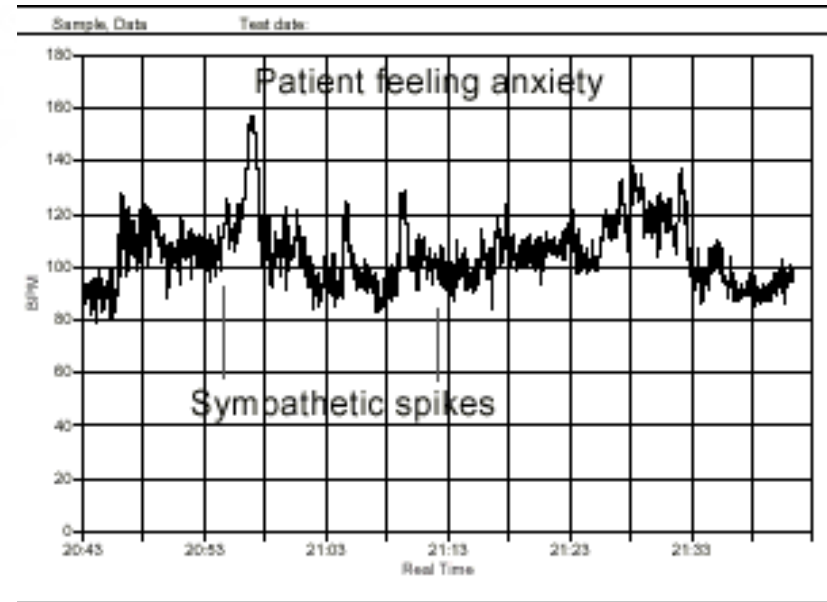
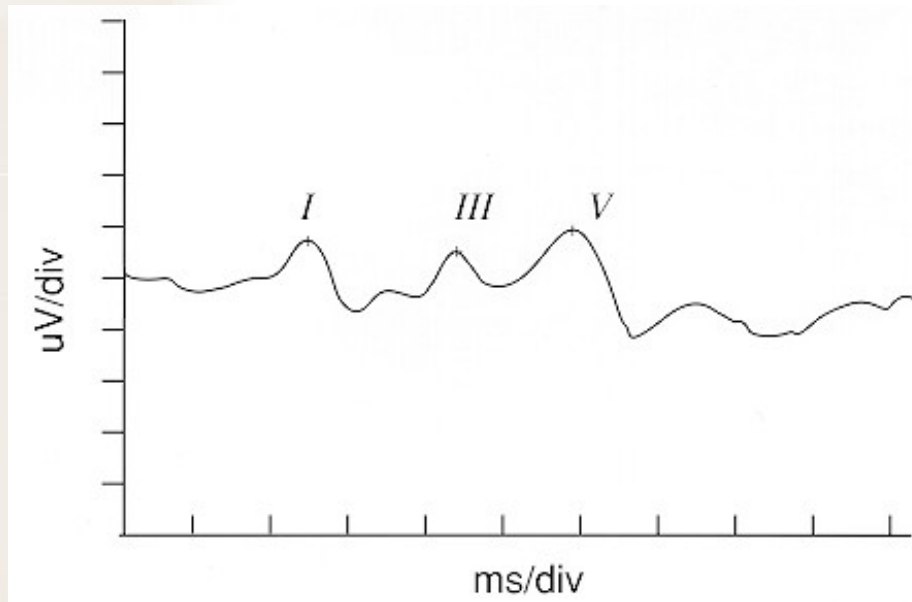
- ✓ vstupní veličina(y)
- ✓ výstupní veličina(y)
- ✓ stavová(é) veličina(y)

NĚKOLIK PŘÍKLADŮ NA ÚVOD



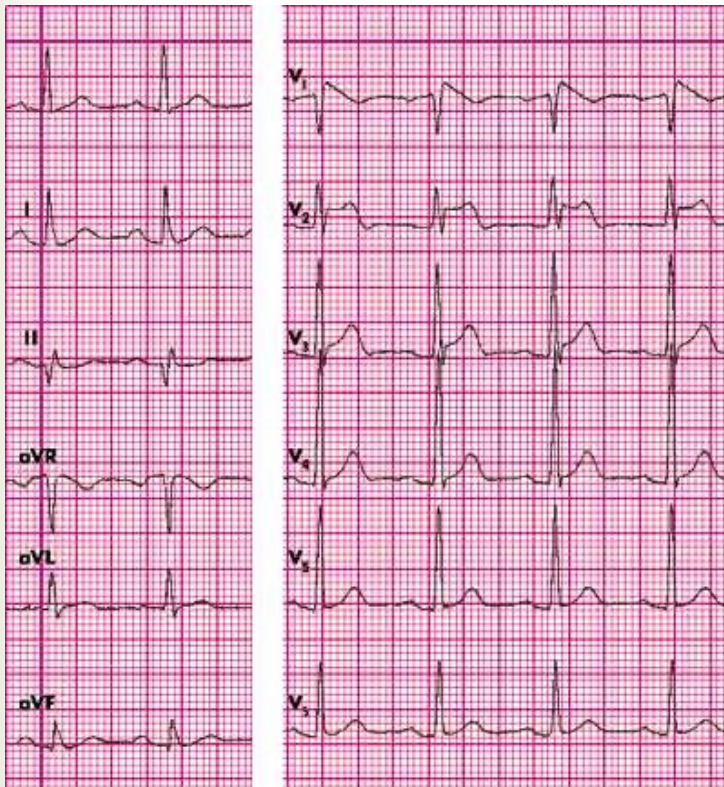
- ☑ parametry popisující vlastnosti systému
- ☑ vstupní veličina(y)
- ☑ výstupní veličina(y)
- ☑ stavová(é) veličina(y)

NĚKOLIK PŘÍKLADŮ NA ÚVOD



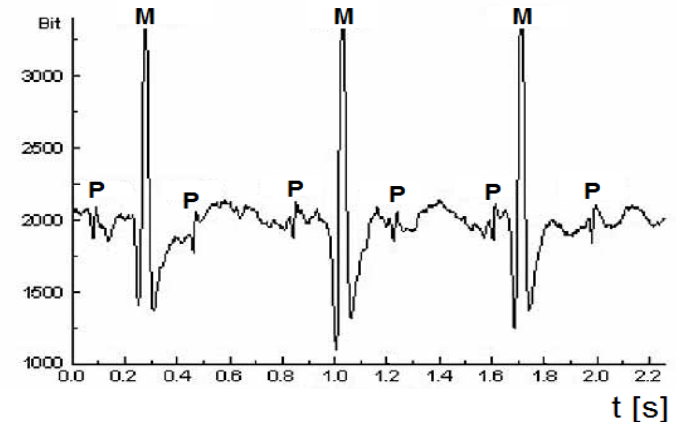
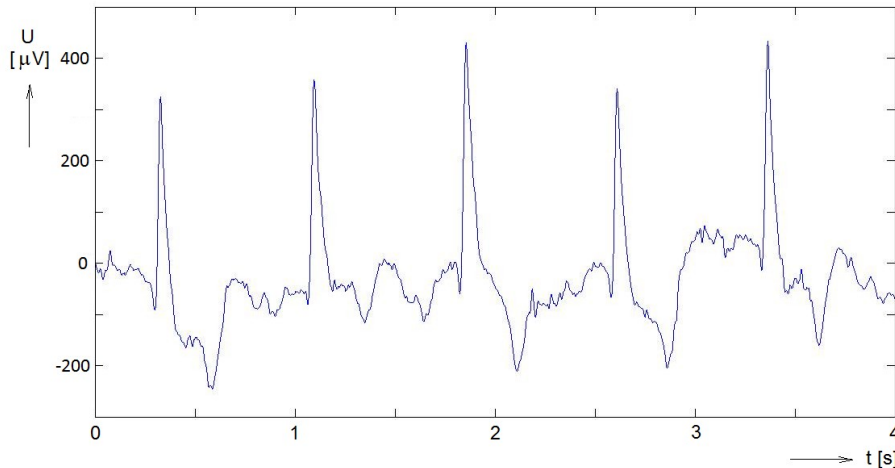
NĚKOLIK PŘÍKLADŮ NA ÚVOD

EKG – elektrokardiogram záznam signálu EKG

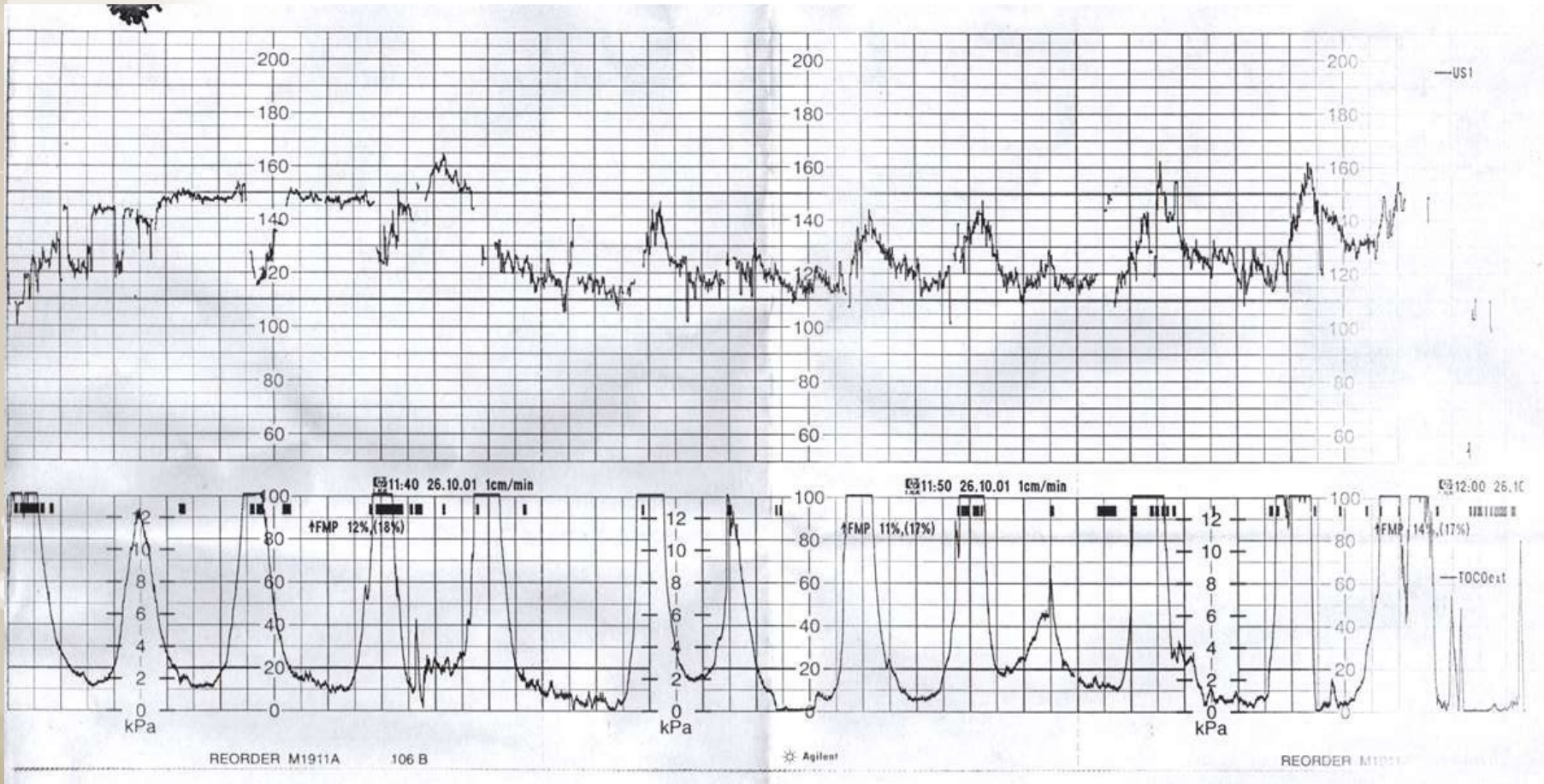


NĚKOLIK PŘÍKLADŮ NA ÚVOD

EKG - elektrokardiogram

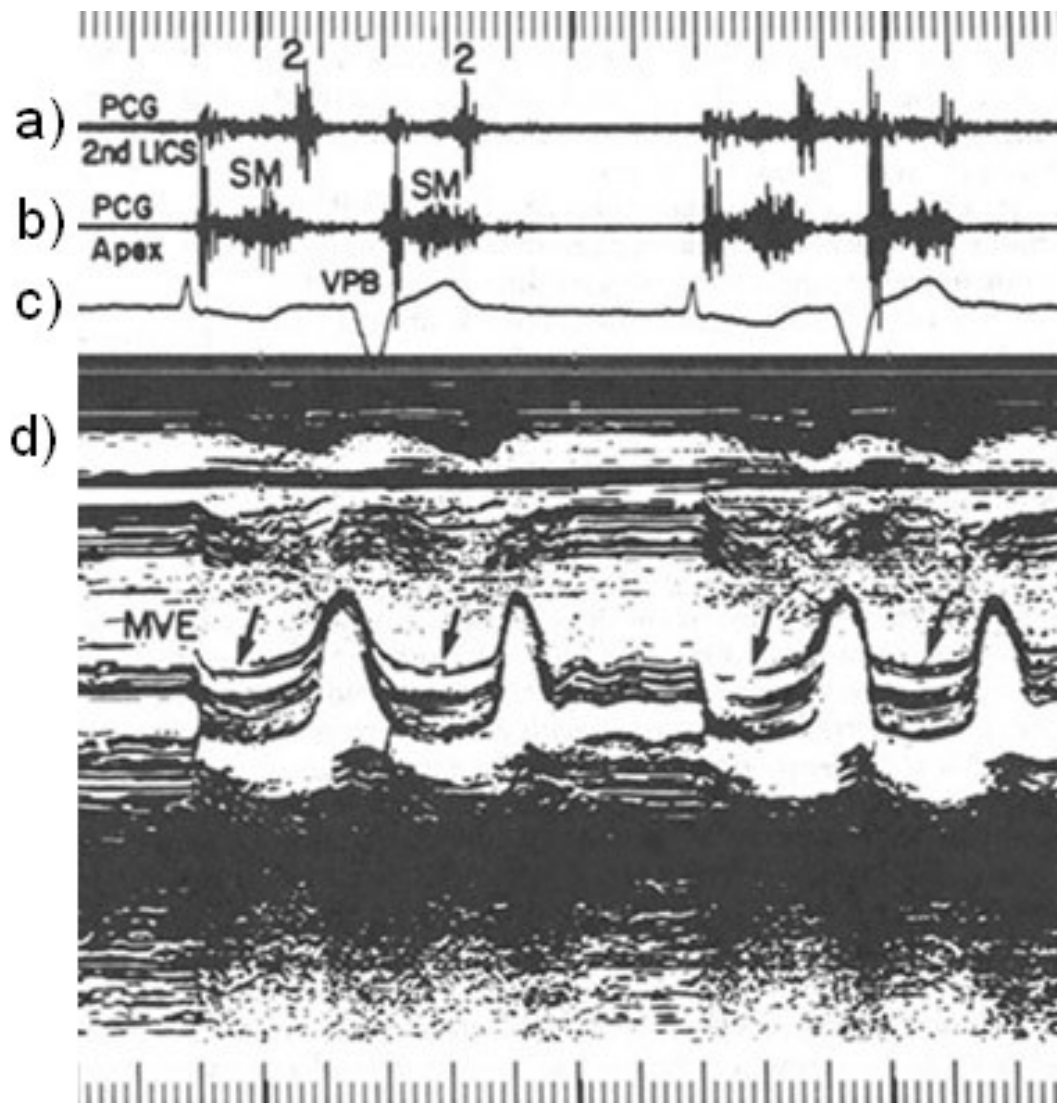


NĚKOLIK PŘÍKLADŮ NA ÚVOD

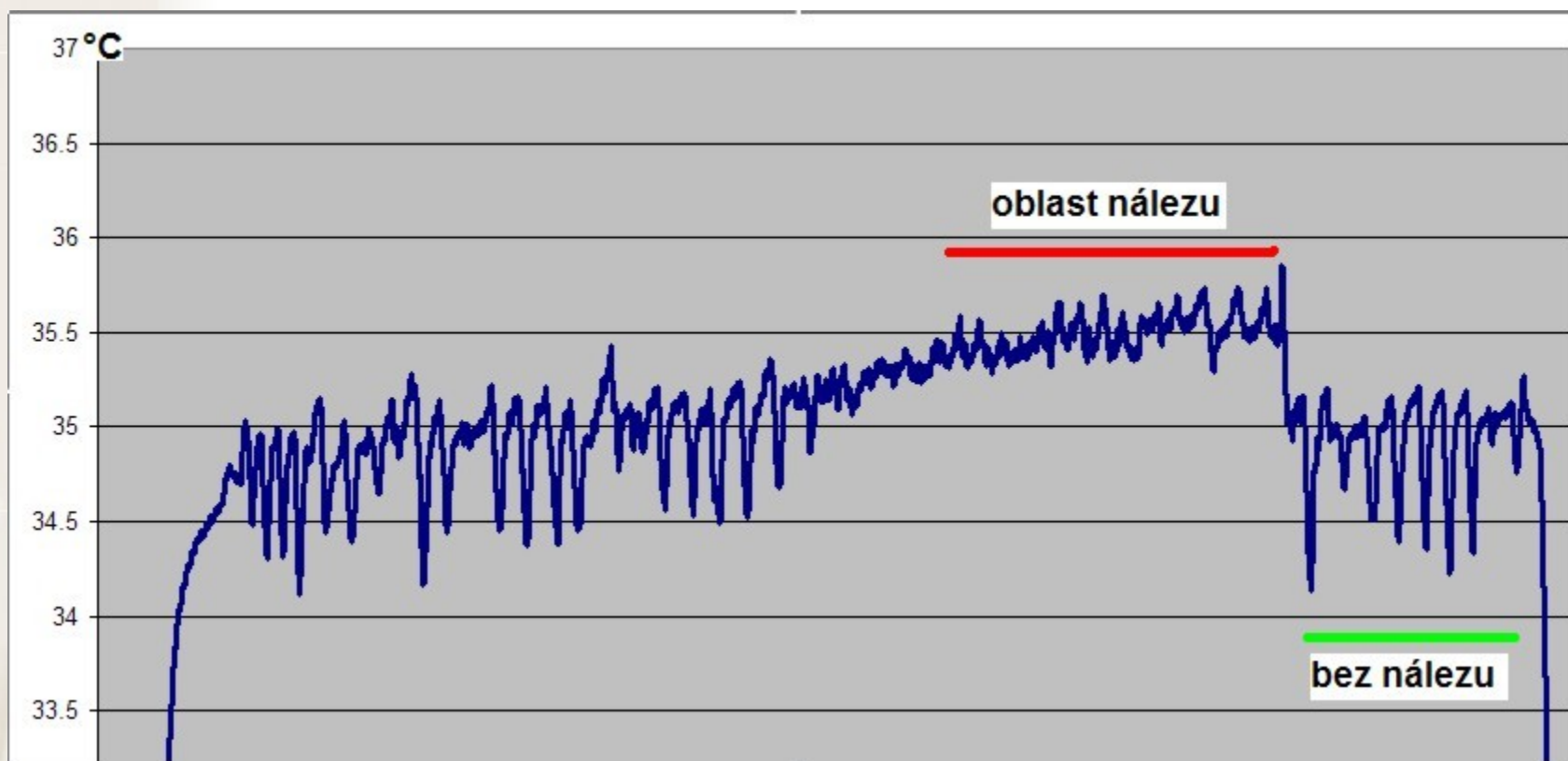


kardiotokogram

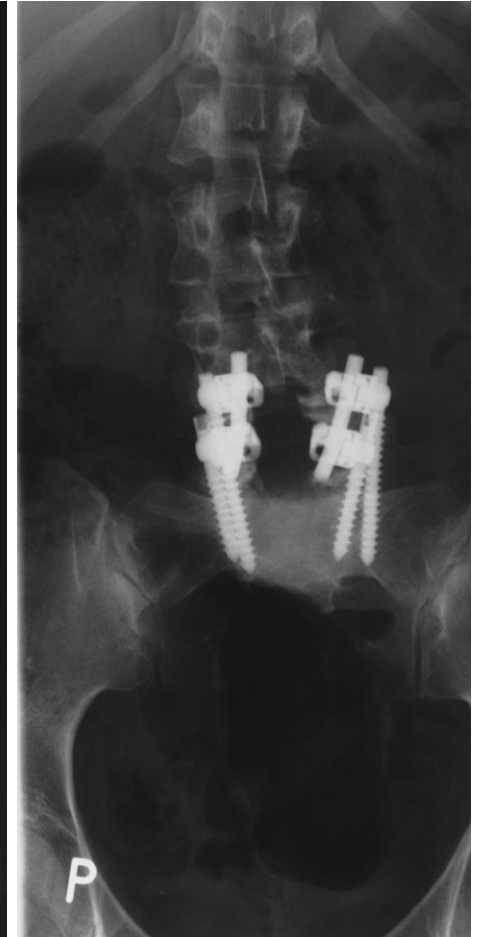
NĚKOLIK PŘÍKLADŮ NA ÚVOD



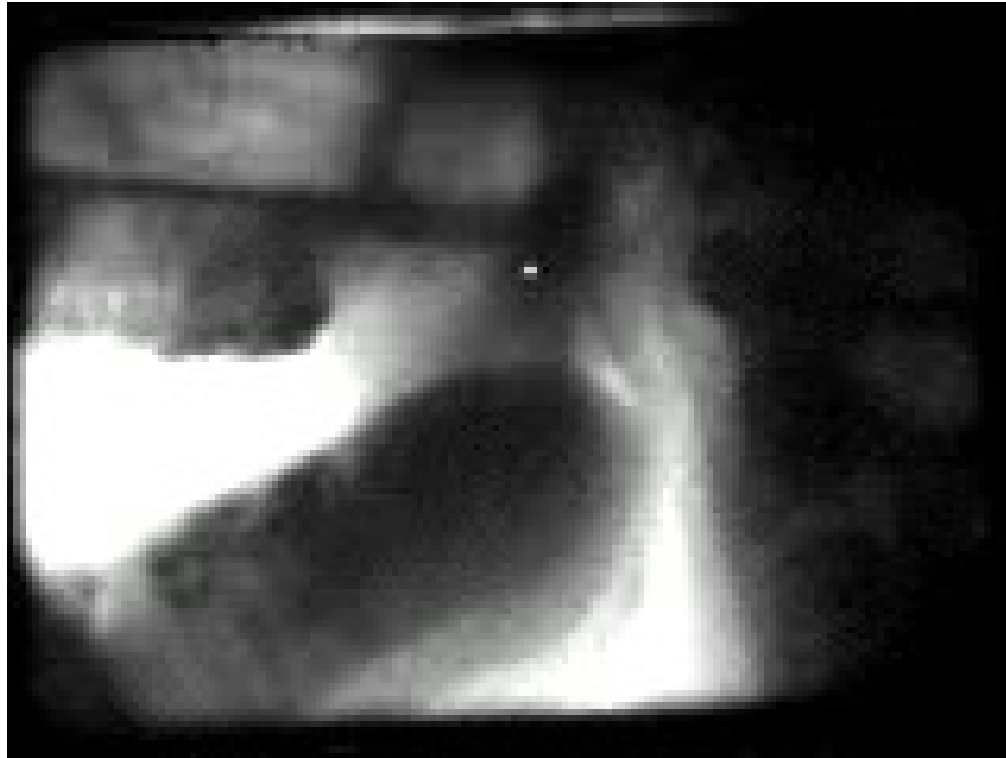
NĚKOLIK PŘÍKLADŮ NA ÚVOD



NĚKOLIK PŘÍKLADŮ NA ÚVOD



NĚKOLIK PŘÍKLADŮ NA ÚVOD



CO JE TO SIGNÁL ?

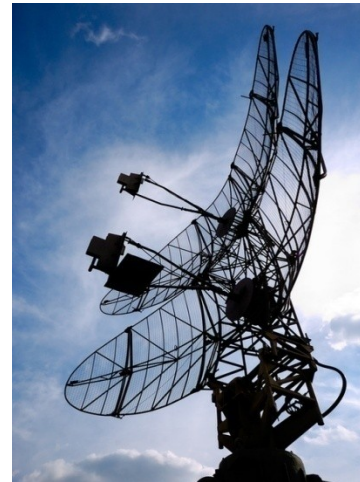
CO JE TO SIGNÁL ?



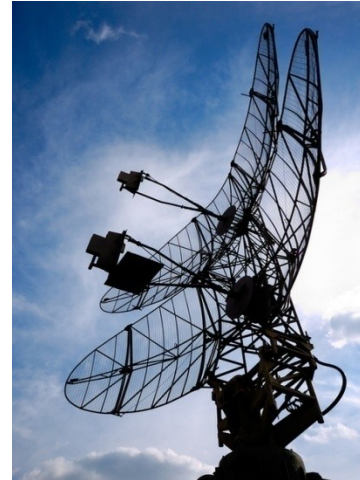
CO JE TO SIGNÁL ?



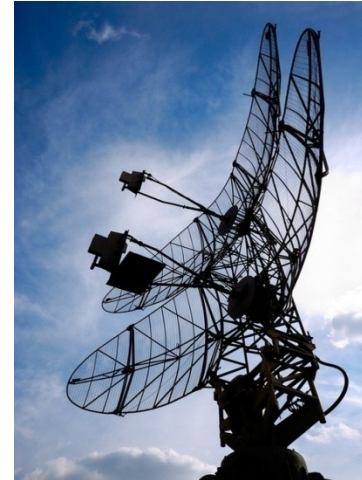
CO JE TO SIGNÁL ?



CO JE TO SIGNÁL ?



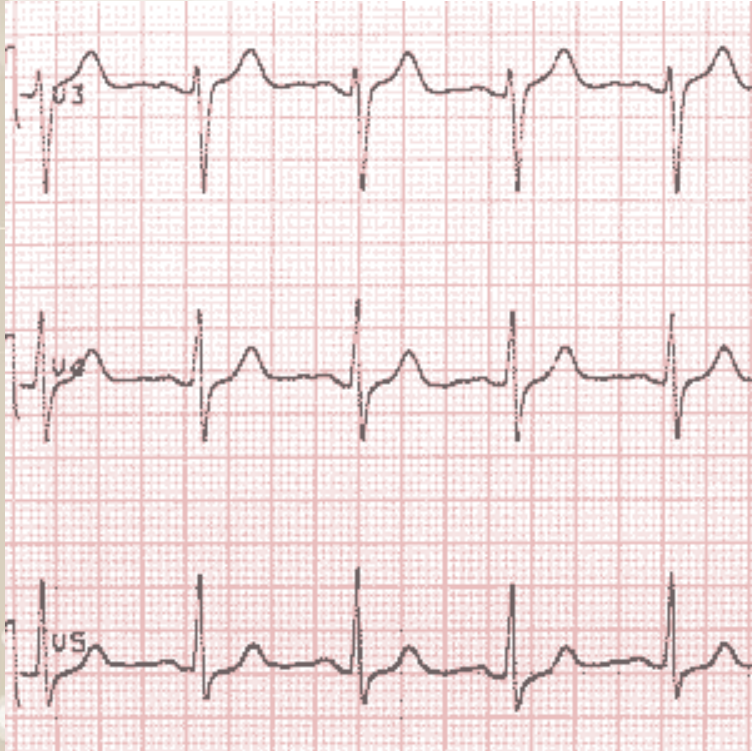
CO JE TO SIGNÁL ?



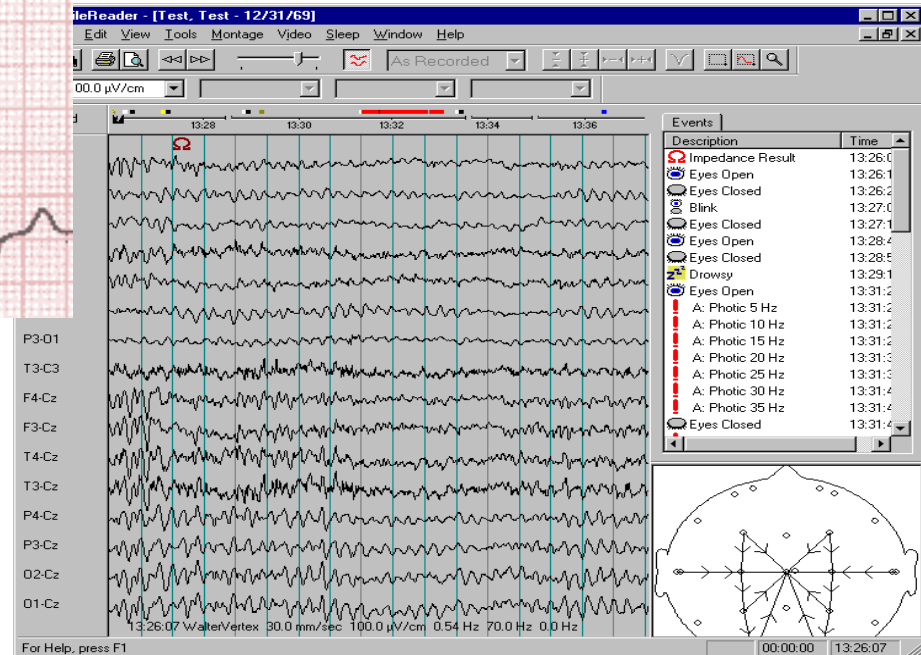
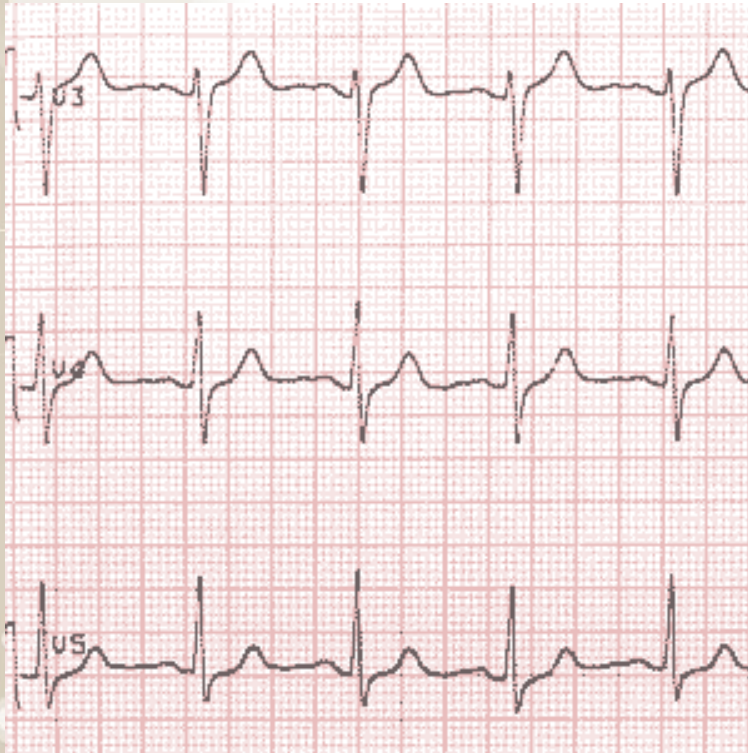
CO JE TO SIGNÁL ?



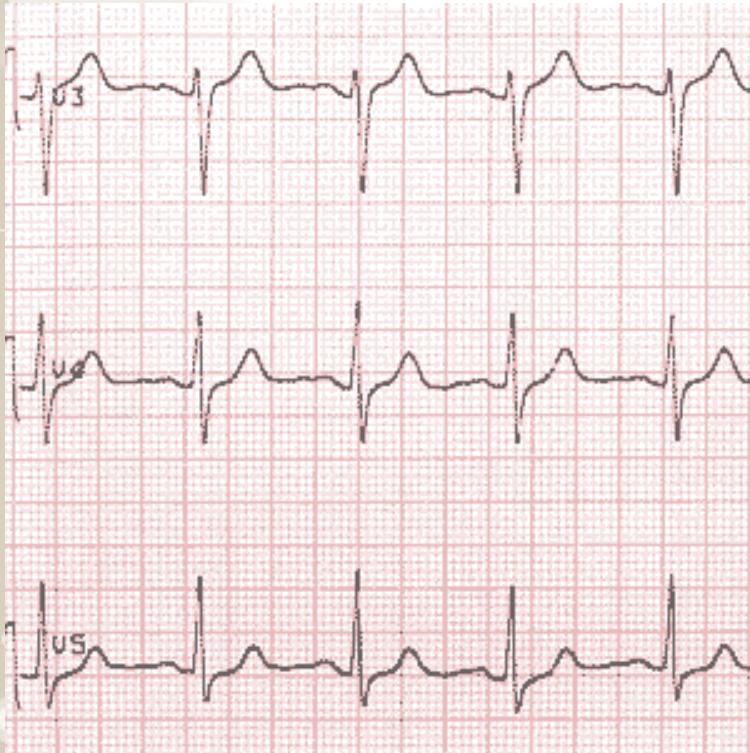
CO JE TO SIGNÁL ?



CO JE TO SIGNÁL ?



CO JE TO SIGNÁL ?



hishimura yurie RAB 2-5L/Obstetric MI 0.8 Center For Human Reproduction
3.8/14.3cm / 2.1Hz 2005-09-14 03:11:49 PM
Default
Th26:Qual high2
B54 / V55
Mix16 84
4D Real Time

FileReader - [Test_Test - 12/31/69]
Edit View Tools Montage Video Sleep Window
VCine 40 Start Volpre 20 sec
00.0 µV/cm

Description	Time
Impedance Result	13:26:0
Eyes Open	13:26:1
Eyes Closed	13:26:2
Blink	13:27:0
Eyes Closed	13:27:1
Eyes Open	13:28:4
Eyes Closed	13:28:5
Drowsy	13:29:1
Eyes Open	13:31:2
A: Photic 5 Hz	13:31:2
A: Photic 10 Hz	13:31:2
A: Photic 15 Hz	13:31:2
A: Photic 20 Hz	13:31:3
A: Photic 25 Hz	13:31:3
A: Photic 30 Hz	13:31:4
A: Photic 35 Hz	13:31:4
Eyes Closed	13:31:4

P3-O1
T3-C3
F4-C2
F3-C2
T4-C2
T3-C2
P4-C2
P3-C2
O2-C2
O1-C2

13:26:07 WaterVertex 30.0 mm/sec 100.0 µV/cm 0.54 Hz 70.0 Hz 0.0 Hz

CO JE TO SIGNÁL ?

DEFINICE

CO JE TO SIGNÁL ?

DEFINICE

Signál je jev fyzikální, chemické, biologické, ekonomické či jiné materiální povahy, nesoucí informaci o stavu systému, který jej generuje.

CO JE TO SIGNÁL ?

DEFINICE

Signál je jev fyzikální, chemické, biologické, ekonomické či jiné materiální povahy, nesoucí **informaci** o stavu **systemu**, který jej generuje.

INFORMACE

- ☑ poznatek (znalost) týkající se jakýchkoliv objektů, např. faktů, událostí, věcí, procesů nebo myšlenek včetně pojmů, které mají v daném kontextu specifický význam (ISO/IEC 2382-1:1993 „Informační technologie – část I: Základní pojmy“)
- ☑ název pro obsah toho, co se vymění s vnějším světem, když se mu přizpůsobujeme a působíme na něj svým přizpůsobováním. Proces přijímání a využívání informace je procesem našeho přizpůsobování k nahodilostem vnějšího prostředí a aktivního života v tomto prostředí (WIENER);
- ☑ poznatek, který omezuje nebo odstraňuje nejistotu týkající se výskytu určitého jevu z dané množiny možných jevů;

!!! NEHMOTNÁ !!!

CO JE TO SIGNÁL ?

DEFINICE

Signál je jev fyzikální, chemické, biologické, ekonomické či jiné materiální povahy, nesoucí informaci o stavu systému, který jej generuje, **a jeho dynamice.**

CO JE TO SIGNÁL ?

DEFINICE

Signál je jev fyzikální, chemické, biologické, ekonomické či jiné materiální povahy, nesoucí informaci o stavu systému, který jej generuje, a jeho dynamice.

Je-li zdrojem informace živý organismus, pak hovoříme o **biosignálech** bez ohledu na **podstatu** nosiče informace.

ZPRACOVÁNÍ SIGNÁLU



ZPRACOVÁNÍ SIGNÁLU



NOSIČ

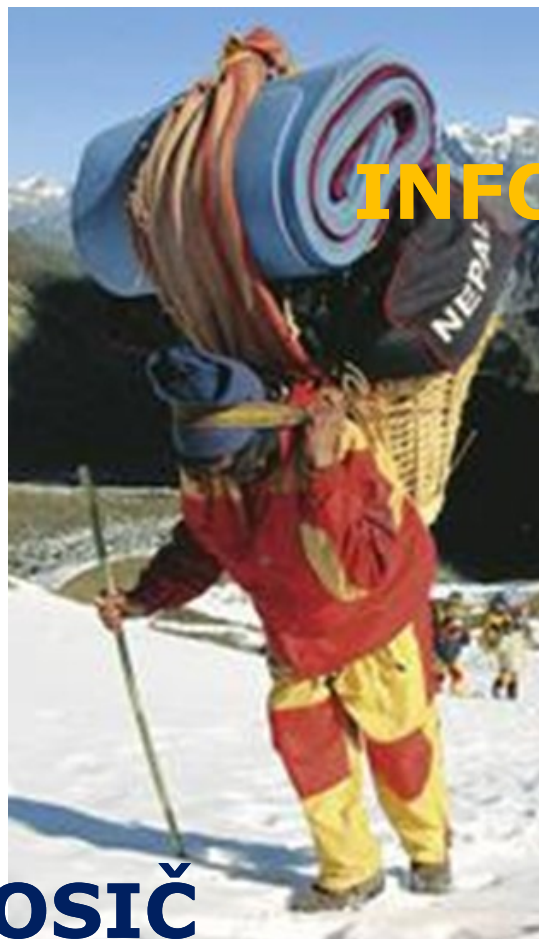
ZPRACOVÁNÍ SIGNÁLU



INFORMACE

NOSIČ

ZPRACOVÁNÍ SIGNÁLU



INFORMACE

NOSIČ

TO NECHME TECHNIKŮM (ELEKTRIKÁŘŮM, ...)

ZPRACOVÁNÍ SIGNÁLU



INFORMACE



**ZPRACOVÁNÍ
INFORMACE**

NOSIČ

TO NECHME TECHNIKŮM (ELEKTRIKÁŘŮM, ...)



II. ZÁKLADNÍ KONCEPT ZPRACOVÁNÍ DAT



ZÁKLADNÍ KONCEPT

**REÁLNÝ
OBJEKT**

ZÁKLADNÍ KONCEPT

REÁLNÝ
OBJEKT

HODNOTÍCÍ
„VÝROK“

ZÁKLADNÍ KONCEPT

**REÁLNÝ
OBJEKT**

**HODNOTÍCÍ
„VÝROK“**

**O STAVU, RESP.
CHOVÁNÍ REÁLNÉHO
OBJEKTU**

ZÁKLADNÍ KONCEPT



ZÁKLADNÍ KONCEPT

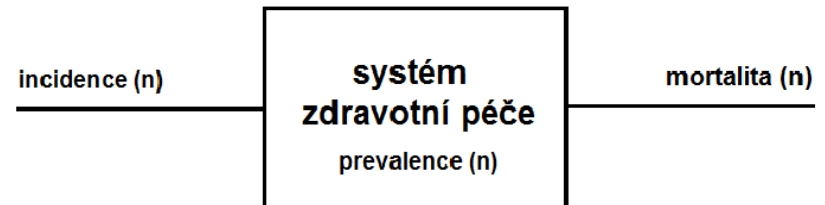


**CÍLEM JE ODHALIT TEN PŘÍČINNÝ
DETERMINISTICKÝ VZTAH NAVZDORY VŠEMU
TOMU, CO NÁM TO ODHALENÍ KAZÍ**

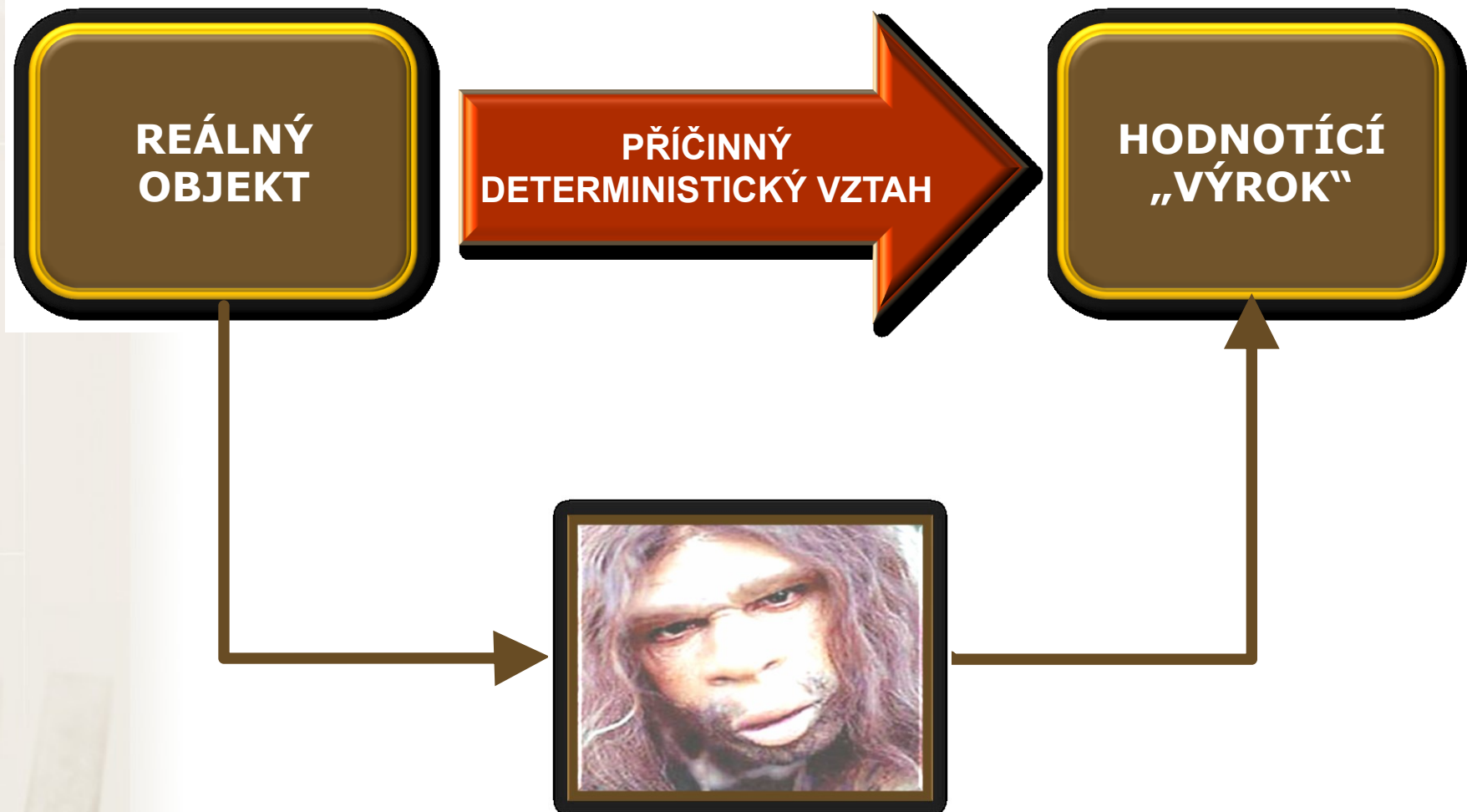
K ČEMU TO JE?



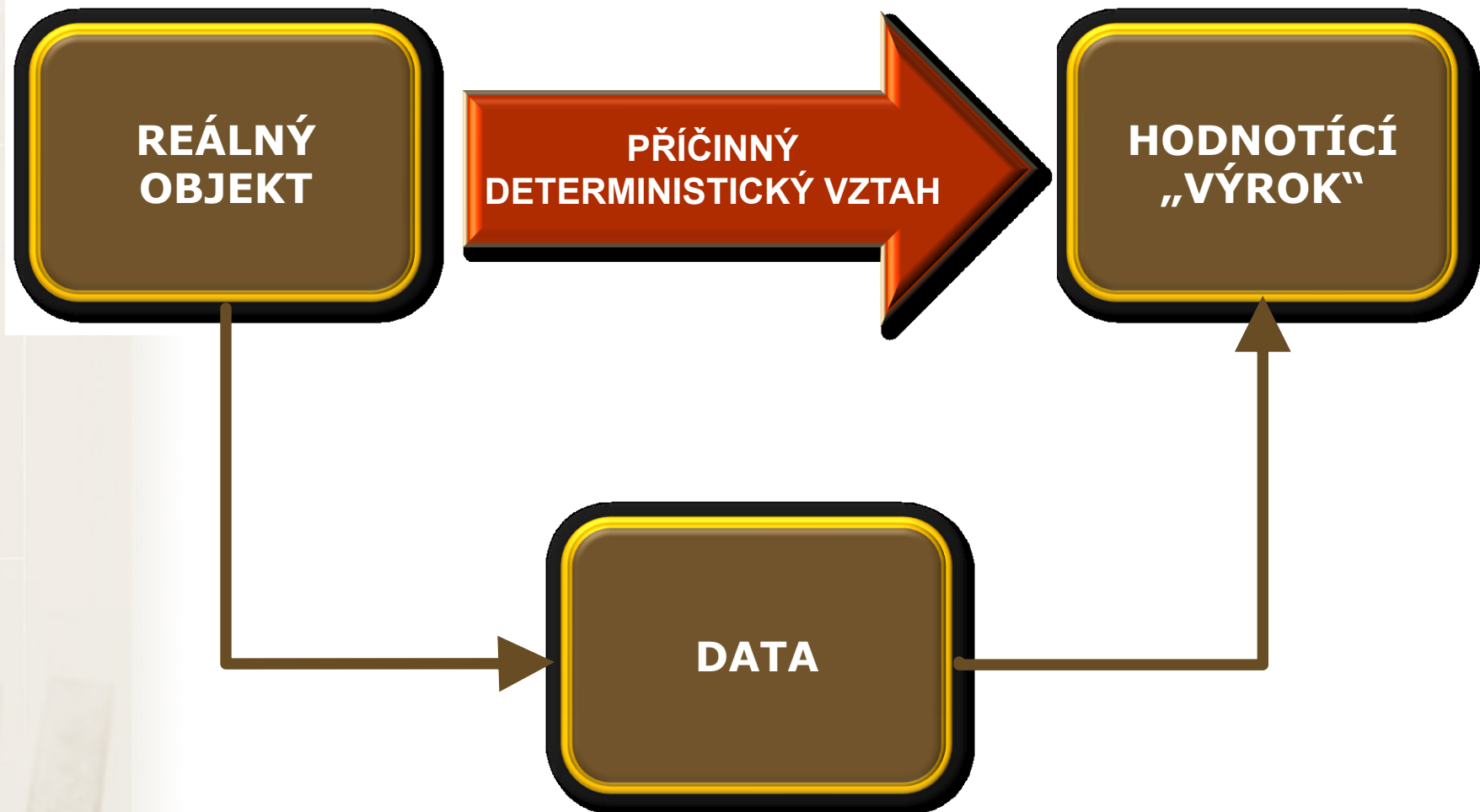
- zjistit co se děje v reálném objektu;
- dokázat jej zařadit;
- dokázat predikovat jeho chování;
-



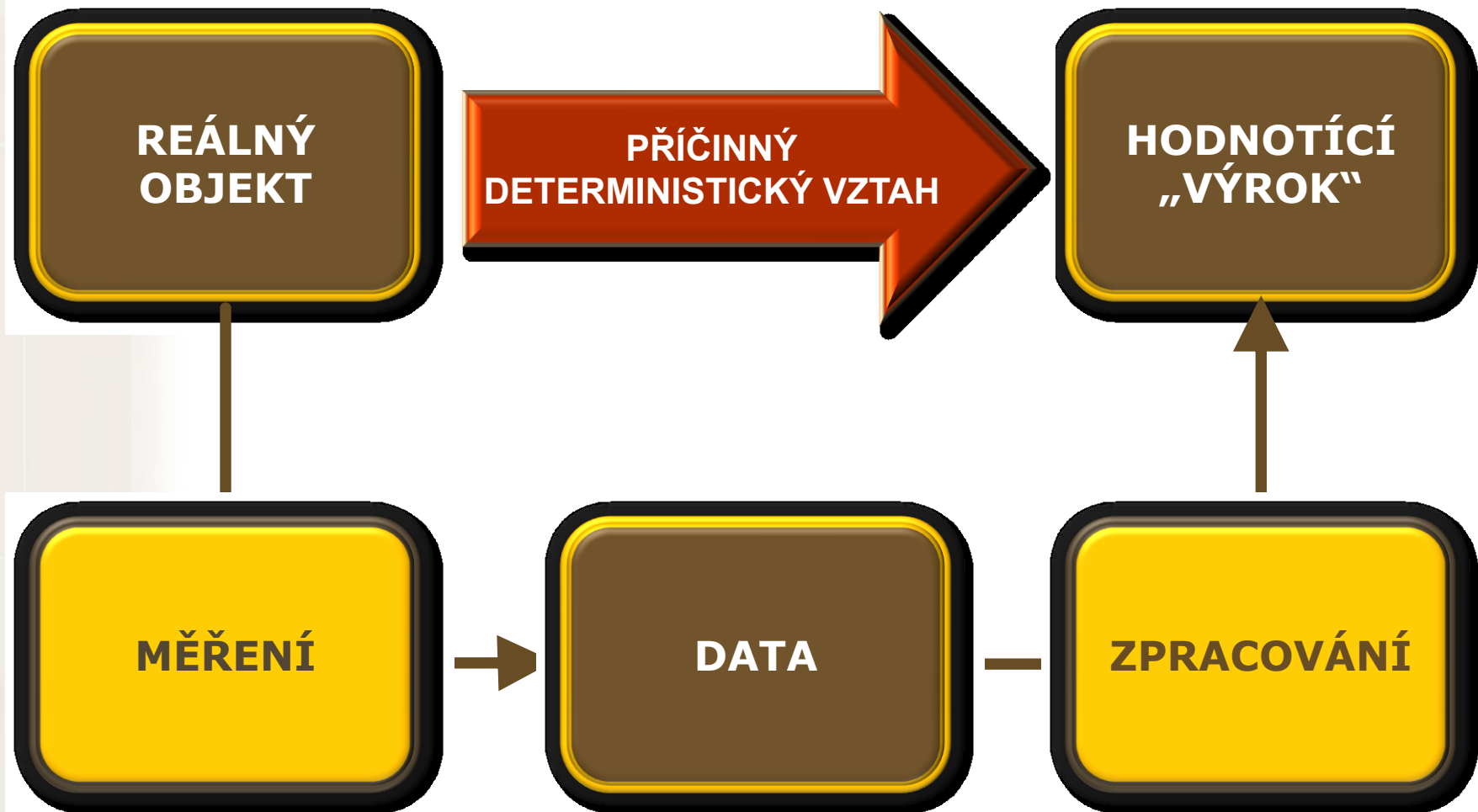
ZÁKLADNÍ KONCEPT



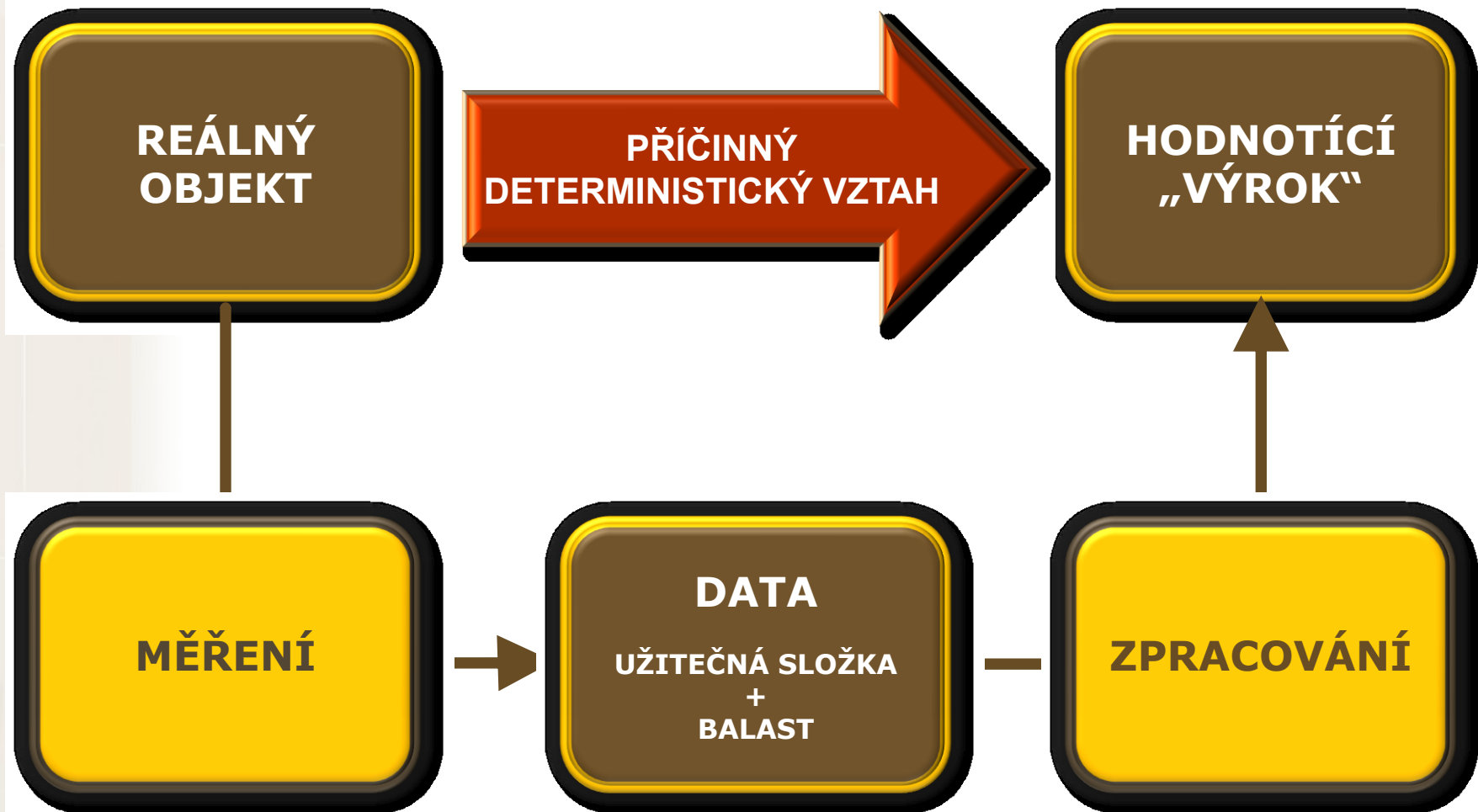
ZÁKLADNÍ KONCEPT



ZÁKLADNÍ KONCEPT



ZÁKLADNÍ KONCEPT

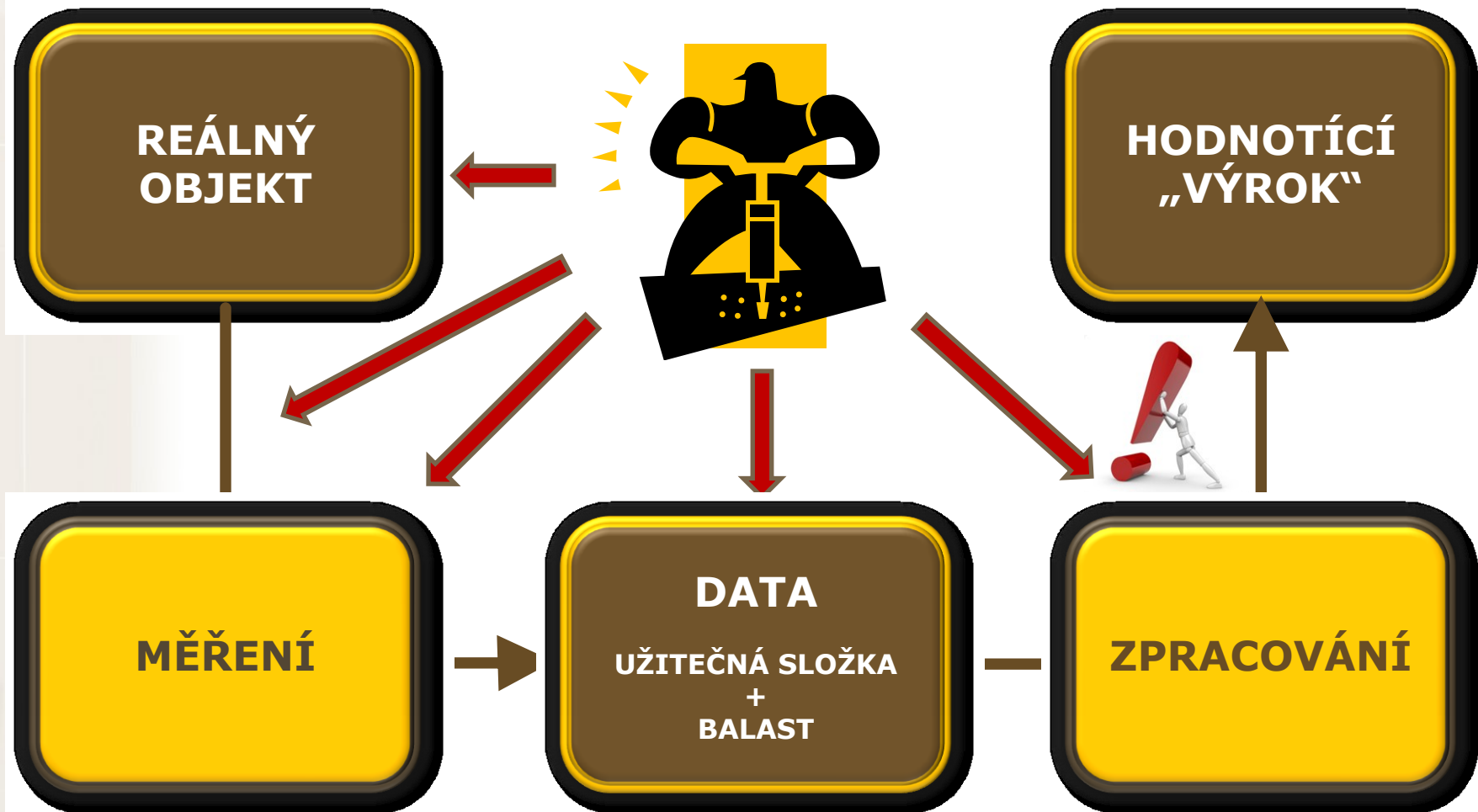


ZÁKLADNÍ KONCEPT

☑ užitečná složka

to je ta **deterministická** část dat, kterou využijeme pro generování výroku

ZÁKLADNÍ KONCEPT



DATA (ČASOVÉ ŘADY)

☑ užitečná složka

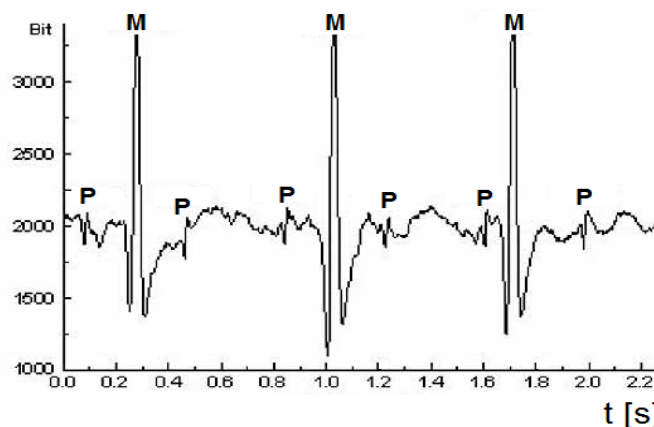
to je ta **deterministická** část dat, kterou využijeme pro generování výroku

☑ balast

část dat nesouvisející s cílem zpracování

→ deterministická část

☐ přímo ze zdroje



DATA (ČASOVÉ ŘADY)

☑ užitečná složka

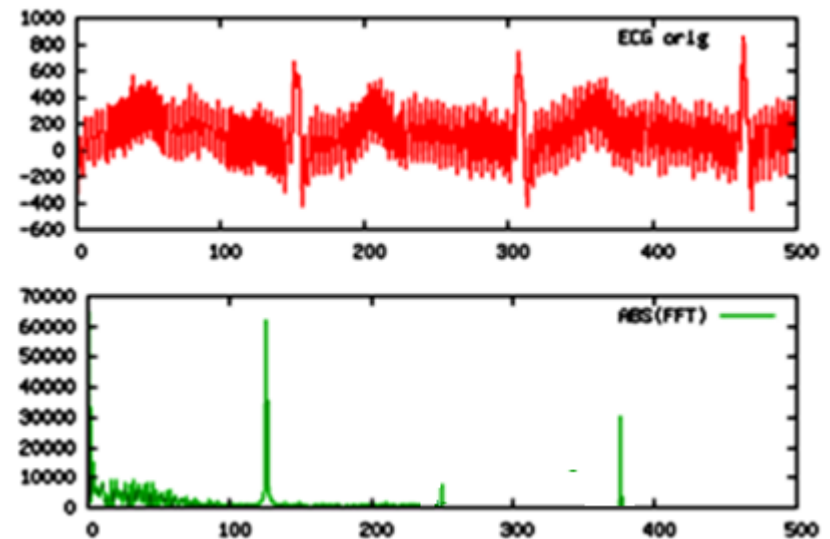
to je ta **deterministická** část dat, kterou využijeme pro generování výroku

☑ balast

část dat nesouvisející s cílem zpracování

→ deterministická část

- ☐ přímo ze zdroje
- ☐ zavlečená po cestě



DATA (ČASOVÉ ŘADY)

☑ užitečná složka

to je ta **deterministická** část dat, kterou využijeme pro generování výroku

☑ balast

část dat nesouvisející s cílem zpracování

→ deterministická část

- ☐ přímo ze zdroje
- ☐ zavlečená po cestě


→ všechno ostatní, tj. **nedeterministická** (?) složka
na její příčiny buď nemáme nebo nám to nestojí za námahu

NEDETERMINISTICKÁ SLOŽKA

- ☑ náhodná – pravděpodobnost, statistika



(G. Cardano *Liber de ludo aleae*
1663)

- ☑  – příslušnost, fuzzy algebra
(L.A. Zadeh 1965)



- ☑ hrubá – důvěra, hrubé množiny
(Z. Pawłak 1991)



ZÁKLADNÍ KONCEPT

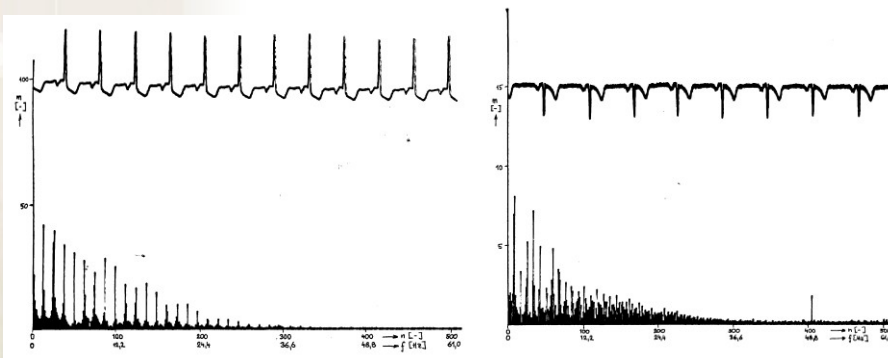
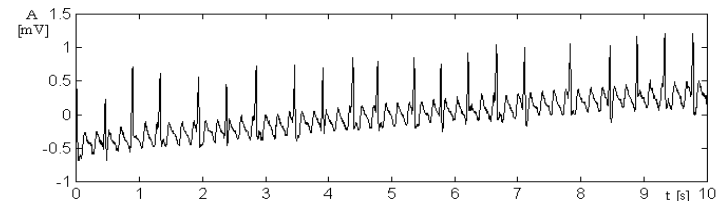
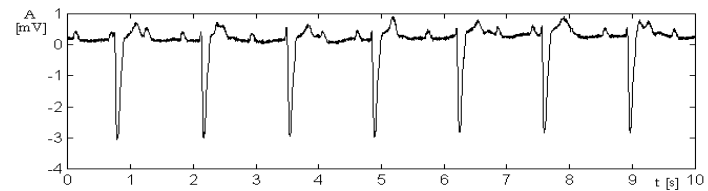
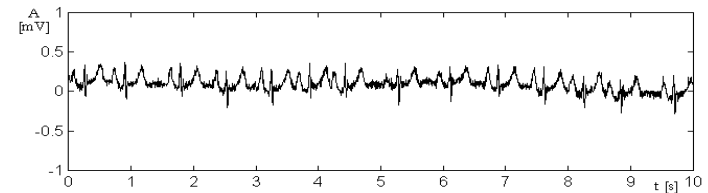
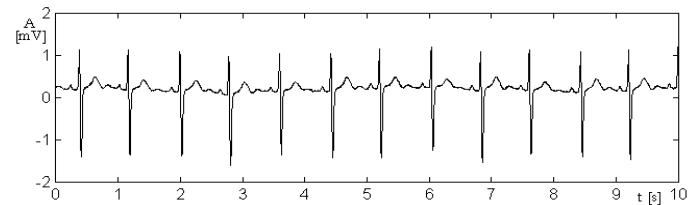


**CÍLEM JE ODHALIT TEN PŘÍČINNÝ
DETERMINISTICKÝ VZTAH NAVZDORY VŠEMU
TOMU, CO NÁM TO ODHALENÍ KAZÍ**

SKLADBA DAT

☑ matematický model deterministické složky(složek)

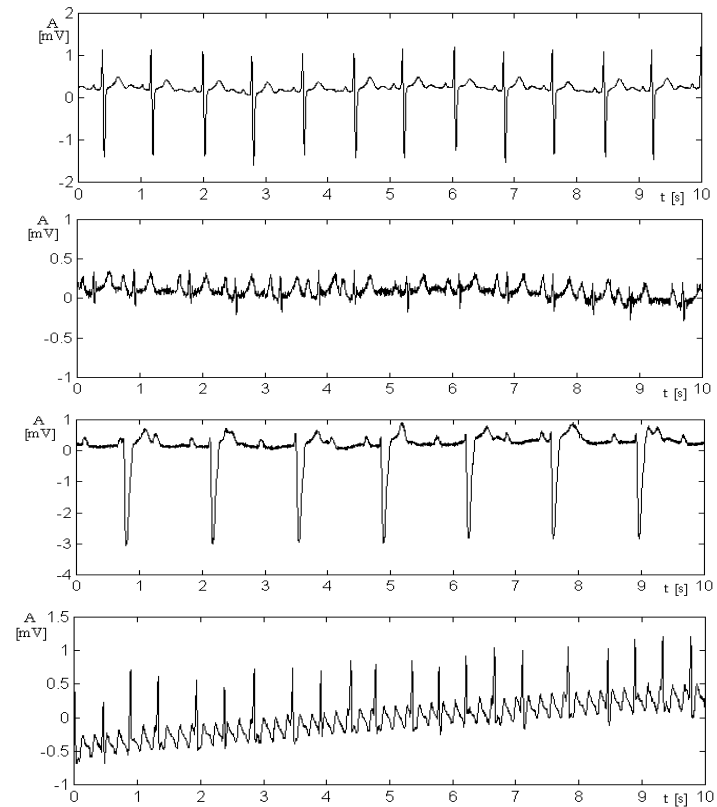
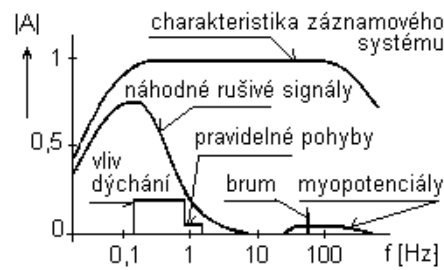
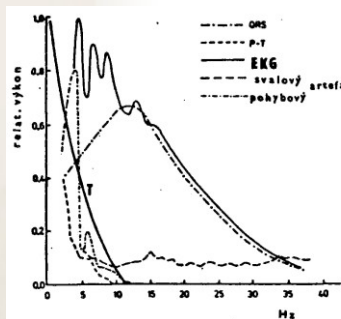
a zkoumáme jak data odpovídají modelové představě



SKLADBA DAT

☑ matematický model deterministické složky(složek)

a zkoumáme jak data odpovídají modelové představě



SKLADBA DAT

- ☑ model deterministické složky(složek);
 - nelineární
 - lineární
 - ☐ časová oblast
 - ☐ frekvenční oblast
 - ☐ ...

SKLADBA DAT

- ☑ model deterministické složky(složek);
 - nelineární
 - lineární
 - ☐ časová oblast
 - ☐ frekvenční oblast
 - ☐ ...

- ☑ model nedeterministické složky
 - pravděpodobnostní
 - fuzzy
 - hrubý
 - ...

ZA TÝDEN NASHLEDANOU