

# MINŐSÉGSZABÁLYOZÁS A GÉPIPARBAN

*Dr. Drégelyi-Kiss Ágota*

e-mail: [dregelyi.agota@bgk.uni-obuda.hu](mailto:dregelyi.agota@bgk.uni-obuda.hu)

<http://uni-obuda.hu/users/dregelyia>

# ISO 9000:2008

## A STATISZTIKAI MÓDSZEREK HASZNÁLATÁRÓL

*“A statisztikai módszerek használata segíthet a változékonyság megismerésében, és ezzel hozzásegítheti a szervezetet problémái megoldásához, valamint az eredményesség és a hatékonyság fokozásához.*

*Ezek a módszerek arra is alkalmasak, hogy megkönnyítsék a rendelkezésre álló adatok felhasználását, és ezzel segítsék a döntéshozatalt. ...*

*A statisztikai módszerek segíthetnek az ilyen változékonyság mérésében, leírásában, elemzésében, értelmezésében és modellezésében. ...*

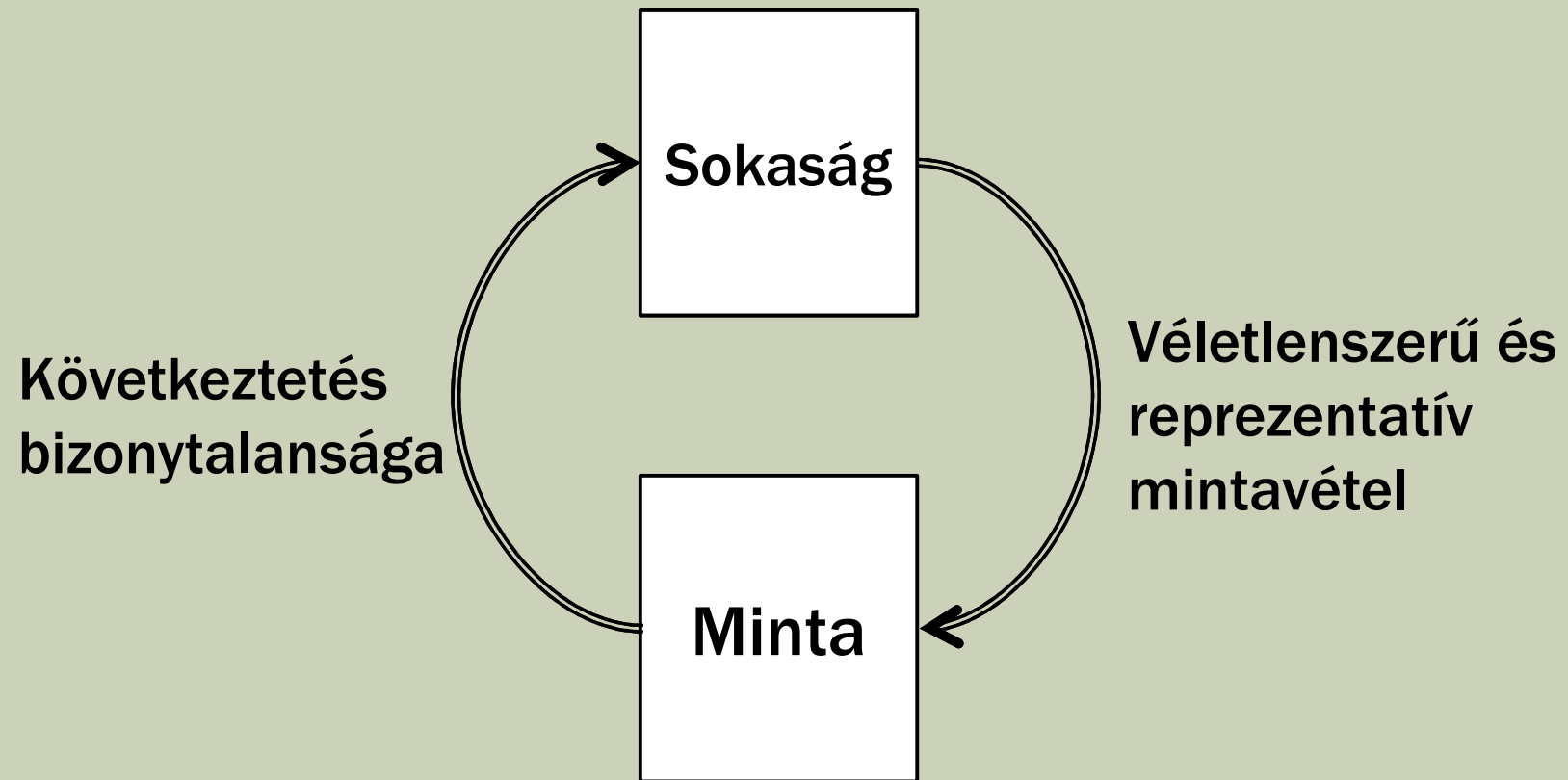
*Ezeknek az adatoknak a statisztikai elemzése segíthet a változékonyság természetének, mértékének és okainak jobb megismerésében, és ezáltal segítheti olyan problémák megoldását, sőt megelőzését, amelyek az ilyen változékonyságból erednek, és előmozdíthatja a folyamatos fejlesztést.”*

# A MATEMATIKAI STATISZTIKA GYÁRTÁSKÖZELI ALKALMAZÁSI TERÜLETEI

- gépek, gyártási folyamatok minőségképességének vizsgálata, minőségképesség indexek számítása a fejlesztésben és a gyártási folyamatokban
- beszállítók minőségképességének elemzése és minősítése
- mérőeszközök jellemzőinek vizsgálata (R&R vizsgálat), mérőeszköz-képesség vizsgálat ( $C_g$ ,  $C_{gk}$  számítás)
- ellenőrző kártyás vagy számítógépes folyamatszabályozás (SPC)
- átvételi ellenőrzés
- gyártás- és gyártásközi ellenőrzés
- gyártáselemzés és optimalizálás
- hibaelemzés, selejtsökkentés
- piackutatási és vevőszolgálati adatok elemzése

# MATEMATIKAI STATISZTIKAI ÉS VALÓSZÍNŰSÉGELMÉLETI ALAPOK

# STATISZTIKA CÉLJA



# VALÓSZÍNŰSÉGELMÉLETI ÉS MATEMATIKAI STATISZTIKAI ALAPOK

- Véletlen jelenség (esemény)

A valószínűség számítás tárgya a véletlen tömegjelenségek vizsgálata.

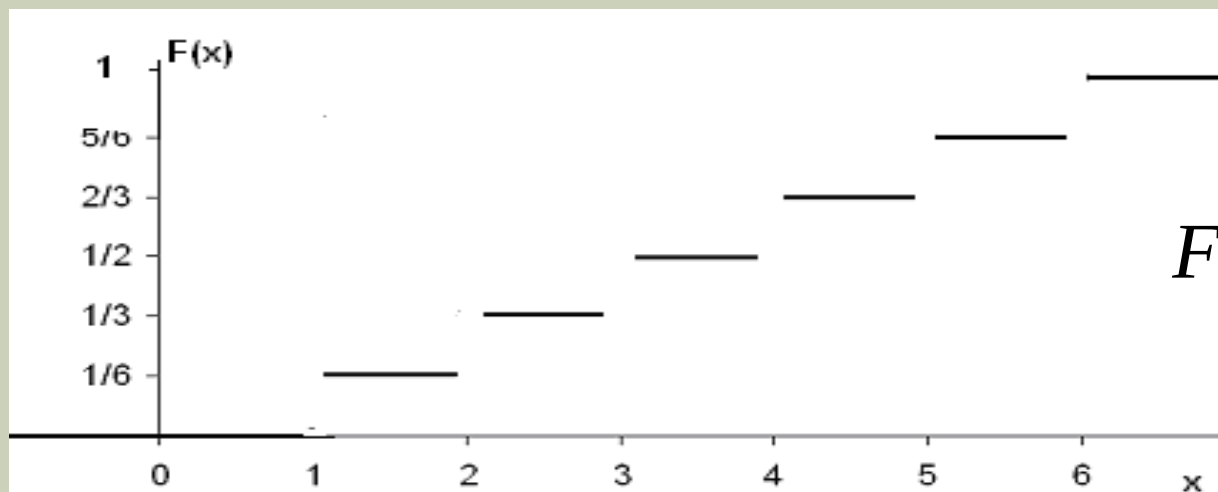
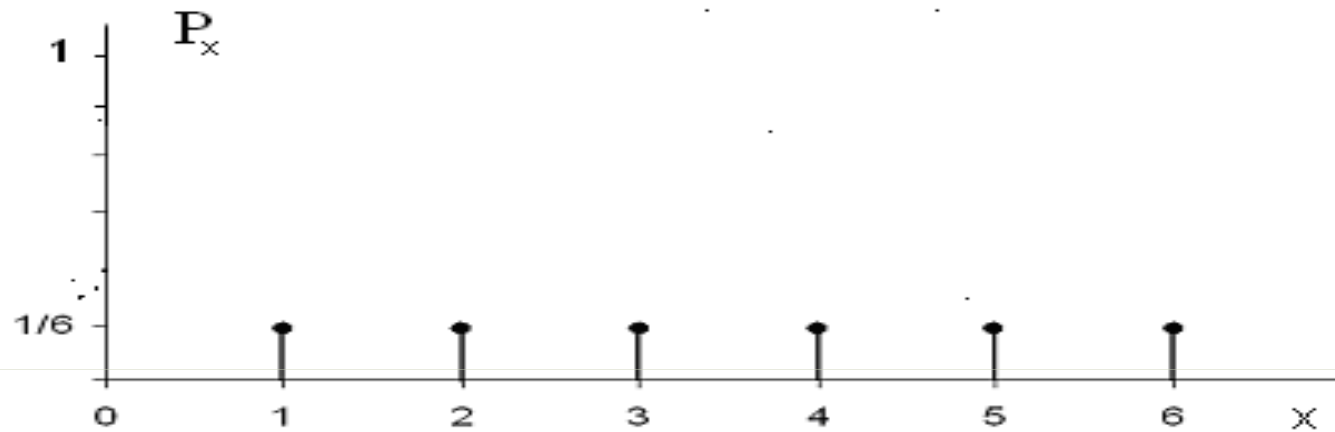
- Sokaság és minta

- Valószínűségi változó

Az a mennyiség, amely értéke nem állandó, hanem esetről esetre más lehet, de meghatározható, mekkora valószínűséggel esik megadott határok közé.

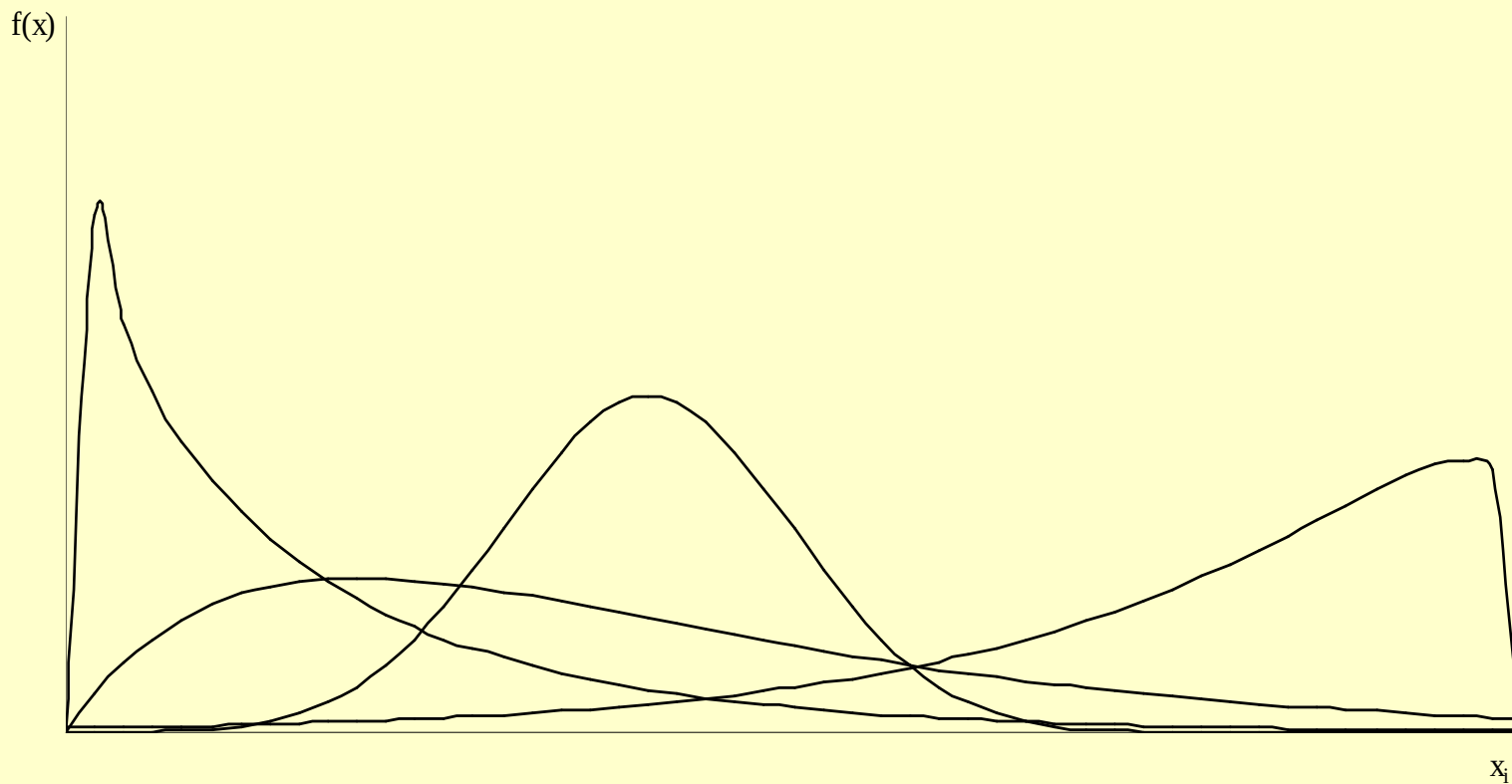
- Diszkrét valószínűségi változó (pl. kockadobás, hibák száma, selejtek száma)
- Folytonos valószínűségi változó (pl. kávécsomagok tömege, alkatrészek mérete)

# DISZKRÉT VALÓSZÍNŰSÉGI VÁLTOZÓ SŰRŰSÉG- ÉS ELOSZLÁSFÜGGVÉNYE



$$F(x) = P(i \leq x) = \sum_{i=1}^x P_i$$

# FOLYTONOS VALÓSZÍNŰSÉGI VÁLTOZÓ SŰRŰSÉG- ÉS ELOSZLÁSFÜGGVÉNYE



$$F(x_i) = P(x \leq x_i) = \int_{-\infty}^{x_i} f(x) dx$$



# VALÓSZÍNŰSÉGI VÁLTOZÓK LEGFONTOSABB PARAMÉTEREI

## ■ Várható érték

A várható érték a sokaság tulajdonsága.  $E(X)$

## ■ Szórásnégyzet (Variancia)

Az egyes értékek várható érték körüli ingadozásának mértéke.  $D^2(X)$

Minden eloszlás jellemezhető ezen paraméterekkel, a sűrűség- és az eloszlásfüggvényvel.

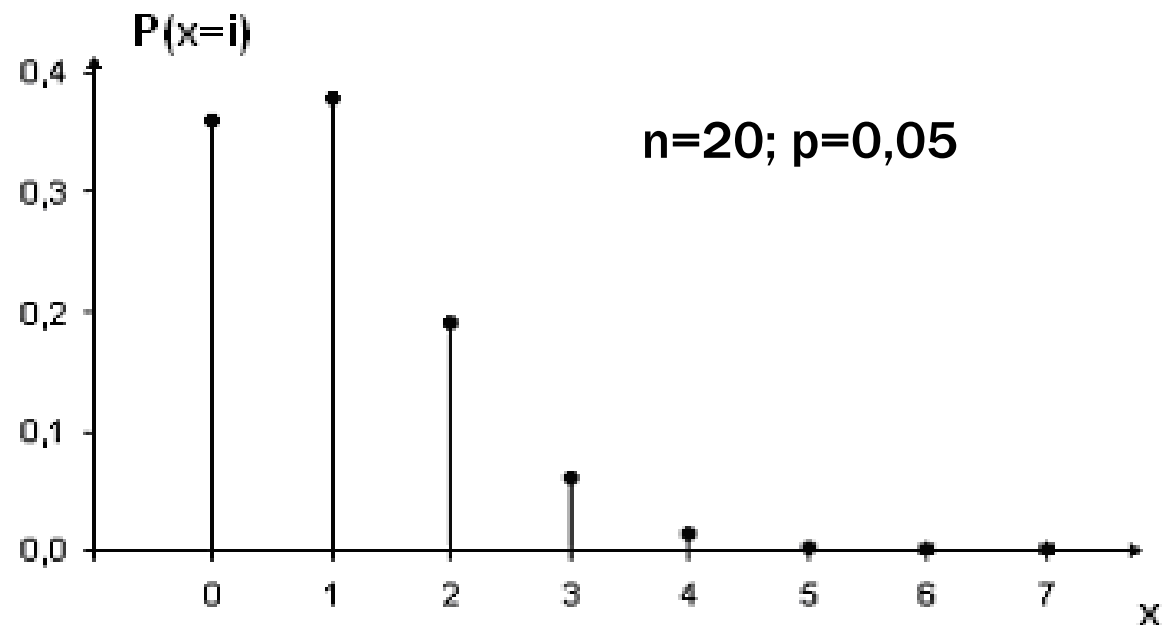
# NEVEZETES DISZKRÉT ELOSZLÁSOK

## BINOMIÁLIS ELOSZLÁS

$$P(X=i) = \binom{n}{i} \cdot p^i \cdot (1-p)^{n-i}$$

$$E(X) = n \cdot p$$

$$D^2(X) = n \cdot p(1-p)$$



# NEVEZETES DISZKRÉT ELOSZLÁSOK

## POISSON ELOSZLÁS

$$P(x = i) = \frac{\lambda^i}{i!} e^{-\lambda}$$

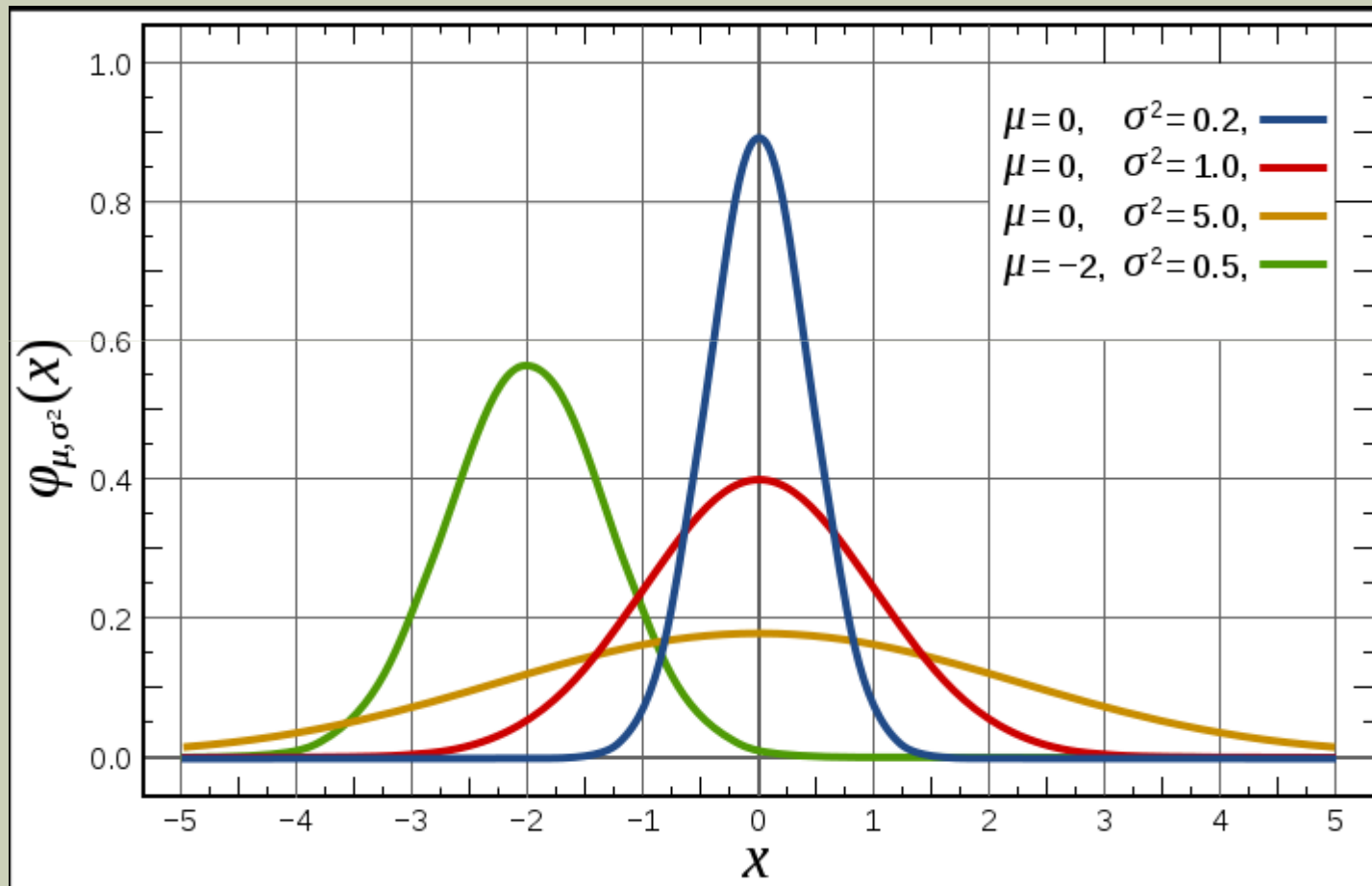
$$E(x) = \lambda$$

$$D^2(x) = \lambda$$

Egy autópálya bejáratánál az átlagos forgalom 360 autó óránként. Mekkora a valószínűsége, hogy egy percig a forgalmat figyelve azt találjuk, hogy 2 autó halad át?

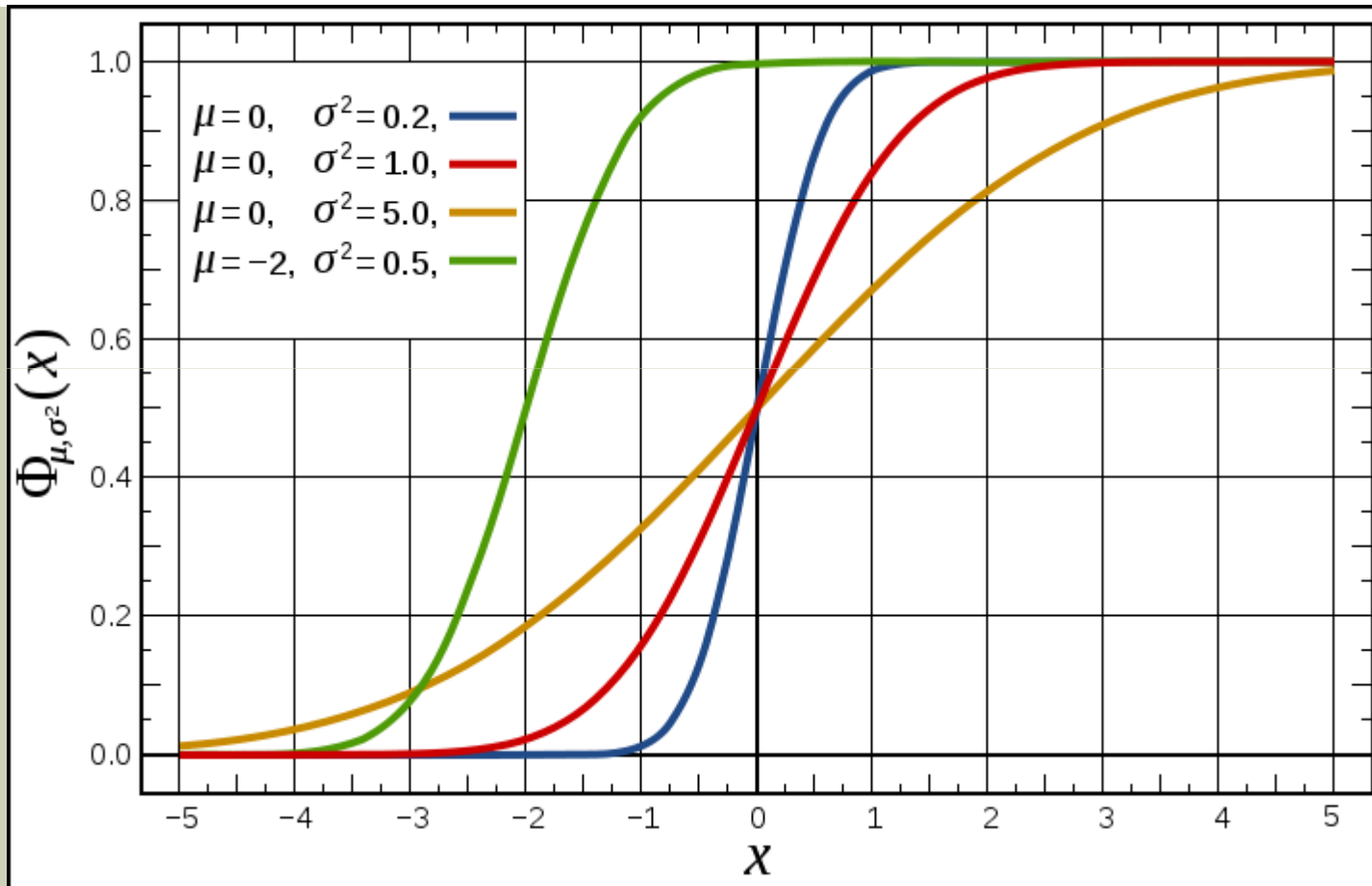
*Az eloszlás paramétere a percenkénti előfordulások átlagos száma, azaz 6 autó/perc.*

# LEGFONTOSABB FOLYTONOS ELOSZLÁS NORMÁLIS ELOSZLÁS - SŰRŰSÉGFÜGGVÉNY



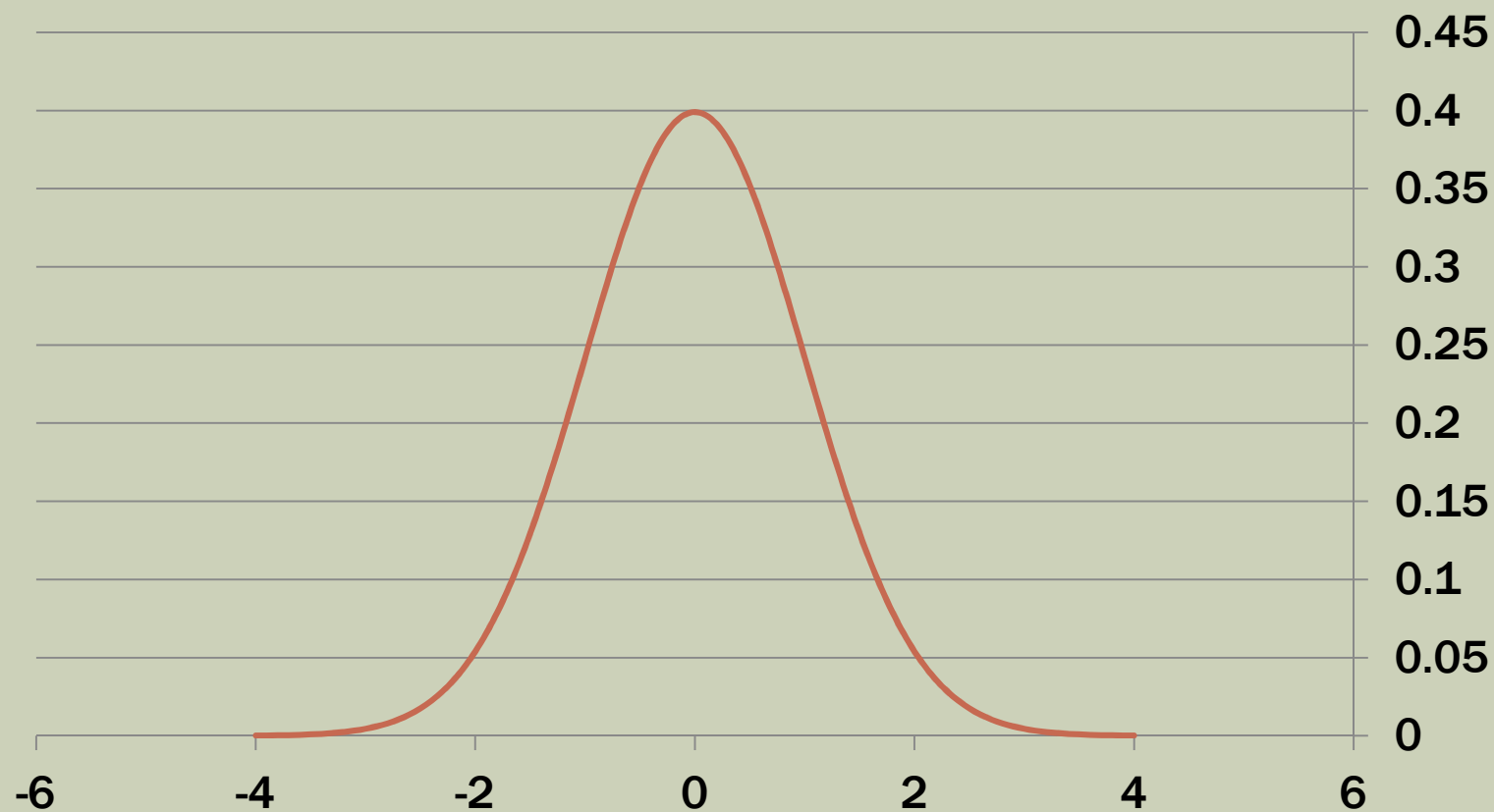
$$E(x) = \mu \quad D^2(x) = \sigma^2$$

# LEGFONTOSABB FOLYTONOS ELOSZLÁS NORMÁLIS ELOSZLÁS - ELOSZLÁSFÜGGVÉNY



$$F(x_i) = P(x \leq x_i) = \int_{-\infty}^{x_i} f(x) dx$$

# STANDARDIZÁLT NORMÁLIS ELOSZLÁS



$$u = \frac{x - \mu}{\sigma}, \quad E(u) = 0, \quad D^2(u) = 1$$

# STANDARD NORMÁLIS ELOSZLÁS TÁBLÁZATA

|     | 0             | 0,01          | 0,02          | 0,03          | 0,04          | 0,05          | 0,06          | 0,07          | 0,08          | 0,09          |
|-----|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 0   | 0,5000        | 0,5040        | 0,5080        | 0,5120        | <b>0,5160</b> | 0,5199        | 0,5239        | 0,5279        | 0,5319        | 0,5359        |
| 0,1 | 0,5398        | 0,5438        | 0,5478        | 0,5517        | <b>0,5557</b> | 0,5596        | 0,5636        | 0,5675        | 0,5714        | 0,5753        |
| 0,2 | 0,5793        | 0,5832        | 0,5871        | 0,5910        | <b>0,5948</b> | 0,5987        | 0,6026        | 0,6064        | 0,6103        | 0,6141        |
| 0,3 | 0,6179        | 0,6217        | 0,6255        | 0,6293        | <b>0,6331</b> | 0,6368        | 0,6406        | 0,6443        | 0,6480        | 0,6517        |
| 0,4 | 0,6554        | 0,6591        | 0,6628        | 0,6664        | <b>0,6700</b> | 0,6736        | 0,6772        | 0,6808        | 0,6844        | 0,6879        |
| 0,5 | <b>0,6915</b> | <b>0,6950</b> | <b>0,6985</b> | <b>0,7019</b> | <b>0,7054</b> | <b>0,7088</b> | <b>0,7123</b> | <b>0,7157</b> | <b>0,7190</b> | <b>0,7224</b> |
| 0,6 | 0,7257        | 0,7291        | 0,7324        | 0,7357        | <b>0,7389</b> | 0,7422        | 0,7454        | 0,7486        | 0,7517        | 0,7549        |
| 0,7 | 0,7580        | 0,7611        | 0,7642        | 0,7673        | <b>0,7704</b> | 0,7734        | 0,7764        | 0,7794        | 0,7823        | 0,7852        |
| 0,8 | 0,7881        | 0,7910        | 0,7939        | 0,7967        | <b>0,7995</b> | 0,8023        | 0,8051        | 0,8078        | 0,8106        | 0,8133        |
| 0,9 | 0,8159        | 0,8186        | 0,8212        | 0,8238        | <b>0,8264</b> | 0,8289        | 0,8315        | 0,8340        | 0,8365        | 0,8389        |
| 1   | <b>0,8413</b> | <b>0,8438</b> | <b>0,8461</b> | <b>0,8485</b> | <b>0,8508</b> | <b>0,8531</b> | <b>0,8554</b> | <b>0,8577</b> | <b>0,8599</b> | <b>0,8621</b> |
| 1,1 | 0,8643        | 0,8665        | 0,8686        | 0,8708        | <b>0,8729</b> | 0,8749        | 0,8770        | 0,8790        | 0,8810        | 0,8830        |
| 1,2 | 0,8849        | 0,8869        | 0,8888        | 0,8907        | <b>0,8925</b> | 0,8944        | 0,8962        | 0,8980        | 0,8997        | 0,9015        |
| 1,3 | 0,9032        | 0,9049        | 0,9066        | 0,9082        | <b>0,9099</b> | 0,9115        | 0,9131        | 0,9147        | 0,9162        | 0,9177        |
| 1,4 | 0,9192        | 0,9207        | 0,9222        | 0,9236        | <b>0,9251</b> | 0,9265        | 0,9279        | 0,9292        | 0,9306        | 0,9319        |
| 1,5 | <b>0,9332</b> | <b>0,9345</b> | <b>0,9357</b> | <b>0,9370</b> | <b>0,9382</b> | <b>0,9394</b> | <b>0,9406</b> | <b>0,9418</b> | <b>0,9429</b> | <b>0,9441</b> |
| 1,6 | 0,9452        | 0,9463        | 0,9474        | 0,9484        | <b>0,9495</b> | 0,9505        | 0,9515        | 0,9525        | 0,9535        | 0,9545        |
| 1,7 | 0,9554        | 0,9564        | 0,9573        | 0,9582        | <b>0,9591</b> | 0,9599        | 0,9608        | 0,9616        | 0,9625        | 0,9633        |
| 1,8 | 0,9641        | 0,9649        | 0,9656        | 0,9664        | <b>0,9671</b> | 0,9678        | 0,9686        | 0,9693        | 0,9699        | 0,9706        |
| 1,9 | 0,9713        | 0,9719        | 0,9726        | 0,9732        | <b>0,9738</b> | 0,9744        | 0,9750        | 0,9756        | 0,9761        | 0,9767        |
| 2   | <b>0,9772</b> | <b>0,9778</b> | <b>0,9783</b> | <b>0,9788</b> | <b>0,9793</b> | <b>0,9798</b> | <b>0,9803</b> | <b>0,9808</b> | <b>0,9812</b> | <b>0,9817</b> |
| 2,1 | 0,9821        | 0,9826        | 0,9830        | 0,9834        | <b>0,9838</b> | 0,9842        | 0,9846        | 0,9850        | 0,9854        | 0,9857        |
| 2,2 | 0,9861        | 0,9864        | 0,9868        | 0,9871        | <b>0,9875</b> | 0,9878        | 0,9881        | 0,9884        | 0,9887        | 0,9890        |
| 2,3 | 0,9893        | 0,9896        | 0,9898        | 0,9901        | <b>0,9904</b> | 0,9906        | 0,9909        | 0,9911        | 0,9913        | 0,9916        |
| 2,4 | 0,9918        | 0,9920        | 0,9922        | 0,9925        | <b>0,9927</b> | 0,9929        | 0,9931        | 0,9932        | 0,9934        | 0,9936        |
| 2,5 | <b>0,9938</b> | <b>0,9940</b> | <b>0,9941</b> | <b>0,9943</b> | <b>0,9945</b> | <b>0,9946</b> | <b>0,9948</b> | <b>0,9949</b> | <b>0,9951</b> | <b>0,9952</b> |
| 2,6 | 0,9953        | 0,9955        | 0,9956        | 0,9957        | <b>0,9959</b> | 0,9960        | 0,9961        | 0,9962        | 0,9963        | 0,9964        |
| 2,7 | 0,9965        | 0,9966        | 0,9967        | 0,9968        | <b>0,9969</b> | 0,9970        | 0,9971        | 0,9972        | 0,9973        | 0,9974        |
| 2,8 | 0,9974        | 0,9975        | 0,9976        | 0,9977        | <b>0,9977</b> | 0,9978        | 0,9979        | 0,9979        | 0,9980        | 0,9981        |
| 2,9 | 0,9981        | 0,9982        | 0,9982        | 0,9983        | <b>0,9984</b> | 0,9984        | 0,9985        | 0,9985        | 0,9986        | 0,9986        |
| 3   | <b>0,9987</b> | <b>0,9987</b> | <b>0,9987</b> | <b>0,9988</b> | <b>0,9988</b> | <b>0,9989</b> | <b>0,9989</b> | <b>0,9989</b> | <b>0,9990</b> | <b>0,9990</b> |

# MINTÁBÓL KÉPZETT BECSLÉSEK

- Átlag

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

- Szórás

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

(Megj.: ez az ún. korrigált tapasztalati szórás.)

- Terjedelem

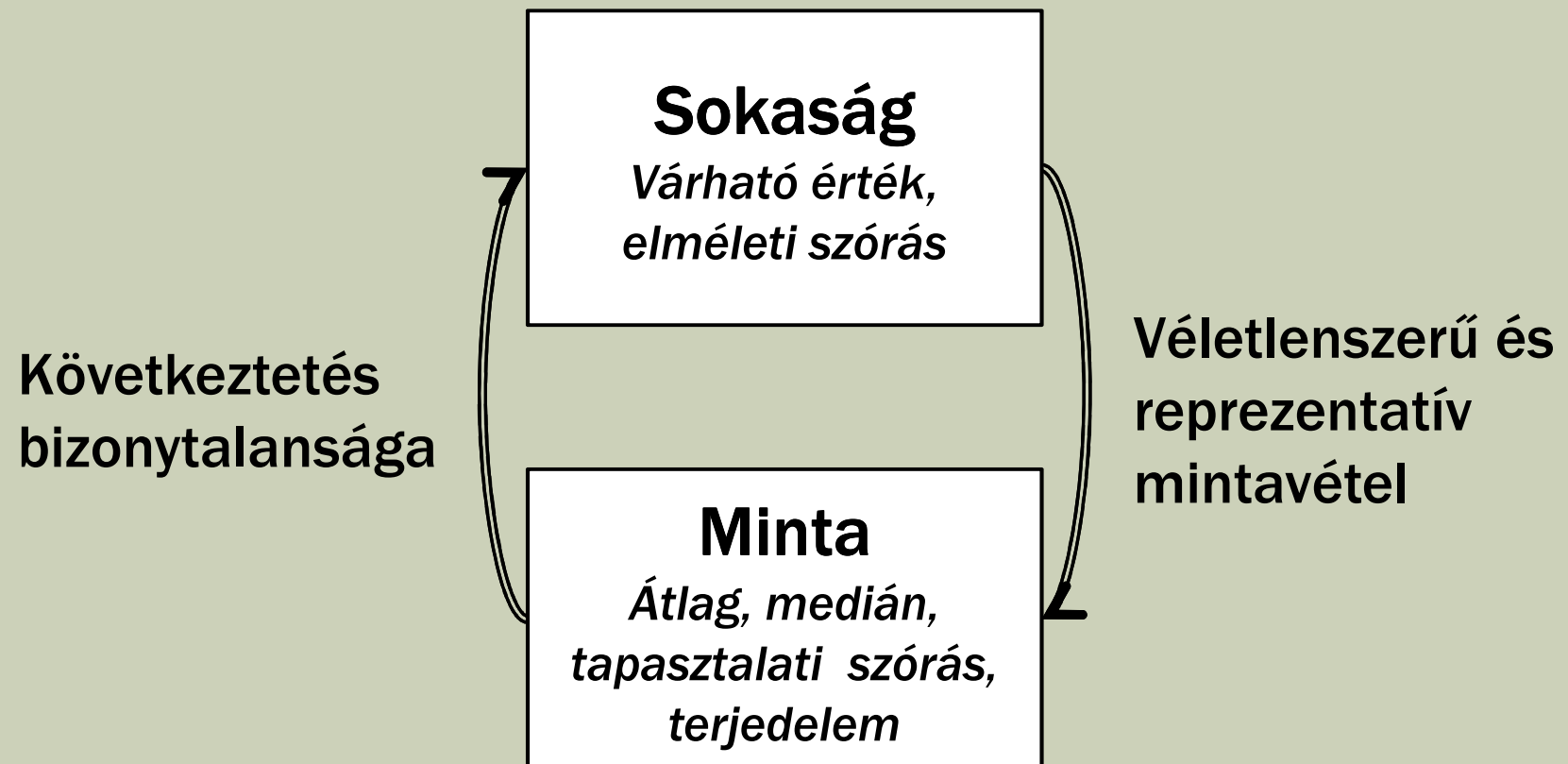
$$R = x_{\max} - x_{\min}$$

- Medián

Sorbarendezett adatok közül a középső elem páratlan mintaelemszám esetén, páros mintaelemszám esetén a középső két elem átlaga.



# STATISZTIKA CÉLJA



# STATISZTIKAI GONDOLKODÁSMÓD

Minden munka folyamatok sorozata!

➤ Folyamat ingadozás:

➤ szokásos



az egész folyamat javítása  
(rendszeresen előforduló eltérés,  
vagyis az ingadozás csökkentése)

➤ Különleges

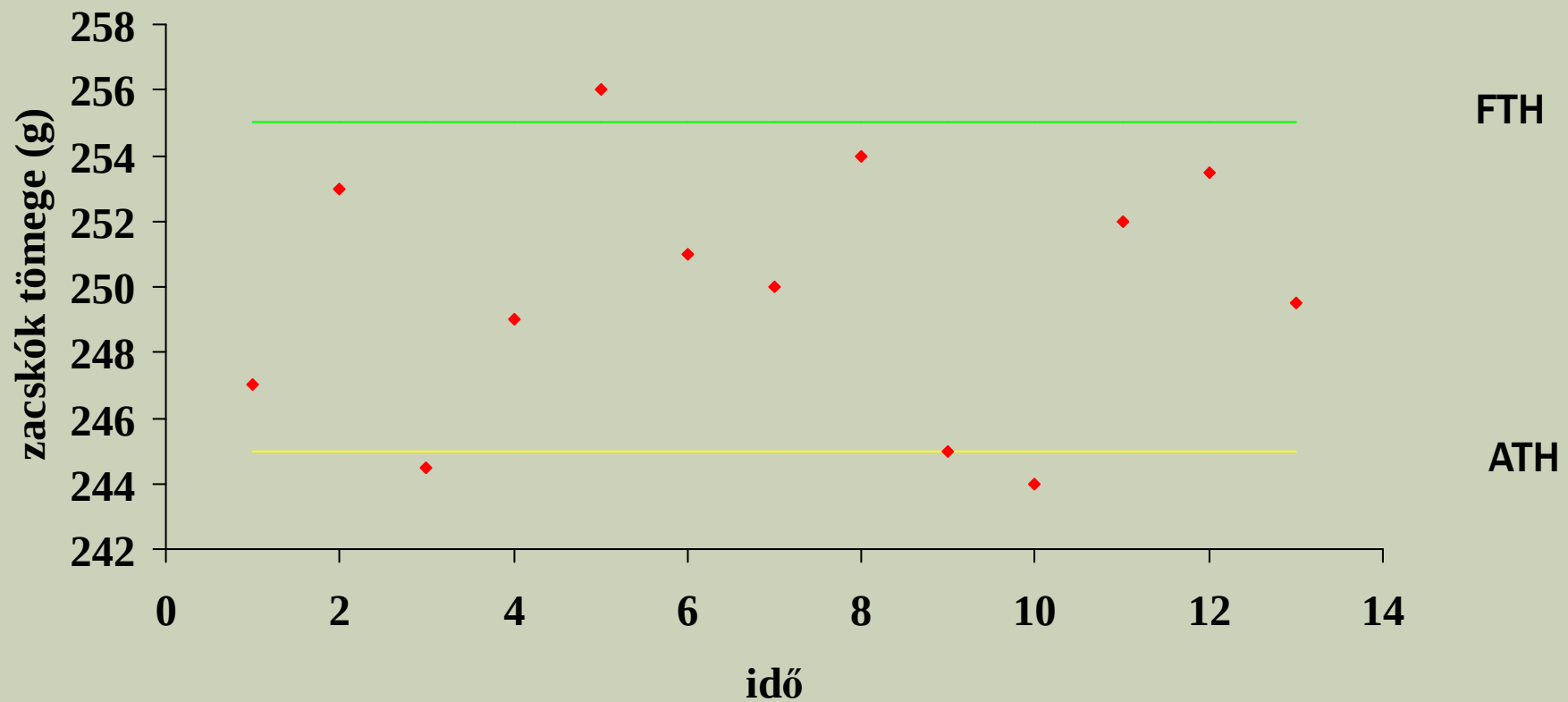


a probléma meghatározása  
(zavartényezők felderítése)

Az adatok grafikus ábrázolása során a folyamat állapota megítélhető, jövőben várható változást jelezhet.

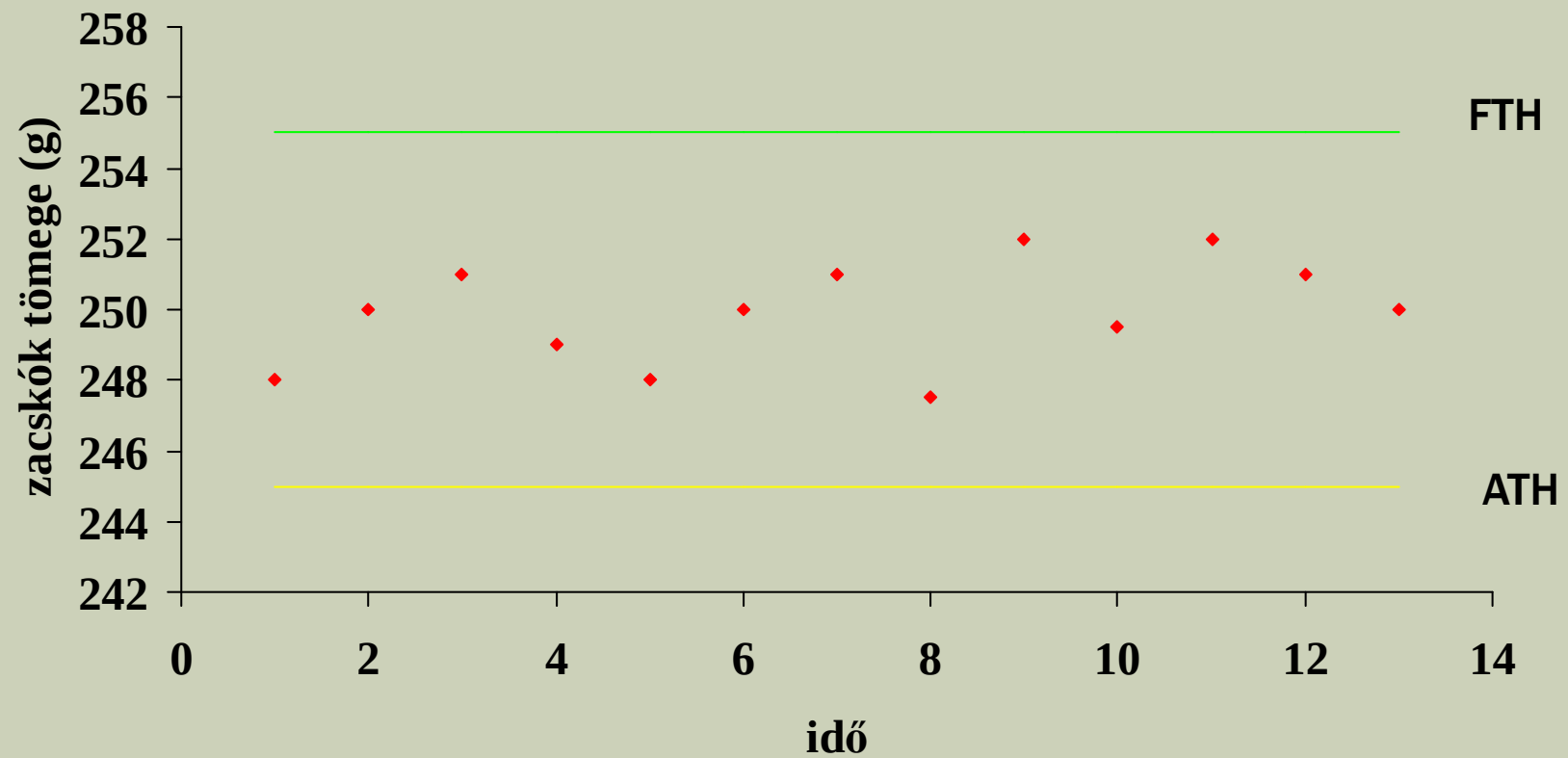
# GRAFIKUS ÁBRÁZOLÁS

## 1. GÉP



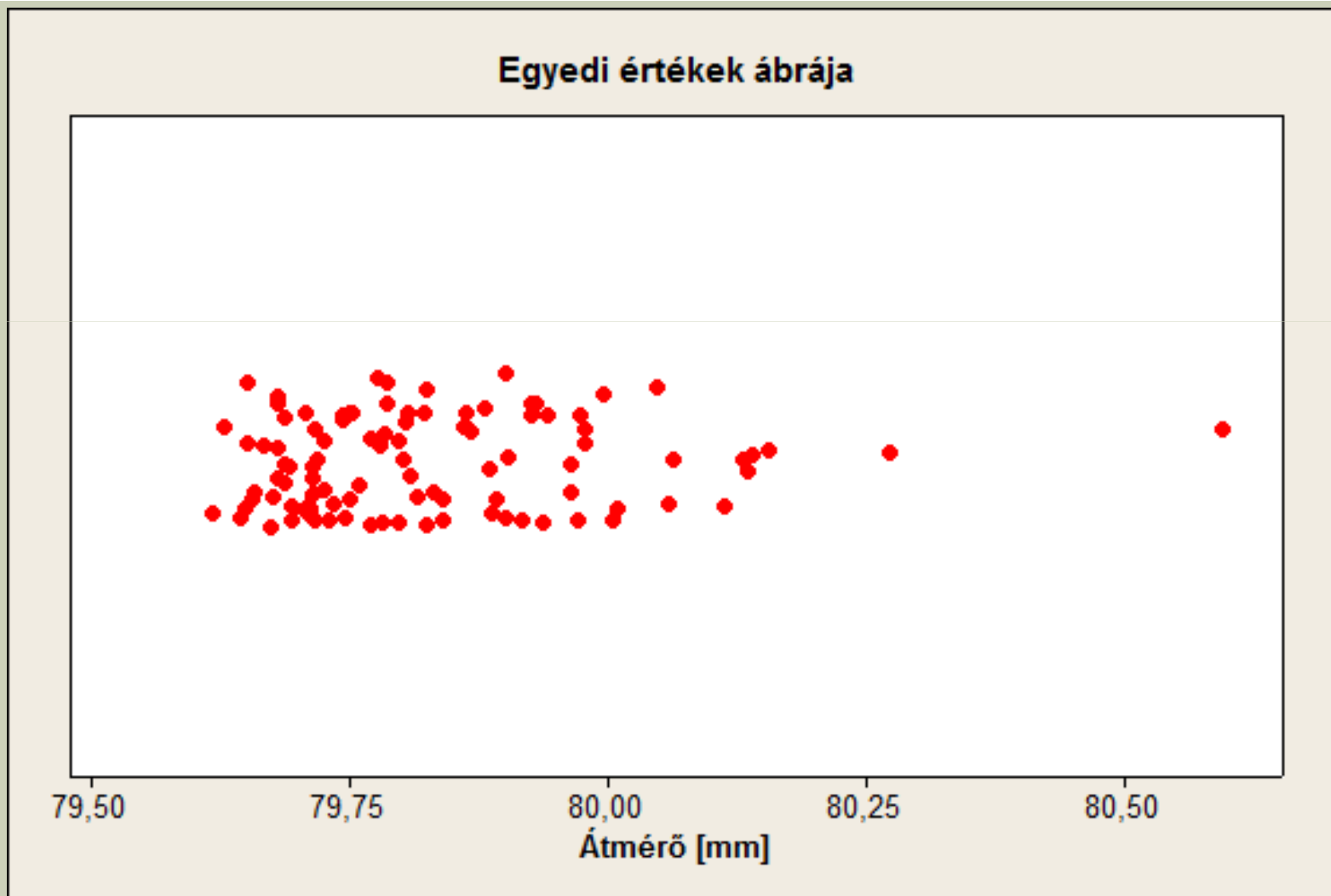
# GRAFIKUS ÁBRÁZOLÁS

## 2. GÉP



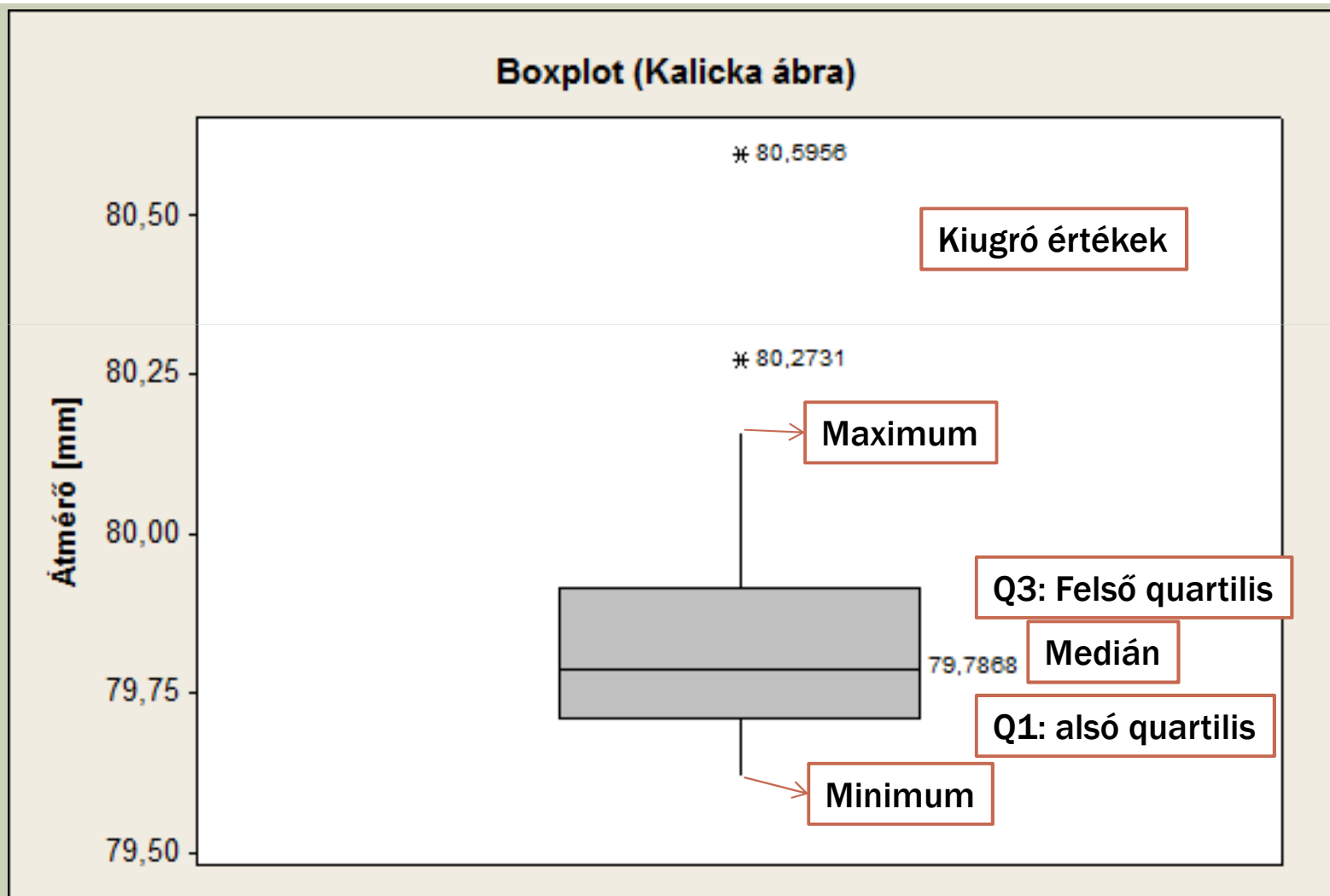
# ADATOK MEGJELENÍTÉSE

# ADATOK MEGJELENÍTÉSE EGYEDI ÉRTÉKEK ÁBRÁZOLÁS

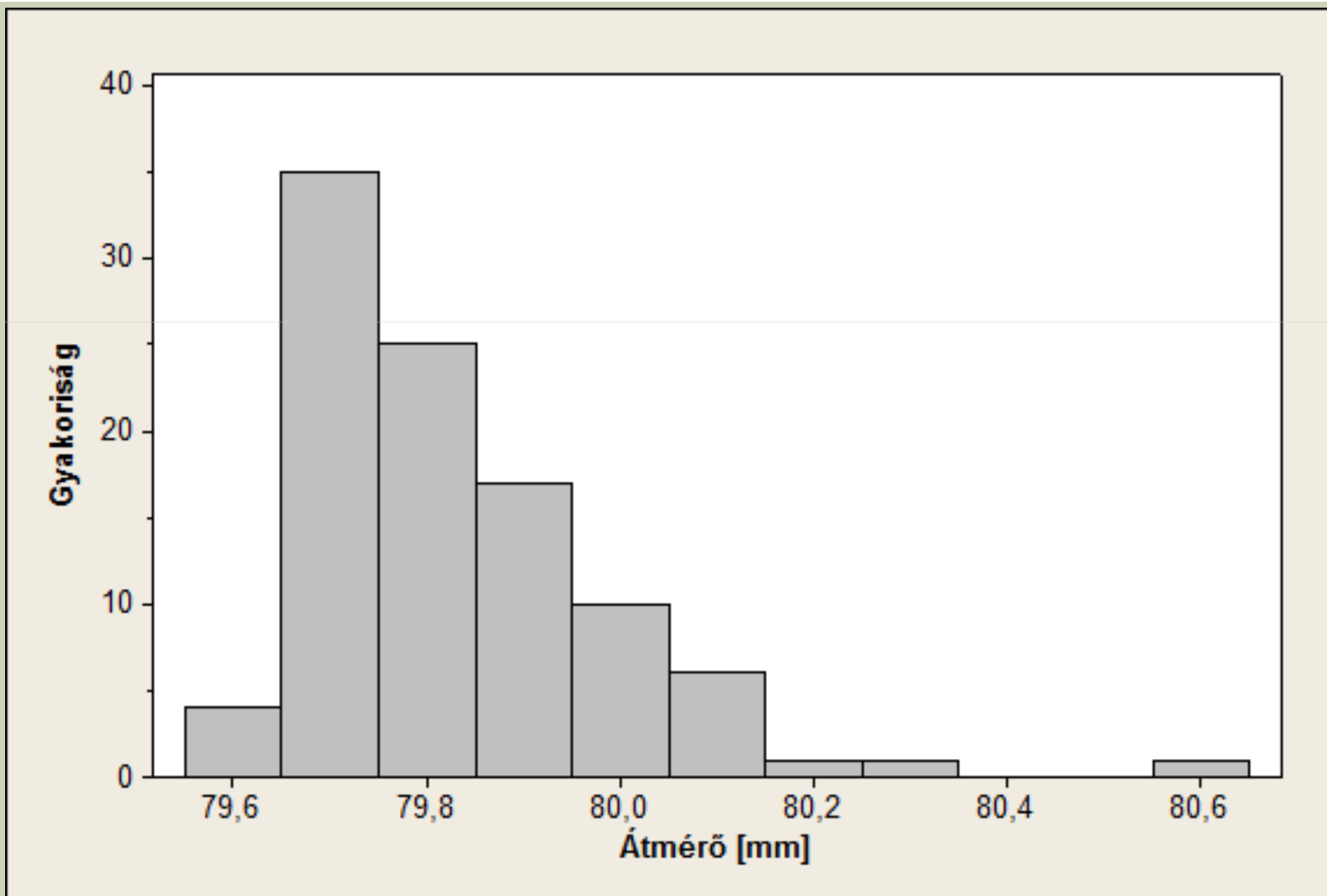


# ADATOK MEGJELENÍTÉSE

## BOXPLOT ÁBRA – STATISZTIKAI MÉRŐSZÁMOKKAL



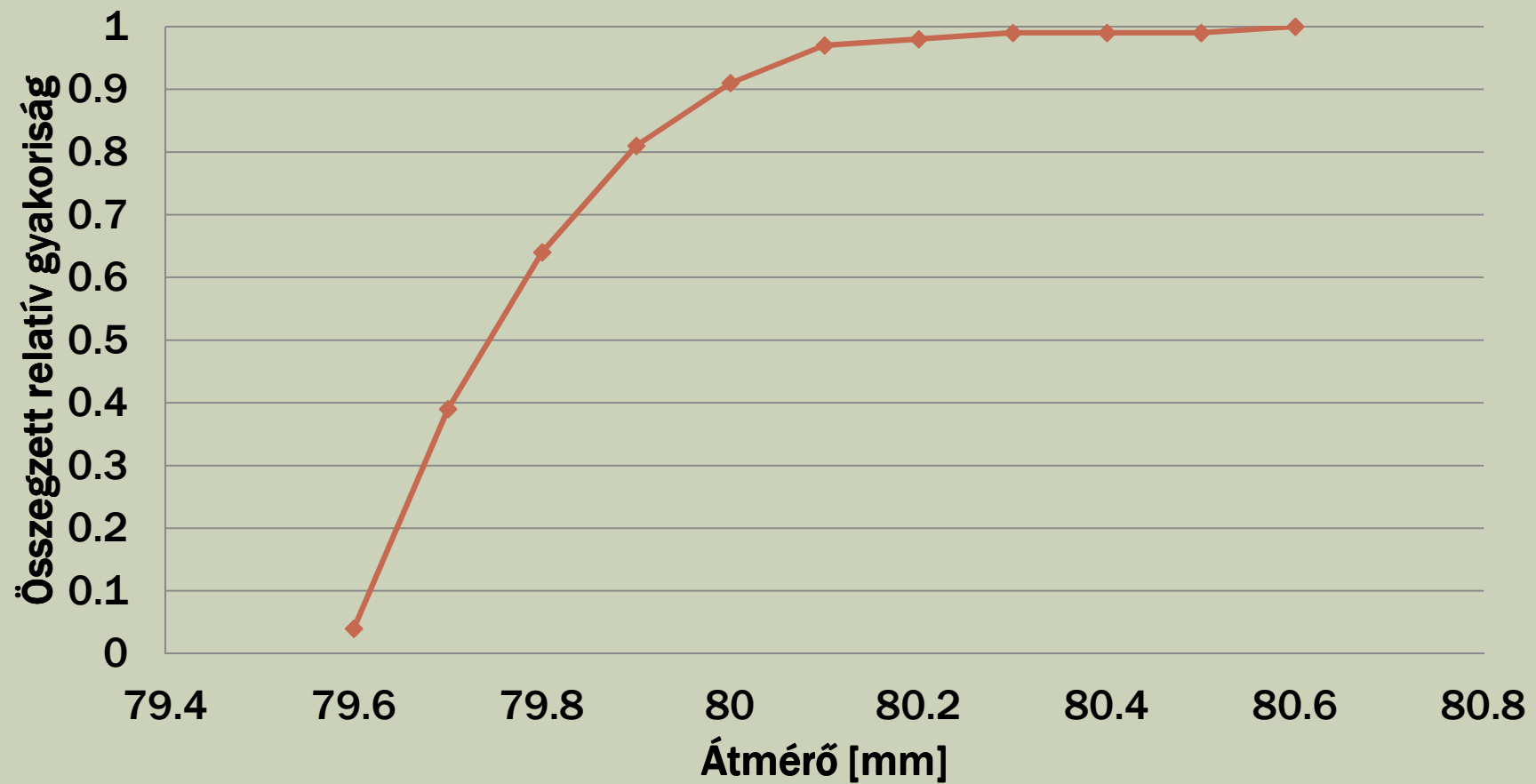
# ADATOK MEGJELENÍTÉSE HISZTOGRAM



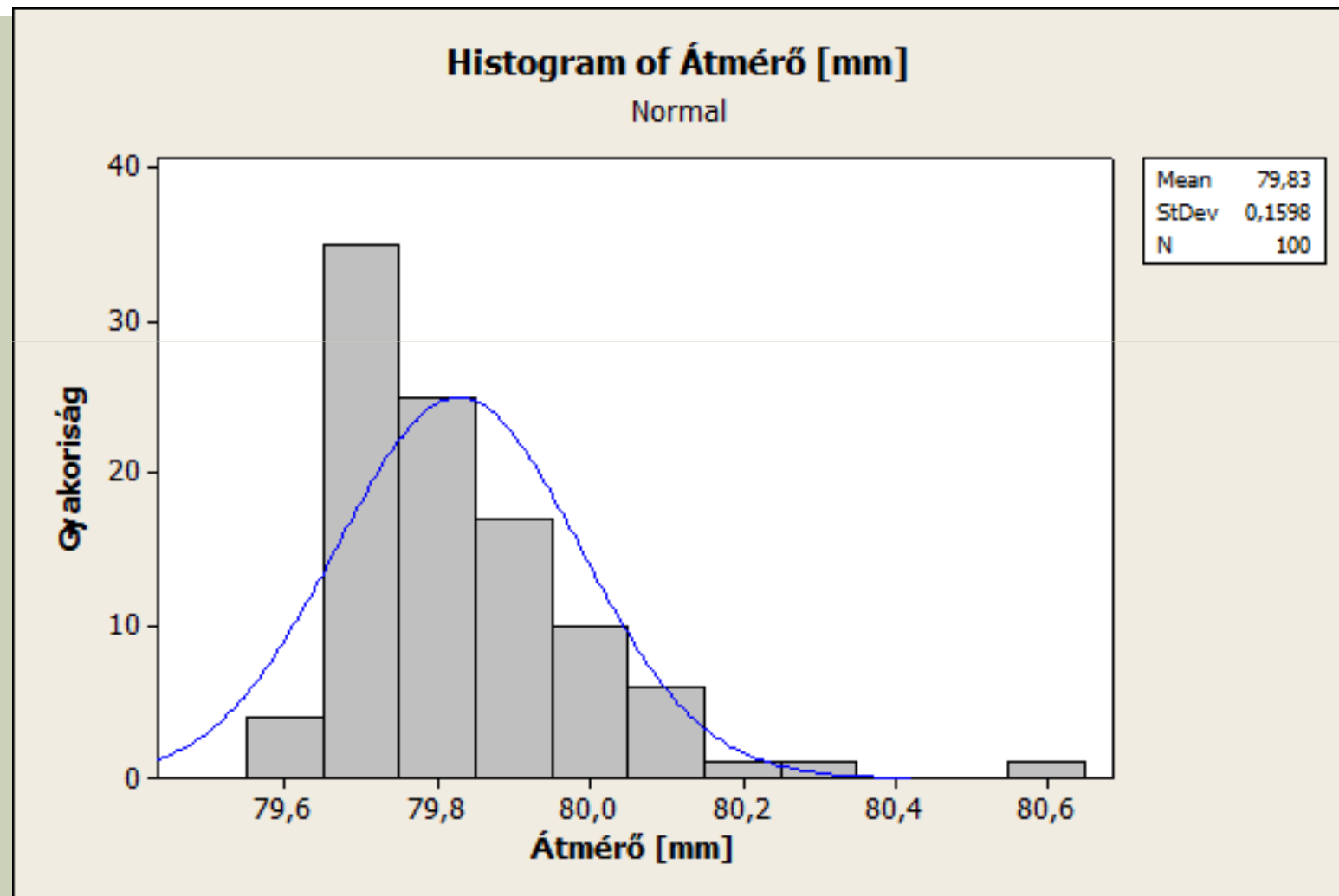


# ADATOK MEGJELENÍTÉSE

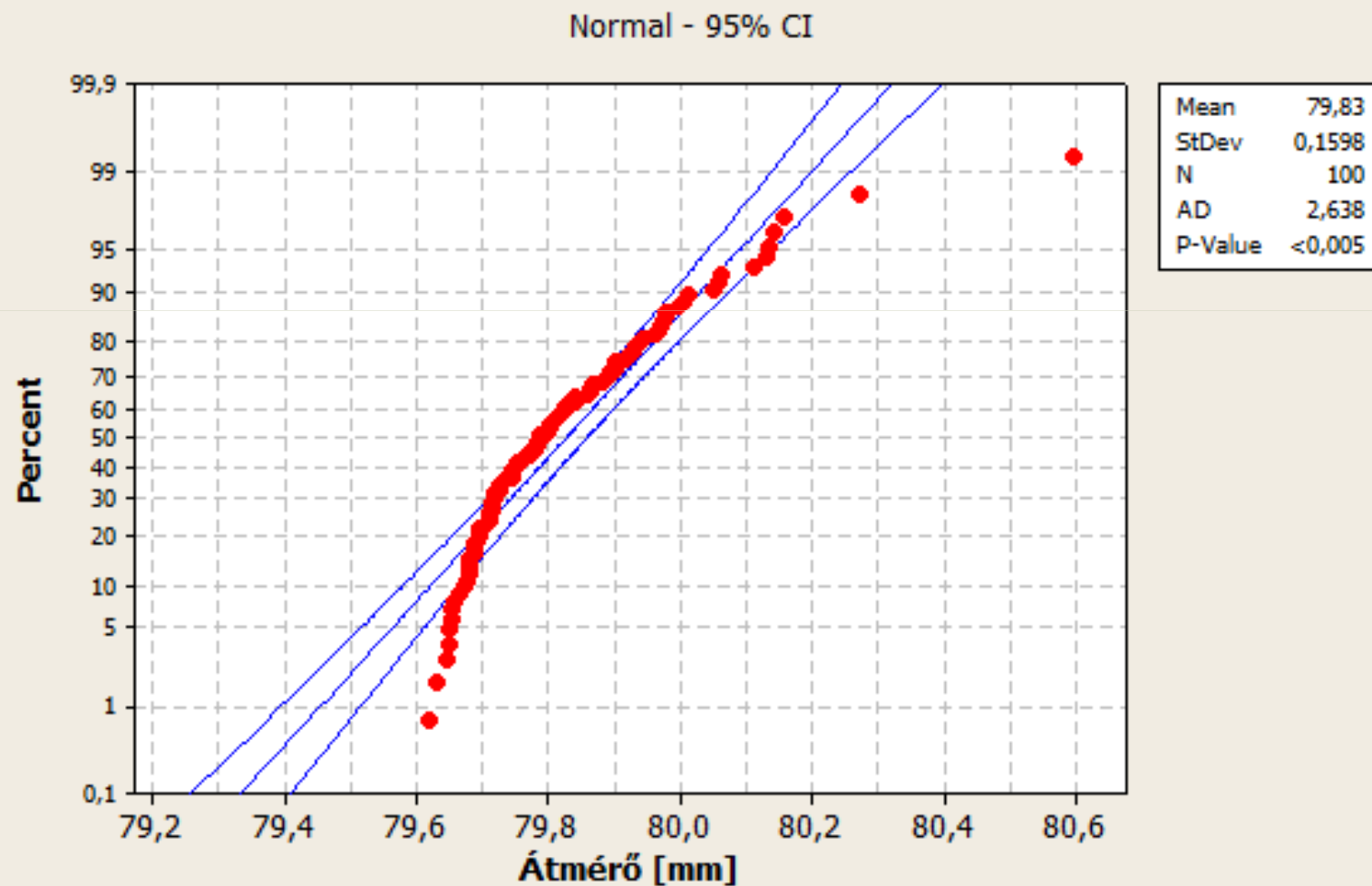
## ÖSSZEGZETT GYAKORISÁGI DIAGRAM



# NORMALITÁS-VIZSGÁLAT

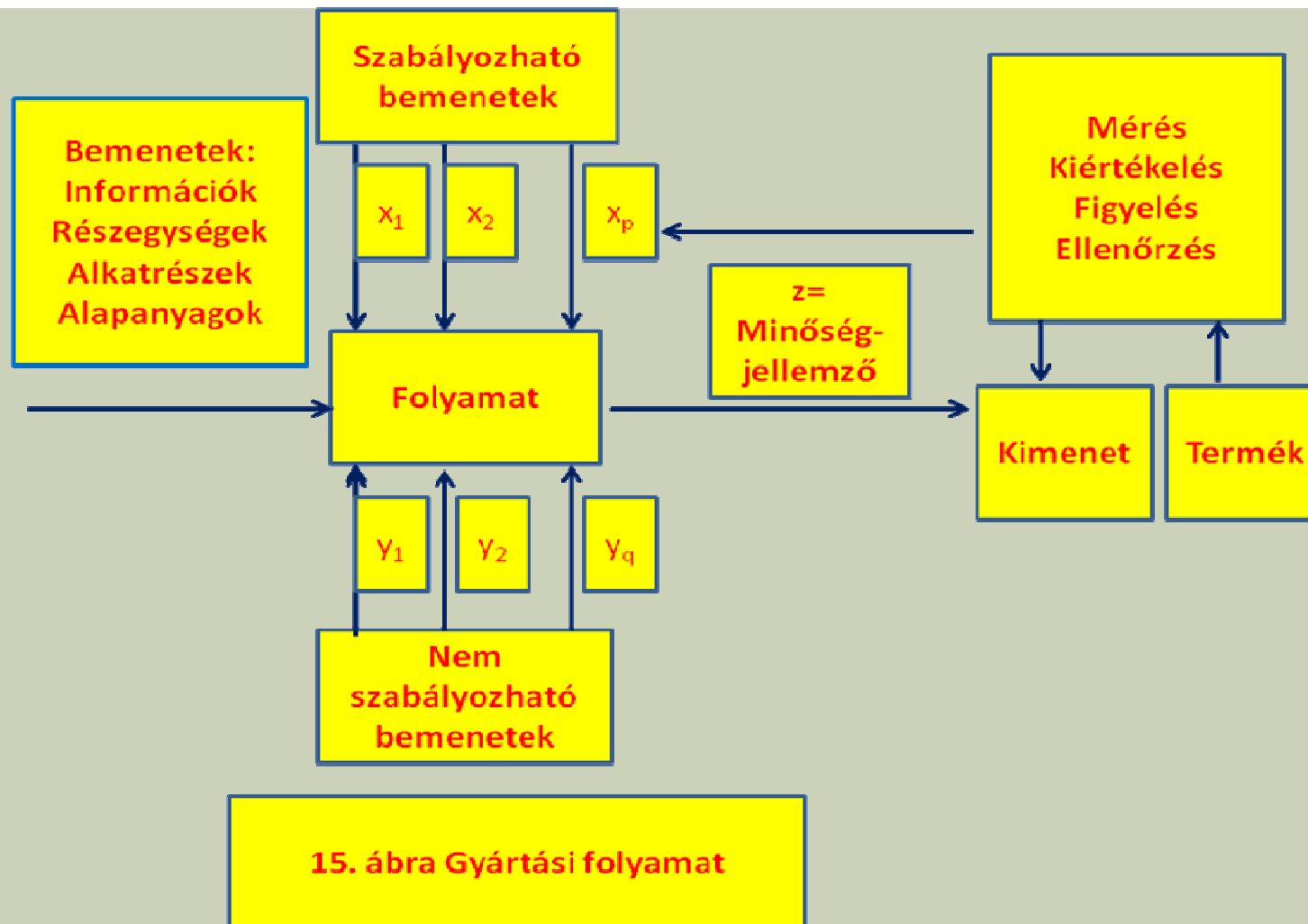


# NORMALITÁS VIZSGÁLAT VALÓSZÍNŰSÉGI HÁLÓ



# SPC ALAPJAI

# STATISZTIKAI FOLYAMATSZABÁLYOZÁS (SPC) ALAPJAI

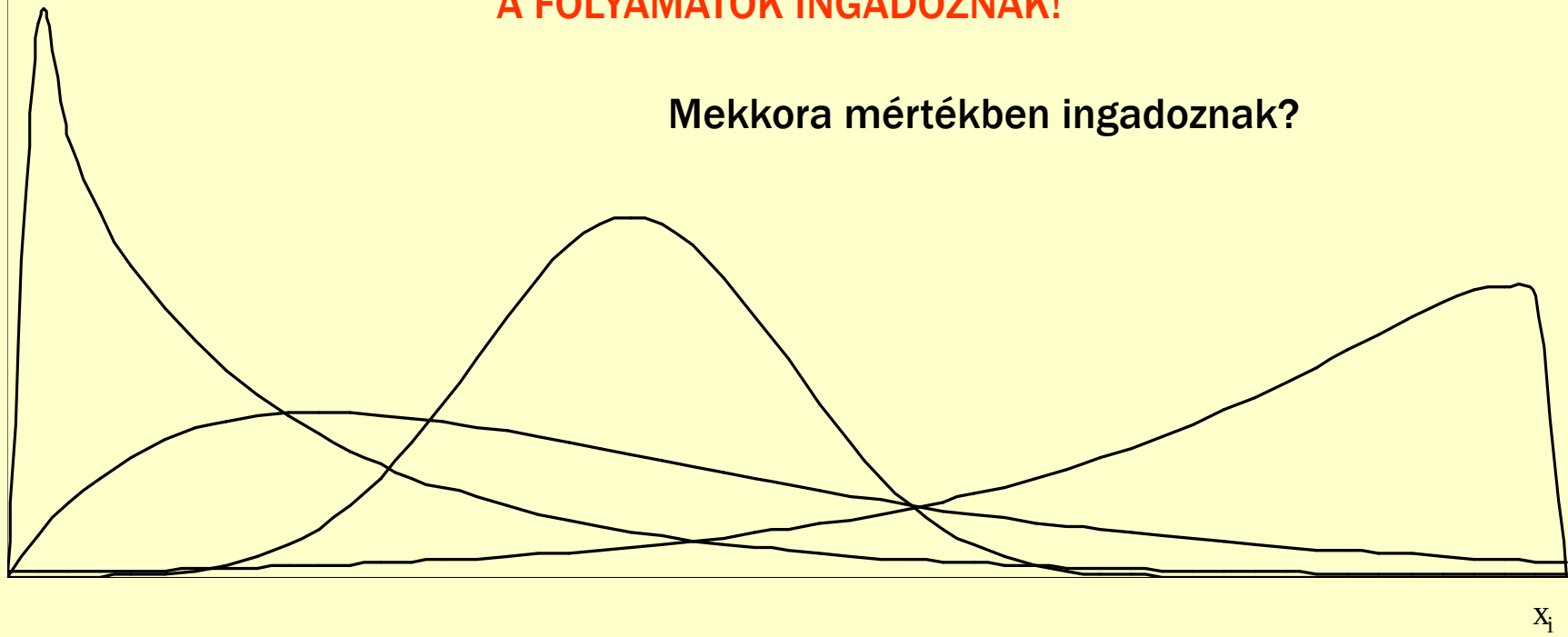


# A FOLYAMATOK TERMÉSZETE

$f(x)$

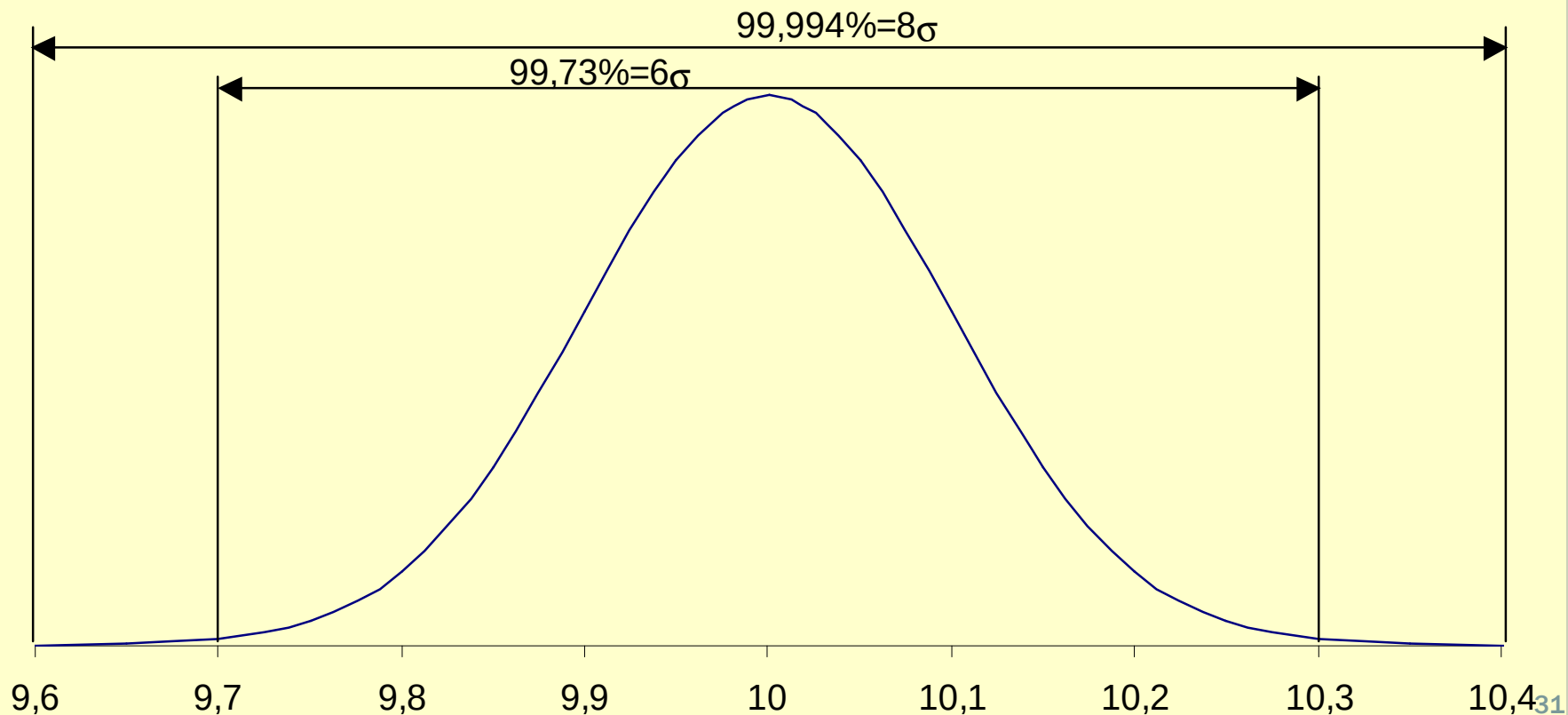
**A FOLYAMATOK INGADOZNAK!**

Mekkora mértékben ingadoznak?



# A FOLYAMATOK TERMÉSZETE

1. Mekkora mértékben ingadoznak a folyamatok?  
Lehet a szóródás nagyságát számszerűsíteni?  
pl. normális eloszlás esetén



# A FOLYAMATOK TERMÉSZETE

## 2. Van elvárásunk arra vonatkozólag, hogy milyen széles tartományban megfelelő a folyamatunk?

pl. kávécsomagok tömege, banki várakozási idő, iparcikkek használatosságának időtartama, tűrések

Előírások: *ATH*: alsó tűréshatár

*FTH*: felső tűréshatár

E két érték között megfelelő a termék,

vagyis

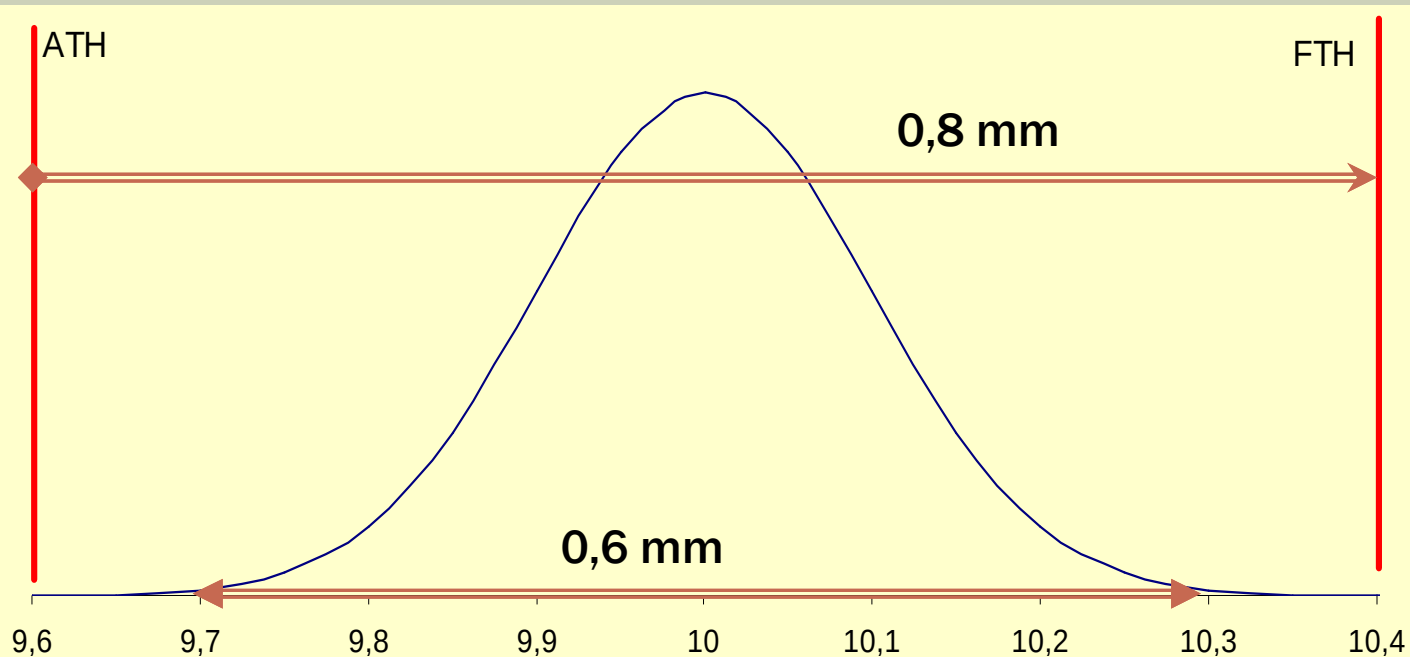
**KÉPESEK** vagyunk teljesíteni az előírt feltételeket.



# MINŐSGKÉPESSÉG VIZSGÁLAT

Az előírt követelményeket összehasonlítjuk a folyamat ingadozásának nagyságával.

pl. egy rúd alakú alkatrészre vonatkozó előírás  $10 \pm 0,4$  mm. Teljesíti-e a gyártás a követelményeket, azaz képes-e, ha az alábbi eloszlás szerint ingadozik?

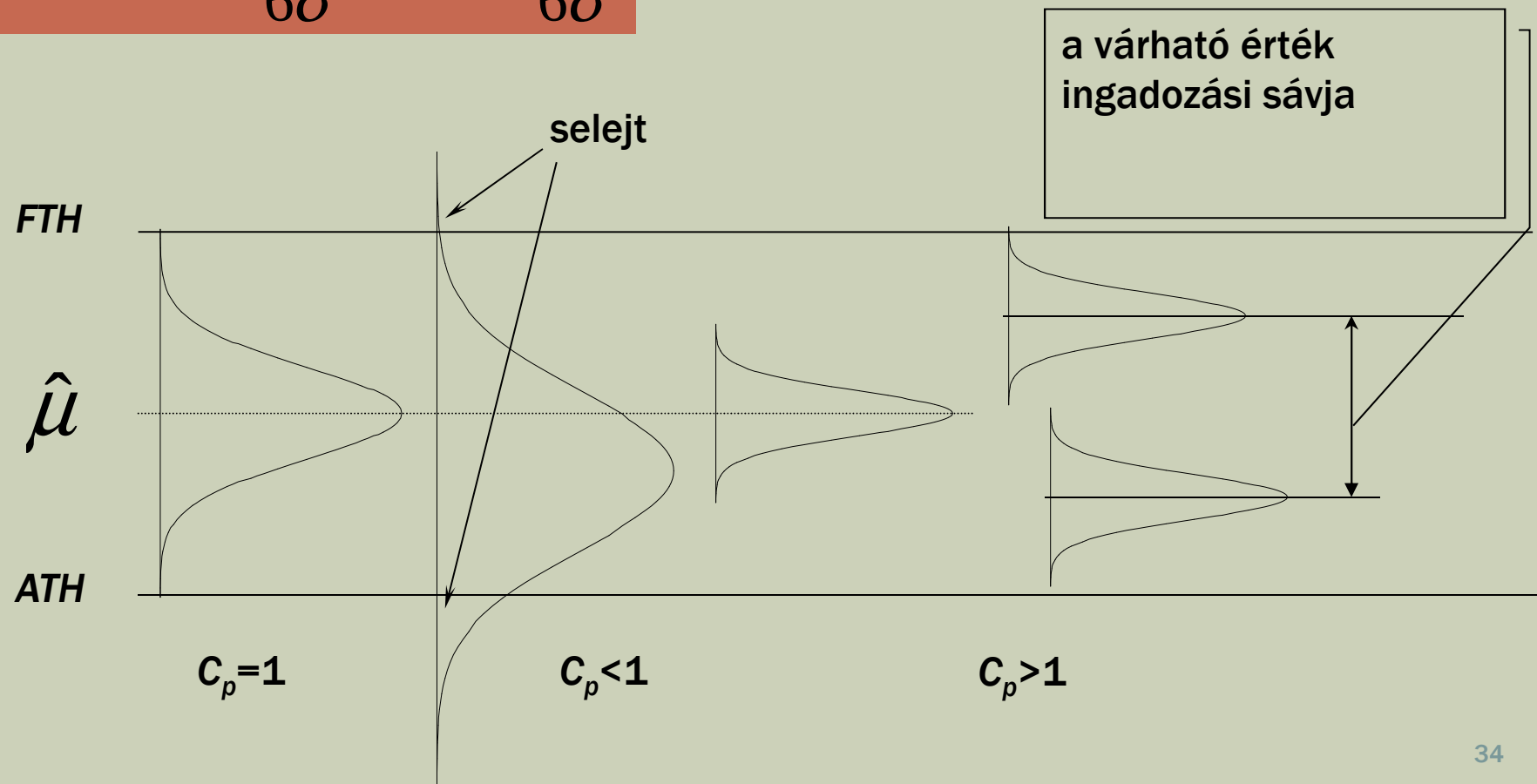


Képességindex:

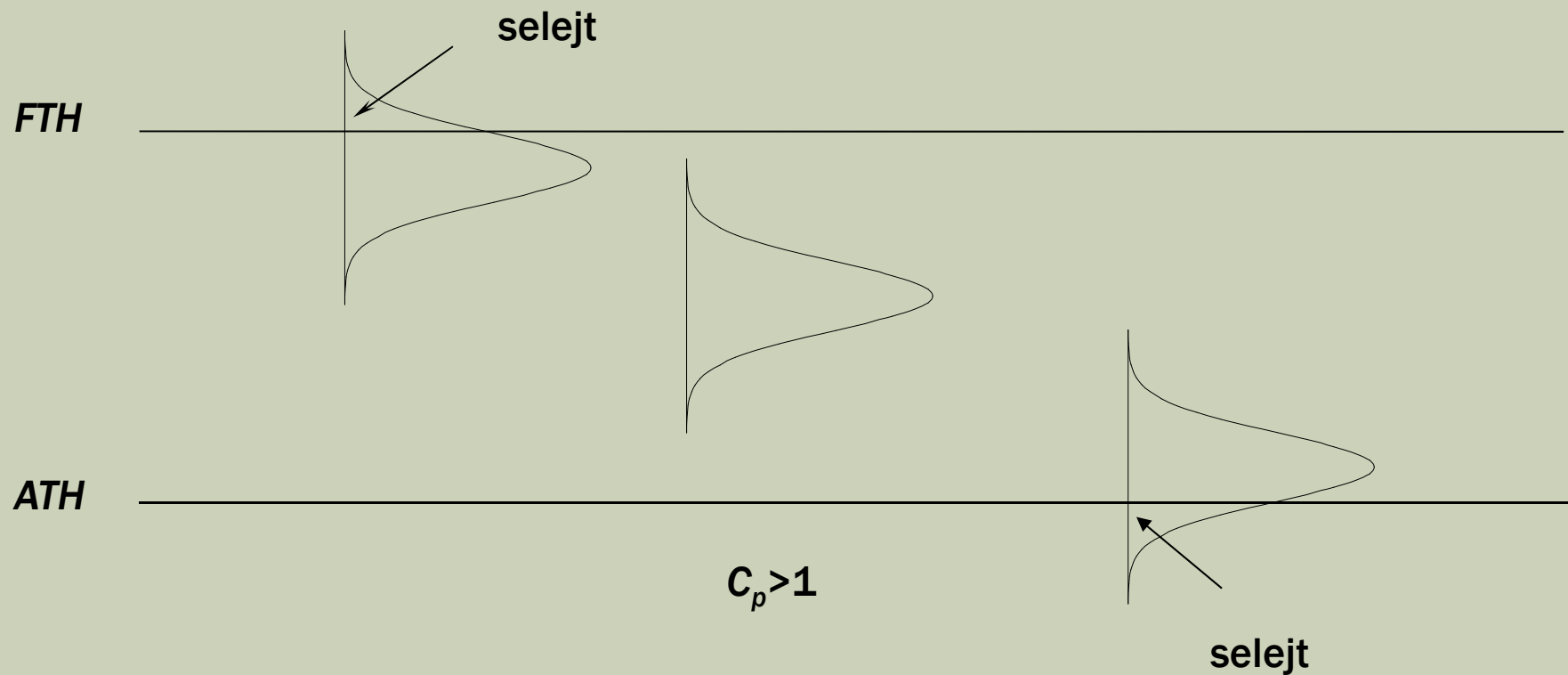
$$C_p = \frac{0,8}{0,6} = 1,33$$

# KÉPESSÉGINDEX FOGALMA

$$C_p = \frac{FTH - ATH}{6\hat{\sigma}} = \frac{TM}{6\hat{\sigma}}$$



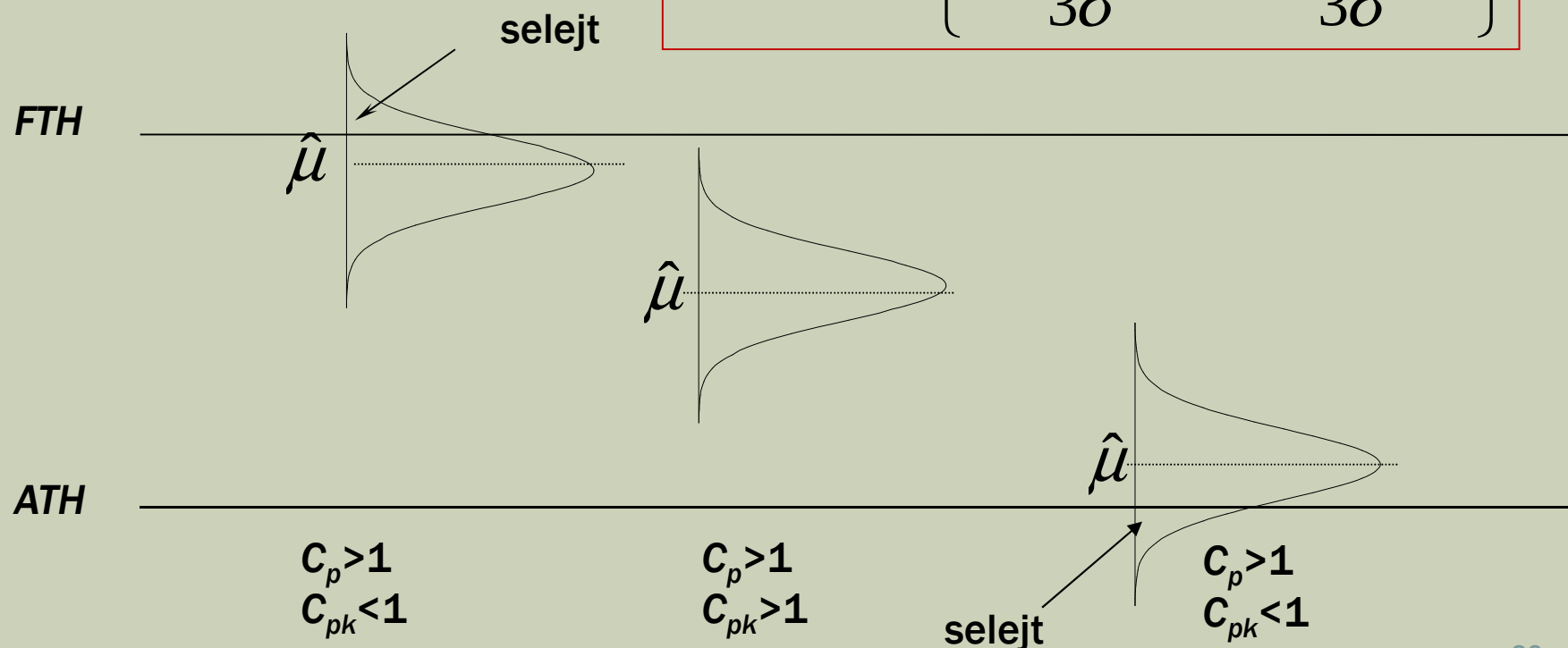
# KÉPESSÉGINDEX FOGALMA



# KÉPESSÉGINDEX FOGALMA

Figyelembe kell venni a folyamat középértékének a tűrésmező közepétől való eltolódását, azaz korrigálni kell az alap képességindexet:

$$C_{pk} = \text{Min} \left\{ \frac{\hat{\mu} - ATH}{3\hat{\sigma}} ; \frac{FTH - \hat{\mu}}{3\hat{\sigma}} \right\}$$

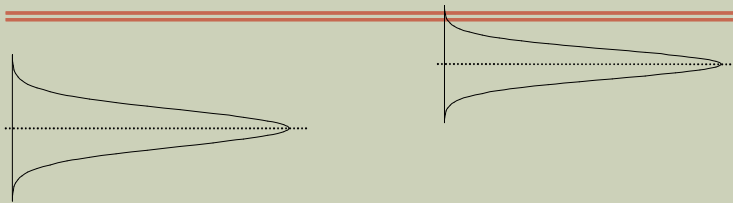


# A MINŐSÉGKÉPESSÉG VIZSGÁLATOK ELVÉGZÉSÉNEK SZÜKSÉGESSÉGE

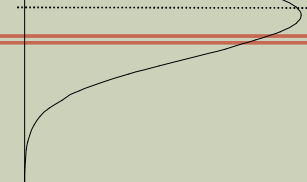
- Új berendezés megvásárlása előtt, hogy az esetleges problémákat idejekorán megszüntessük
- A berendezés felállítás után, hogy a gyártási alkalmasságról meggyőződjünk
- A termelés megkezdésekor, hogy az adott folyamat (gép, kezelő, szerszám, anyag) együttese képes-e az előírt egyenletes minőség előállítására
- Állandó időközönként, hogy a folyamat hosszú távú képességét is felmérjük
- Vásárlói reklamáció, az előírások nem teljesítése, az okok kiderítése céljából
- Karbantartás, felújítás előtt és után, a két állapot összehasonlítására

# SZABÁLYOZOTTSÁG FOGALMA

**FTH**



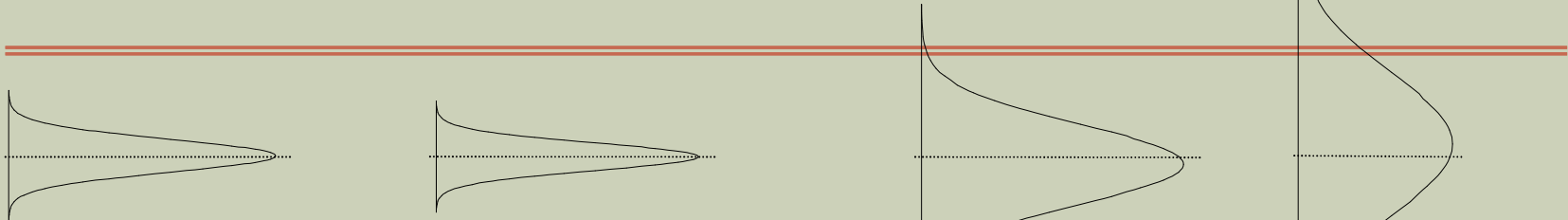
**ATH**



**t**

Folyamat beállást változtató és szórást növelő veszélyes zavarokkal

**FTH**



**ATH**

Folyamat szórást növelő veszélyes zavarokkal

**t**

# SZABÁLYOZOTTSÁG FOGALMA

*FTH*



*ATH*

*t*

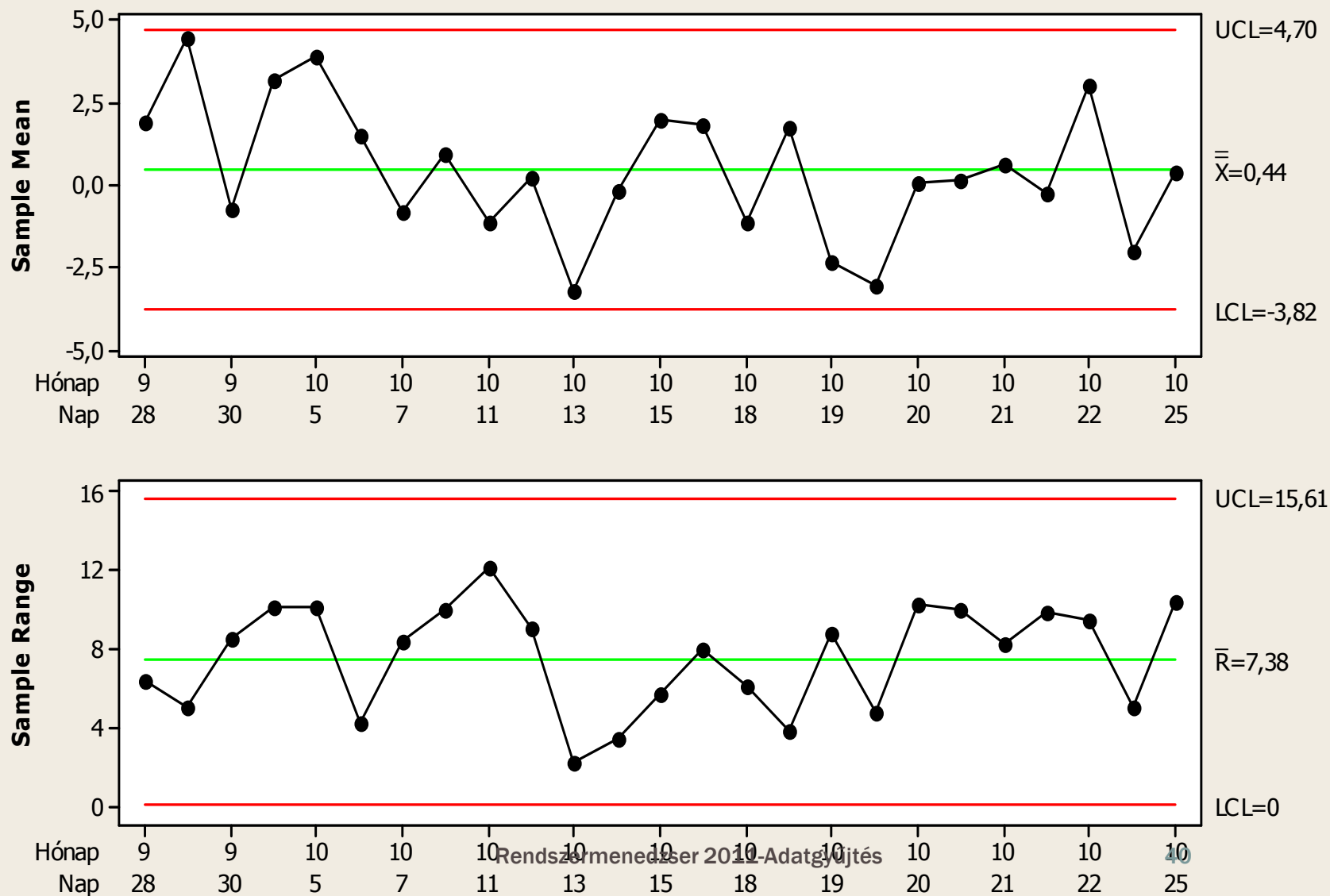
Folyamat csak véletlen zavarokkal

## SZABÁLYOZOTT folyamat (stabil)

Vagyis a folyamat várható értéke és szórása állandó értéken van.

# Szabályozás eszköze: SPC-kártya

## Xbar-R Chart of eltérés



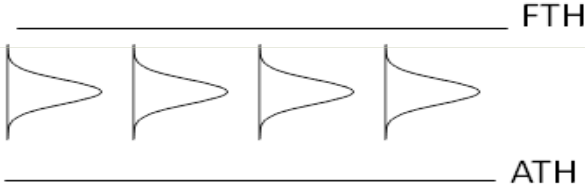
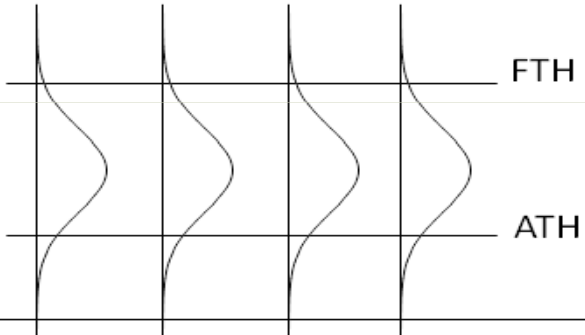
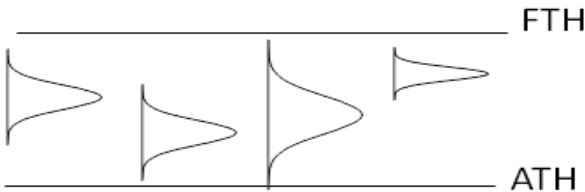
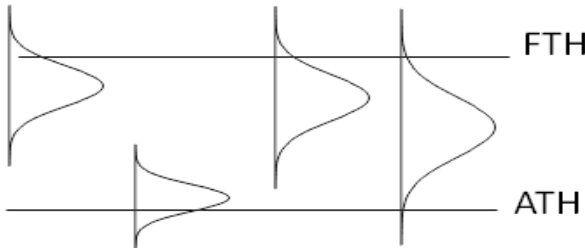


# AZ SPC (STATISTICAL PROCESS CONTROL)

- Az SPC feladata:
  - jelezni az eltéréseket, a veszélyes hibákat, és így a beavatkozás szükségességét
  - hagyni a folyamatot, ha csak véletlen hibák vannak.
- Ha a mért értékek legalább 99,994%-a tűréshatárokon belül van, és azt tudjuk igazolni a szűrőpróbaszerűen vett mintákkal, valamint azok statisztikai kiértékelésével, akkor SPC-ről beszélünk.

# SZABÁLYOZOTTSÁG ÉS KÉPESSÉG

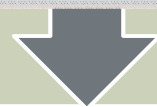
## A FOLYAMAT

|                                              | <i>képes</i>                                                                                   | <i>nem képes</i>                                                                                |
|----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>szabályozott<br/>(stabil)</i>             | <p>1.</p>    | <p>2.</p>   |
| <i>nem<br/>szabályozott<br/>(nem stabil)</i> | <p>3.</p>  | <p>4.</p>  |

# SZABÁLYOZÁSI RENDSZER KIALAKÍTÁSÁNAK MENETE

Berendezés, művelet, folyamat kijelölés

Kritikus jellemzők meghatározása



Mérőeszközök, mérési módszerek kiválasztása

Képességvizsgálat

R&R vizsgálat



Berendezés, folyamat, művelet kiválasztása

Minőségképesség vizsgálat



Szabályozhatóság vizsgálata

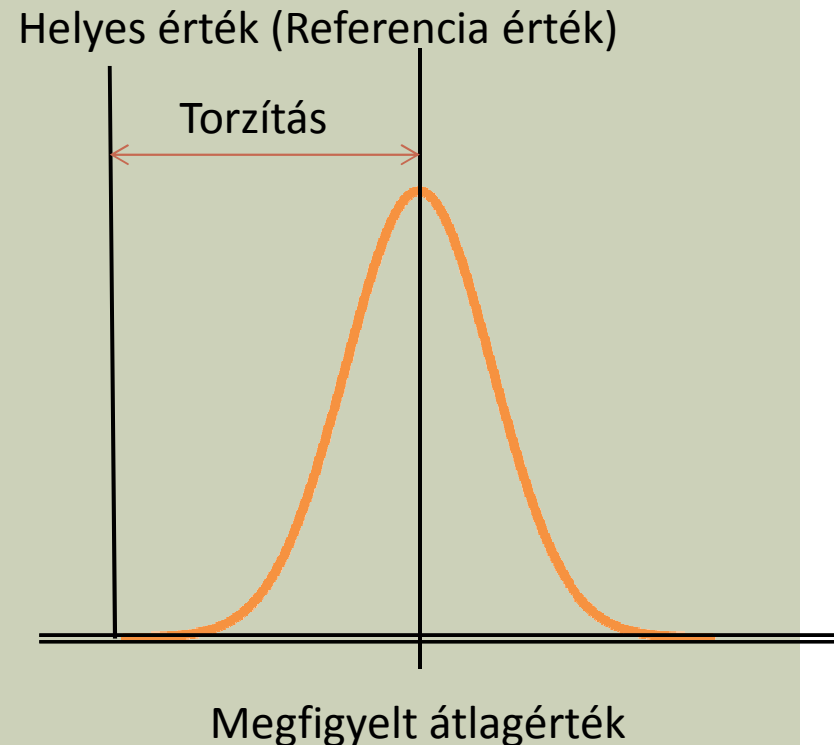
SPC kártyák bevezetése és működtetése

# MÉRŐESZKÖZÖK VIZSGÁLATA

## PONTOSSÁG

Eljárás menete (MSA szerint):

1. A munkadarabot pontosan megmérjük a mérőszobában (helyes érték)
2. A munkadarabot 10-szer megméri a kiválasztott mérő személy a vizsgálandó mérőeszközzel
3. Kiszámítjuk a mérések átlagát
4. Kiszámítjuk a torzítás mértékét:  
 $\text{torzítás} = \text{helyes érték} - \text{átlagérték}$
5. Ha a kapott torzítás szignifikánsan nem különbözik 0-tól, akkor a mérőeszköz pontossága megfelelő. (Egymintás t-próba)



# C<sub>g</sub> VIZSGÁLAT

## MÉRŐESZKÖZ KÉPESSÉG (GAGE CAPABILITY)

$$C_g = \frac{(FTH - ATH) \cdot 0,15}{6 \cdot s_g}$$

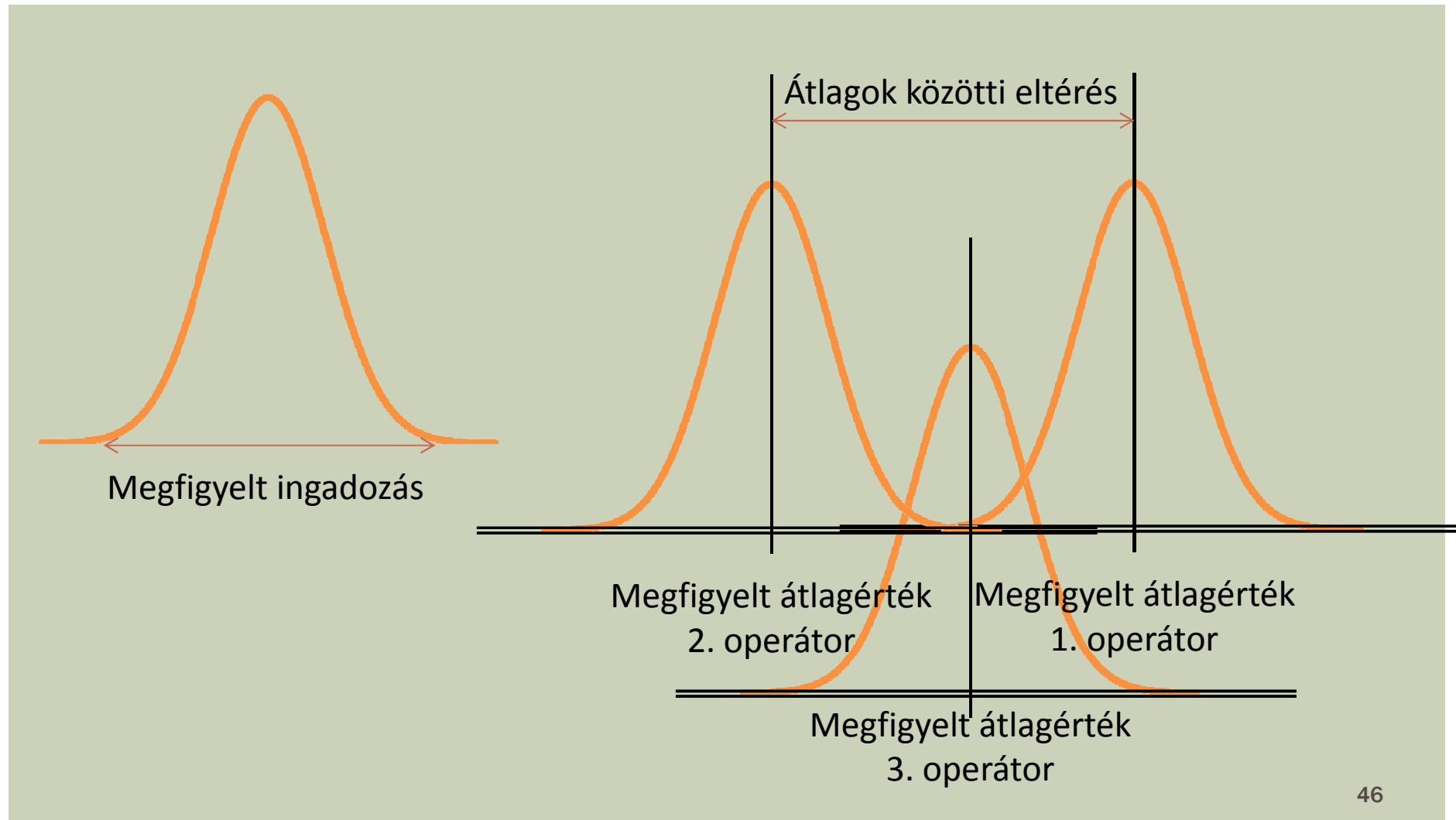
$$C_{gk} = \text{Min} \left\{ \frac{(X_v + 0,075 \cdot (FTH - ATH)) - \bar{x}_g}{3 \cdot s_g}; \frac{\bar{x}_g - (X_v - 0,075 \cdot (FTH - ATH))}{3 \cdot s_g} \right\}$$

### Minősítési kritériumok

|                        |                          |
|------------------------|--------------------------|
| $C_{gk} \geq 1,33$     | Megfelelő                |
| $1,33 > C_{gk} \geq 1$ | Megfontolással megfelelő |
| $C_{gk} < 1$           | Nem megfelelő            |

# MÉRŐESZKÖZÖK VIZSGÁLATA

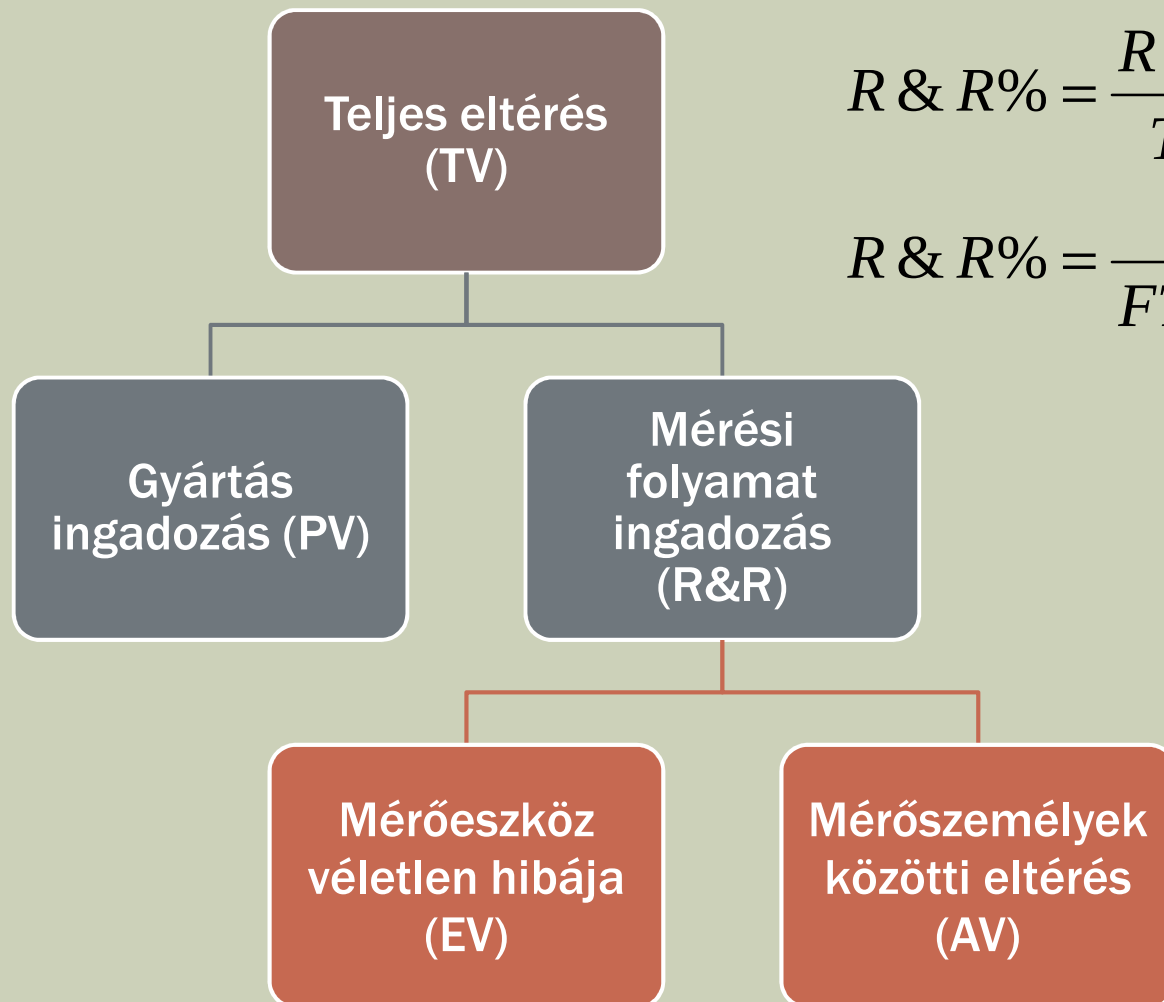
## ISMÉTELHETŐSÉG ÉS REPRODUKÁLHATÓSÁG



# R&R VIZSGÁLAT (REPEATABILITY & REPRODUCIBILITY)

1. Válasszunk ki a gyártási folyamat eltérését reprezentáló 10 munkadarabot!
2. Válasszunk ki három mérőszemélyt (operátort) a mérések elvégzésére!
3. Mérjen meg mindegyik operátor minden munkadarabot 3-szor!
4. A kapott eredményeket értékelve meghatározható a mérési rendszerre vonatkozó R&R értéke.

# MIÉRT KÜLÖNBÖZNEK EGYMÁSTÓL A MÉRÉSI ADATOK?



$$R \& R\% = \frac{R \& R}{TV} \cdot 100$$

$$R \& R\% = \frac{R \& R}{FTH - ATH} \cdot 100$$



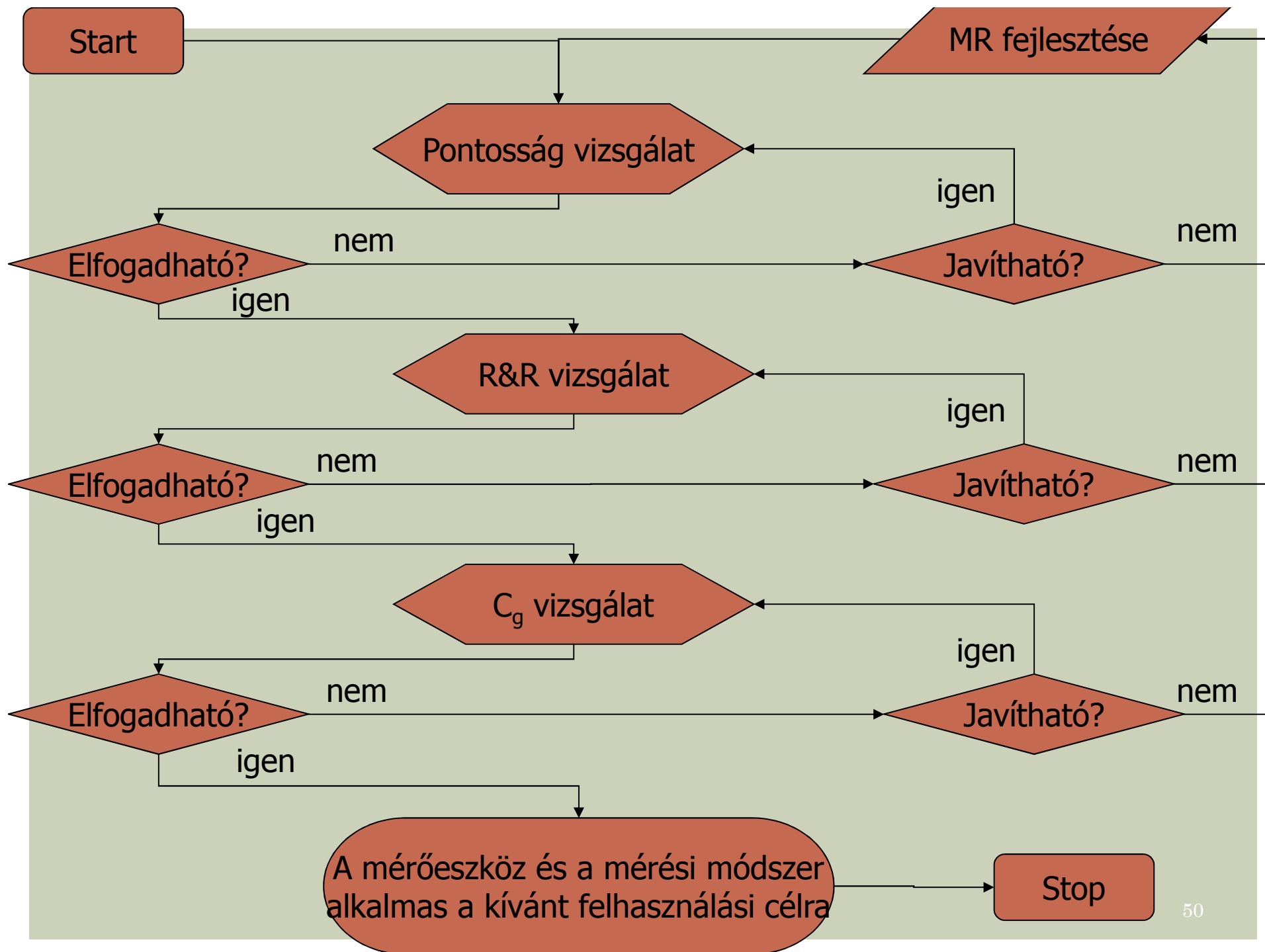
# R&R VIZSGÁLAT

$$R \& R\% = \frac{R \& R}{TV} \cdot 100$$

$$R \& R\% = \frac{R \& R}{FTH - ATH} \cdot 100$$

## Minősítési kritériumok

|                             |                          |
|-----------------------------|--------------------------|
| $R \& R\% \leq 10\%$        | Megfelelő                |
| $10\% < R \& R\% \leq 30\%$ | Megfontolással megfelelő |
| $R \& R\% > 30\%$           | Nem megfelelő            |



# KÉPESSÉG-VIZSGÁLATOK

# BERENDEZÉS, FOLYAMAT MINŐSÉGKÉPESSÉG VIZSGÁLATA

$$C_x = \frac{FTH - ATH}{6\hat{\sigma}} = \frac{TM}{6\hat{\sigma}}$$

$p$  (folyamat, process)       $m$  (gép, machine)

$$C_{xk} = \text{Min} \left\{ \frac{\hat{\mu} - ATH}{3\hat{\sigma}} ; \frac{FTH - \hat{\mu}}{3\hat{\sigma}} \right\}$$

# A MINŐSÉGKÉPESSÉG VIZSGÁLATOK ELVÉGZÉSÉNEK SZÜKSÉGESSÉGE

- Új berendezés megvásárlása előtt, hogy az esetleges problémákat idejekorán megszüntessük
- A berendezés felállítás után, hogy a gyártási alkalmasságról meggyőződjünk
- A termelés megkezdésekor, hogy az adott folyamat (gép, kezelő, szerszám, anyag) együttese képes-e az előírt egyenletes minőség előállítására (*gépképesség vizsgálat*)
- Állandó időközönként, hogy a folyamat hosszú távú képességét is felmérjük (*folyamatképesség vizsgálat, folyamatteljesítmény vizsgálat*)
- Vásárlói reklamáció, az előírások nem teljesítése, az okok kiderítése céljából
- Karbantartás, felújítás előtt és után, a két állapot összehasonlítására

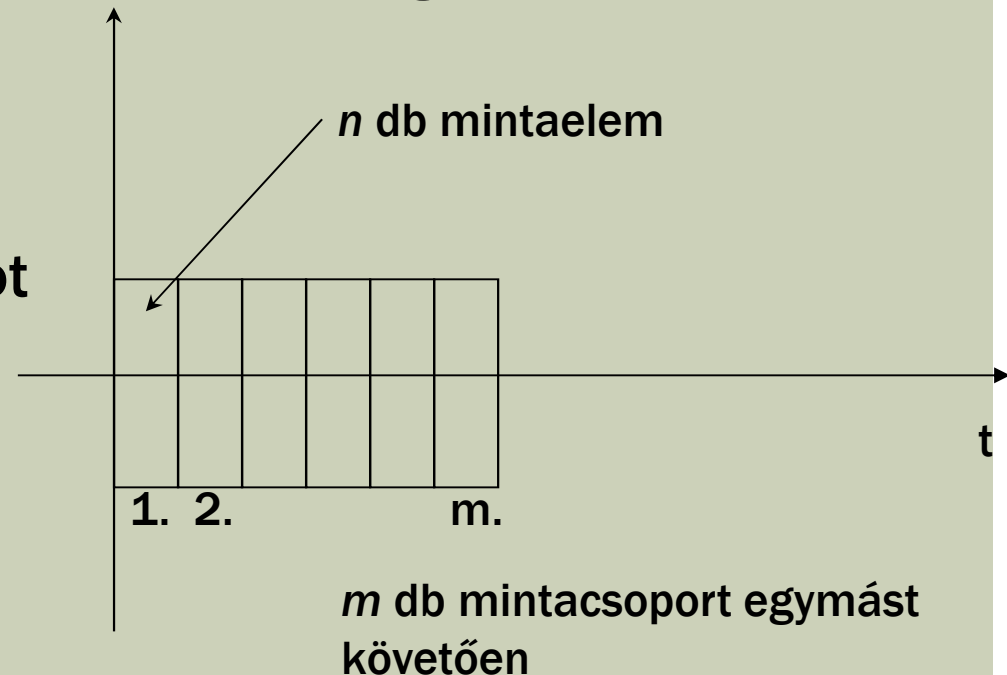
# GÉPKÉPESSÉG VIZSGÁLAT

## RÖVID TÁVÚ STATISZTIKA (MACHINE CAPABILITY)

A gép változatlan peremfeltételek melletti megítélése:

- ✓ rövid időintervallum
- ✓ ugyanazon szerszám
- ✓ ugyanazon kezelőszemély
- ✓ ugyanazon gépbeállási állapot
- ✓ változatlan nyersanyag

Általában  $m \cdot n = 100$  mintaelemet szoktak vizsgálni gépképesség vizsgálat céljából.



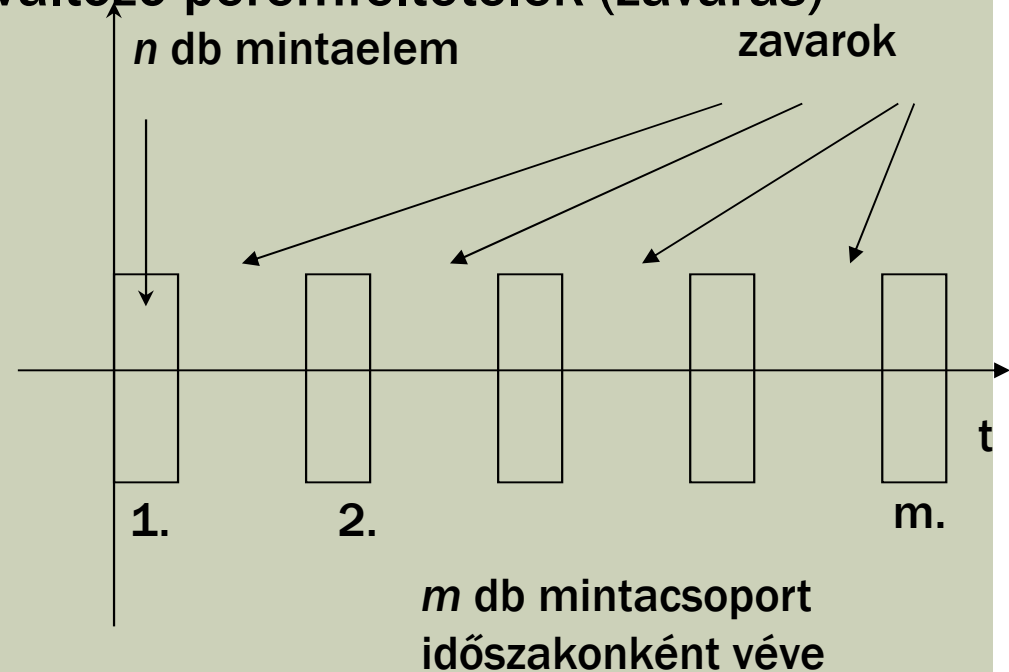
A gépképesség indexek jelölése:  $C_m, C_{mk}$

# FOLYAMATKÉPESSÉG VIZSGÁLAT

## HOSSZABB TÁVÚ STATISZTIKA (PROCESS CAPABILITY)

A teljes folyamatról alkotott kép, változó peremfeltételek (zavarás) mellett:

- ✓ hosszabb időintervallum
- ✓ más szerszám
- ✓ kezelőszemély-váltás
- ✓ géputánállítás (korrekció)
- ✓ bemelegítés utáni üzemállapot
- ✓ hőmérséklet ingadozás
- ✓ anyagminőség változása
- ... stb.



*Minimálisan  $m \cdot n = 125$  mintaelemet szoktak vizsgálni folyamatkéesség vizsgálat céljából.*

A folyamatkéesség indexek jelölése:  $C_p$ ,  $C_{pk}$

A folyamatteljesítmény indexek jelölése:  $P_p$ ,  $P_{pk}$

# VÁRHATÓ ÉRTÉK BECSLÉSE

$m$  kiscsoport  
 $n$  elemű minták  
 $N=m*n$

Összes átlag

$$\hat{\mu}_1 = \bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i$$

Összes medián

$$\hat{\mu}_2 = \tilde{x} = \begin{cases} x_{\frac{N+1}{2}}; N = 2k + 1 \\ \frac{1}{2}(x_{N/2} + x_{N/2+1}); N = 2k \end{cases}$$

Csoportok átlagának átlaga

$$\hat{\mu}_3 = \bar{\bar{x}} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \bar{x}_i$$

Csoportok mediánjának átlaga

$$\hat{\mu}_4 = \bar{\tilde{x}} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \tilde{x}_i$$



# ELMÉLETI SZÓRÁS BECSLÉSE

$$\hat{\sigma}_{\bar{s}} = \frac{\sum_{i=1}^m s_i}{mc_4} = \frac{\bar{s}}{c_4}; \quad \hat{\sigma}_{\bar{R}} = \frac{\sum_{i=1}^m R_i}{md_2} = \frac{\bar{R}}{d_2}$$

$$\hat{\sigma}_t = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}$$

| $n$   | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $d_2$ | 1,128 | 1,693 | 2,059 | 2,326 | 2,534 | 2,704 | 2,847 | 2,970 | 3,078 |
| $c_4$ | 0,798 | 0,886 | 0,921 | 0,940 | 0,952 | 0,959 | 0,965 | 0,969 | 0,973 |

# KÉPESSÉGINDEXEK SZÁMÍTÁSA

$$C_m = \frac{FTH - ATH}{6\hat{\sigma}}$$

$$C_{mk} = \text{Min} \left\{ \frac{FTH - \hat{\mu}}{3\hat{\sigma}}; \frac{\hat{\mu} - ATH}{3\hat{\sigma}} \right\}$$

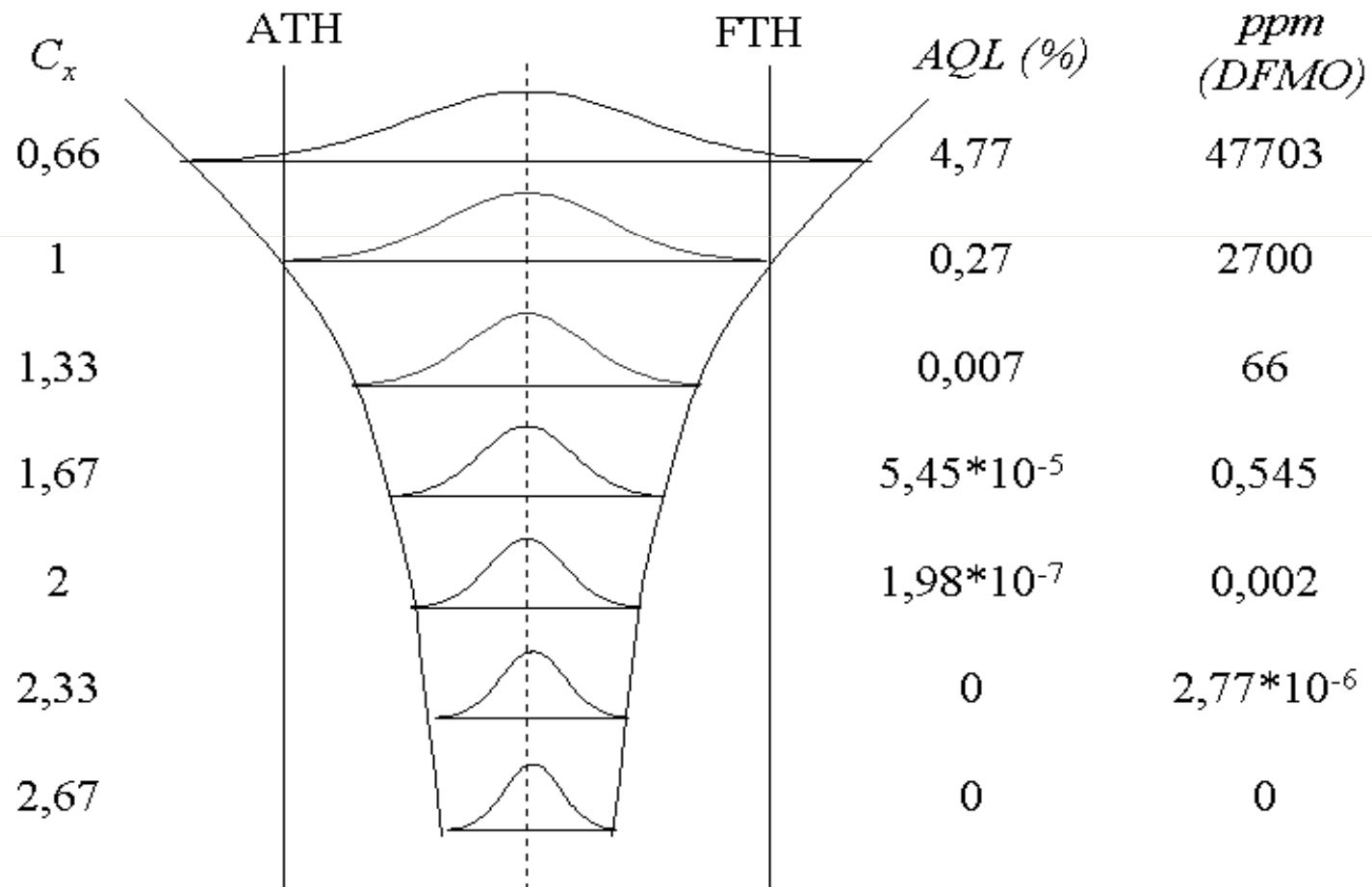
$$C_p = \frac{FTH - ATH}{6\hat{\sigma}}$$

$$C_{pk} = \text{Min} \left\{ \frac{FTH - \hat{\mu}}{3\hat{\sigma}}; \frac{\hat{\mu} - ATH}{3\hat{\sigma}} \right\}$$

# GÉP- ÉS FOLYAMATKÉPESSÉGI INDEXEKRE VONATKOZÓ HATÁRÉRTÉKEK

|          |      |      |      |      |      |      |
|----------|------|------|------|------|------|------|
| $C_{mk}$ | 1,33 | 1,67 | 2,00 | 2,33 | 2,67 | 3    |
| $C_{pk}$ | 1,00 | 1,33 | 1,67 | 2,00 | 2,33 | 2,67 |

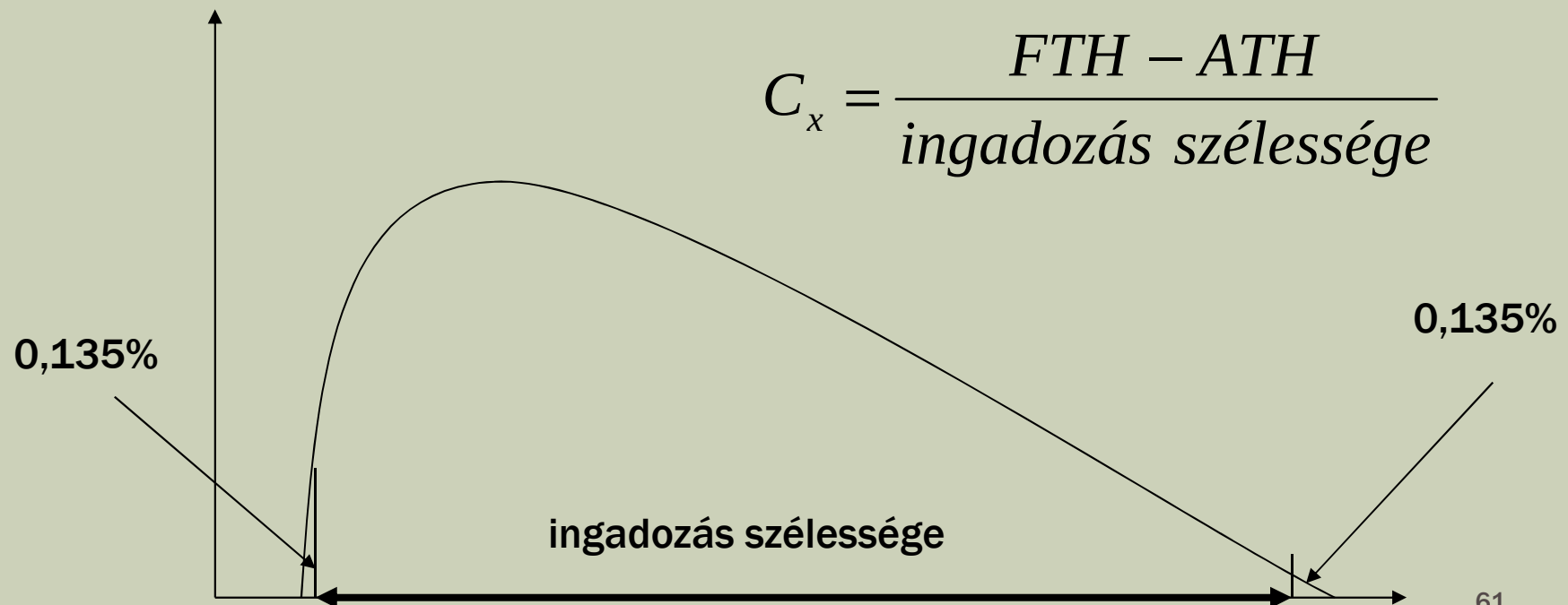
# A MINŐSÉGKÉPESSÉG ÉS EGYÉB MINŐSÉG MUTATÓK KAPCSOLATA



# MI HELYZET AKKOR, HA AZ ADATAINK NEM NORMÁLIS ELOSZLÁS SZERINT INGADOZNAK?

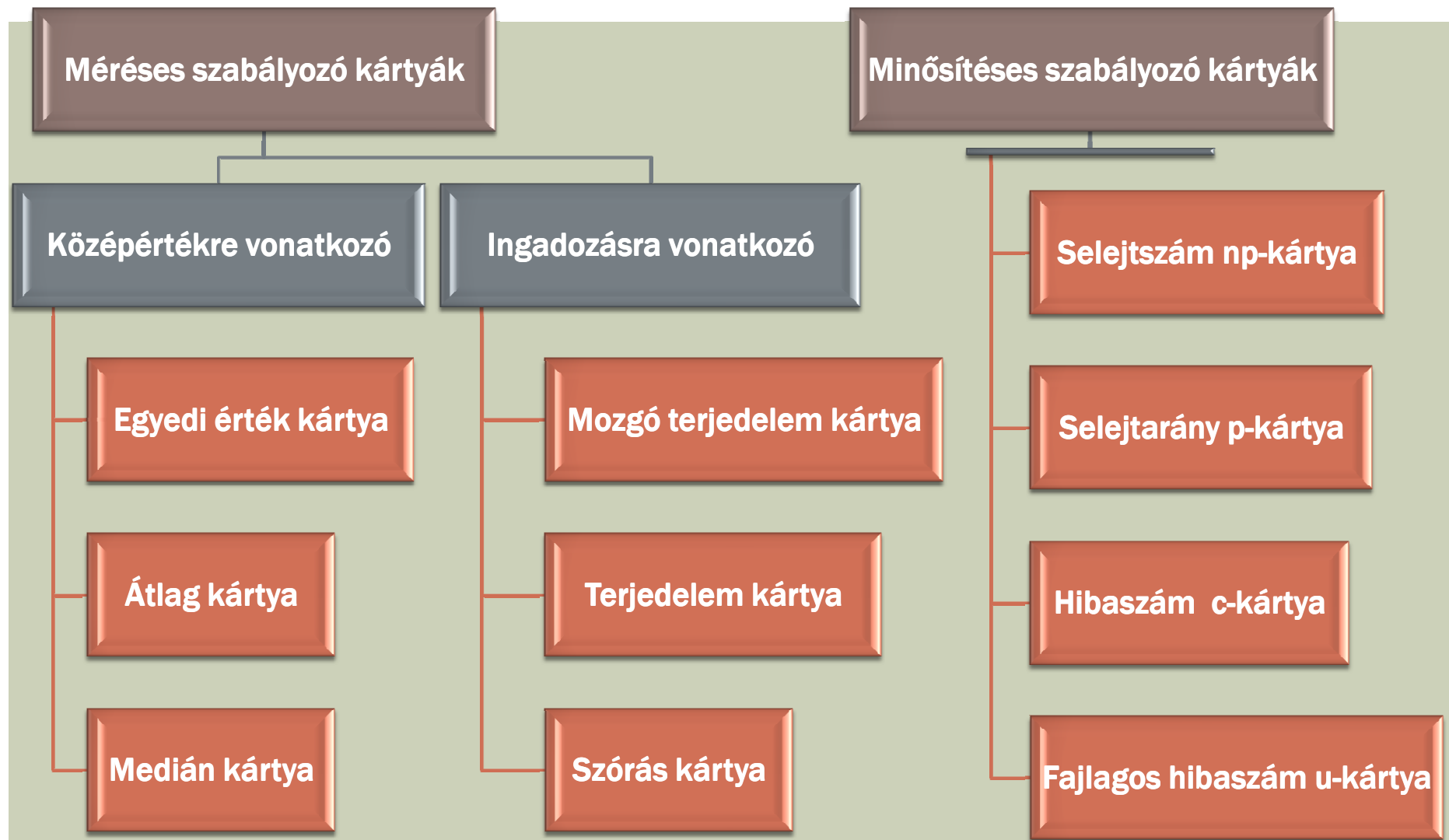
Ez esetben a képességindexhez számított selejtszázalék értékek nem a valós állapotot tükrözik!

Ha a selejtszázaléknak megfeleltetjük a képességindexet, akkor az adott eloszlásból kell számolni!



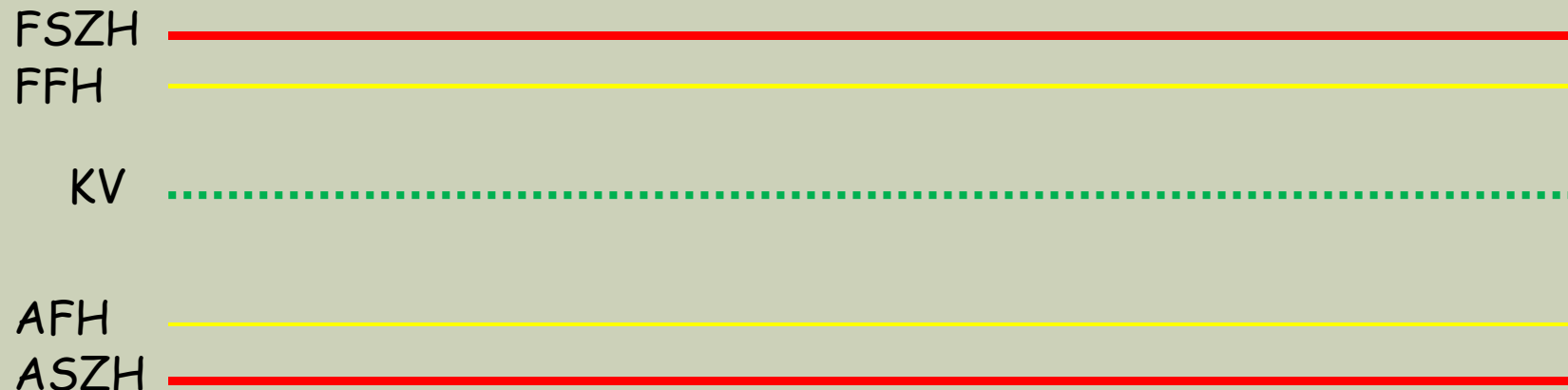
# SZABÁLYOZÓ KÁRTYÁK

# SZABÁLYOZÓ KÁRTYÁK TÍPUSAI



# SZABÁLYOZÓ KÁRTYA FELÉPÍTÉSE

- x-tengely: időtől függő változó (csoportok száma, időpont, stb.)
- y-tengely: a kártya típusának megfelelő változó egy egyes kis-csoportokra (átlag, terjedelem, szórás, selejtek száma, stb.)
- FSZH (Felső Szabályozási Határ, UCL, Upper Control Limit, FBH Felső Beavatkozási határ, FEH Felső Ellenőrzési Határ)
- ASZH (Alsó Szabályozási Határ, LCL, Lower Control Limit, ABH Alsó Beavatkozási határ, AEH Alsó Ellenőrzési Határ)
- FFH és AFH (Felső és alsó figyelmeztetési határok, UWL és LWL, Upper and Lower Warning Limits)
- KV: Középvonal (CL, Center Line)





# ÁTLAG-TERJEDELEM KÁRTYA

$$UCL_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} + A_2 \bar{R}$$

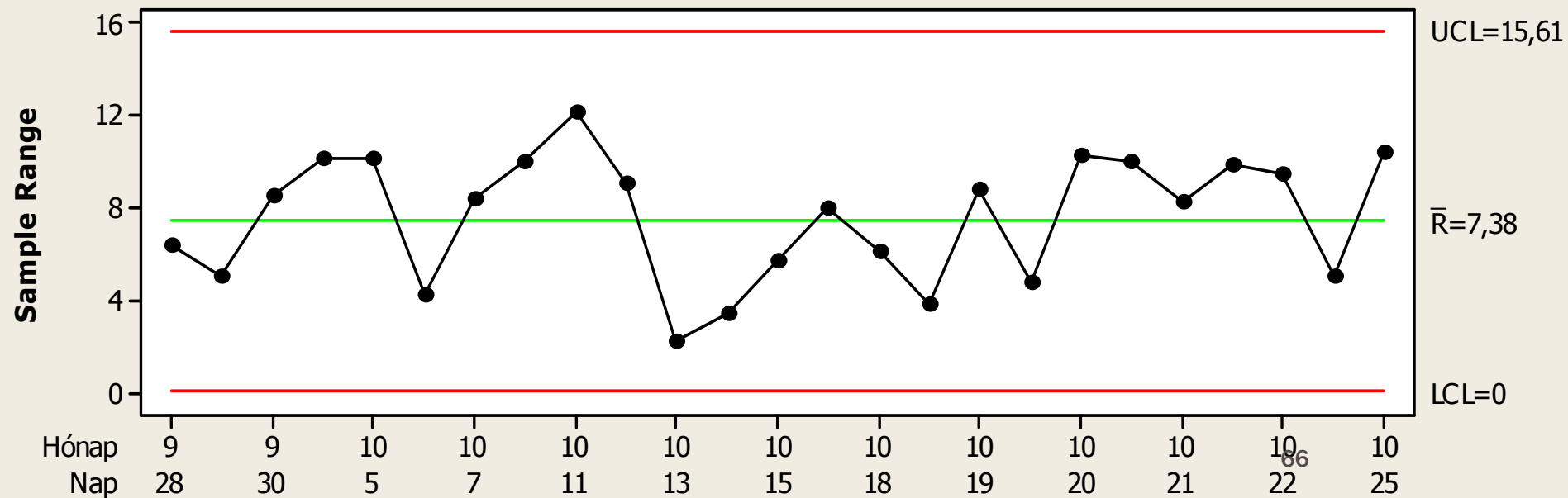
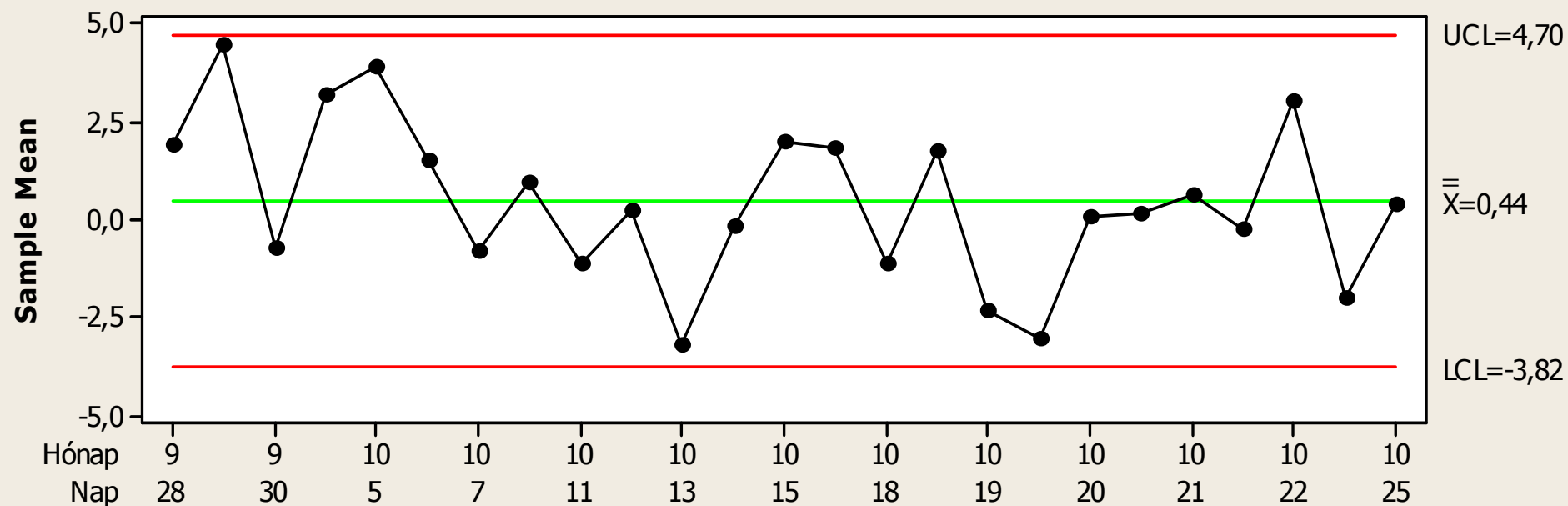
$$LCL_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} - A_2 \bar{R}$$

$$UCL_R = D_4 \bar{R}$$

$$LCL_R = D_3 \bar{R}$$

| $n$ | $A_2$ | $D_3$ | $D_4$ |
|-----|-------|-------|-------|
| 4   | 0,729 | 0     | 2,282 |
| 5   | 0,577 | 0     | 2,114 |
| 6   | 0,483 | 0     | 2,004 |

# Xbar-R Chart of eltérés



# MINŐSÍTÉSES KÁRTYÁK (NP- ÉS C-KÁRTYA)

$$UCL_{np} = \bar{np} + 3 \cdot \sqrt{\bar{np} \left( 1 - \frac{\bar{np}}{n} \right)}$$

$$LCL_{np} = \bar{np} - 3 \cdot \sqrt{\bar{np} \left( 1 - \frac{\bar{np}}{n} \right)}$$

$$UCL_c = \bar{c} + 3 \cdot \sqrt{\bar{c}}$$

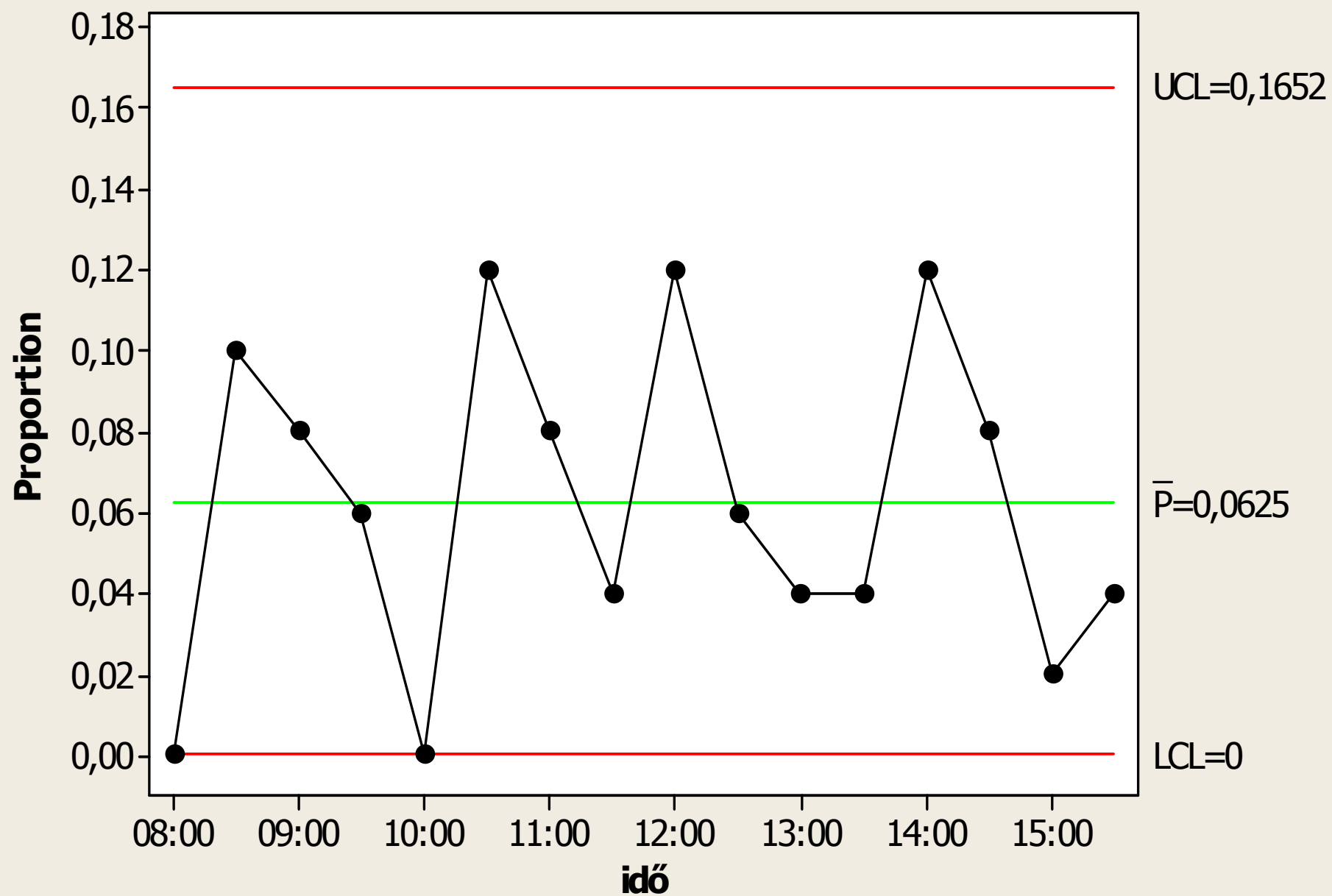
$$LCL_c = \bar{c} - 3 \cdot \sqrt{\bar{c}}$$

# PÉLDA SELEJTSZÁM-KÁRTYÁRA

Egy gépen gyártott csapágygolyókból félóránként 50 elemű mintát vesznek.

| idő   | np | idő   | np |
|-------|----|-------|----|
| 8:00  | 0  | 12:00 | 6  |
| 8:30  | 5  | 12:30 | 3  |
| 9:00  | 4  | 13:00 | 2  |
| 9:30  | 3  | 13:30 | 2  |
| 10:00 | 0  | 14:00 | 6  |
| 10:30 | 6  | 14:30 | 4  |
| 11:00 | 4  | 15:00 | 1  |
| 11:30 | 2  | 15:30 | 2  |

## P Chart of selejt



# SZABÁLYOZÓ KÁRTYÁK HASZNÁLATÁNAK LÉPÉSEI

Adatgyűjtés

- mintavétel

Adatfeldolgozás

- megfelelő mintastatisztikák képzése
- szabályozó kártyás ábrázolás

Értékelés és  
döntés

- szabályozási határokon kívülre kerülés
- 7 pont szabály (Run tesztek)

Beavatkozás

# SZABÁLYOZÓ KÁRTYÁK ÉRTÉKELÉSE

- A szabályozó kártyának ki kell tudni jelezni a veszélyes zavarokra utaló jelenségeket!!!

Szabályozottnak tekintjük a folyamatot, ha a mért jellemző a célértéket, vagy a trendet véletlenszerű változékonysággal követi.

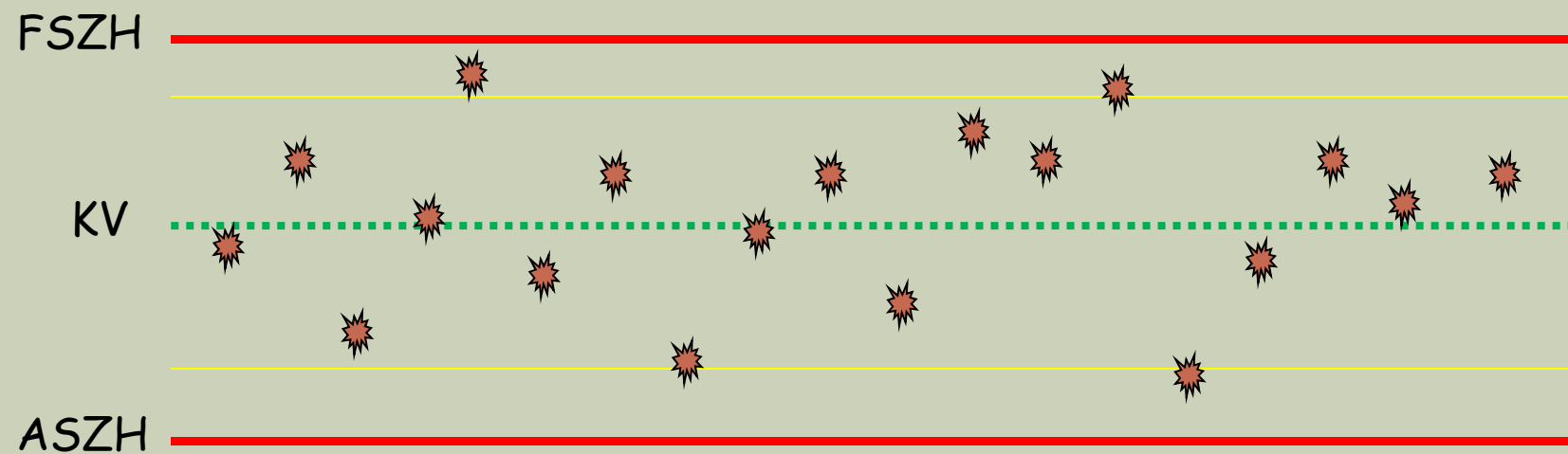
## Jelzések:

- Kiugró érték a szabályozási határon kívül  
(0,27 % a valószínűsége)
- A mintázatban szabályosság lép föl, az már szisztematikus hibára enged következtetni, még akkor is, ha a vizsgált pontok a szabályozási határokon belül vannak.

Ennek vizsgálatára alkalmas

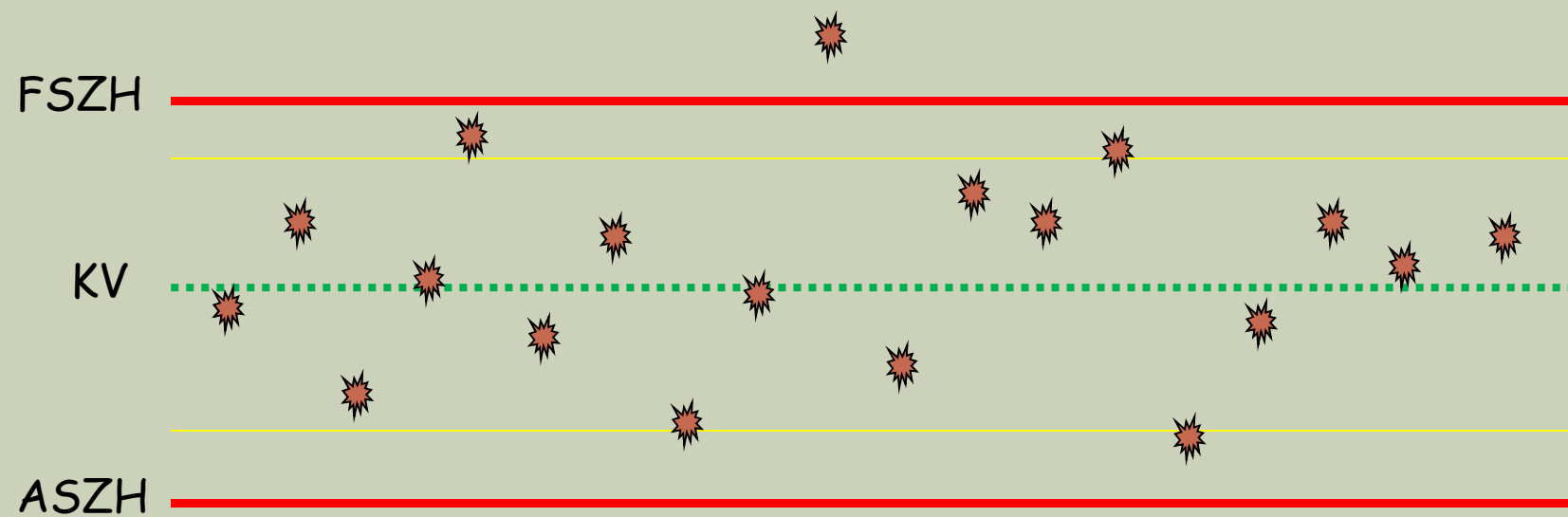
- az ún. 7 pont szabály
- Run-tesztek, avagy mintázat vizsgálatok

# SZABÁLYOZOTT FOLYAMAT

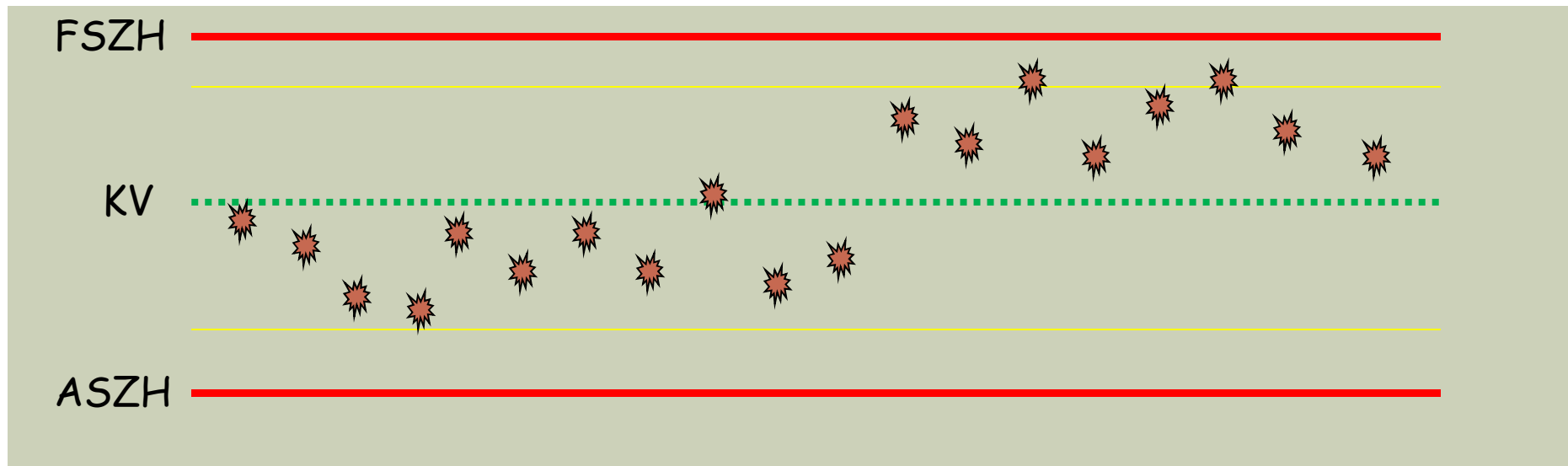




# KIUGRÓ ÉRTÉK

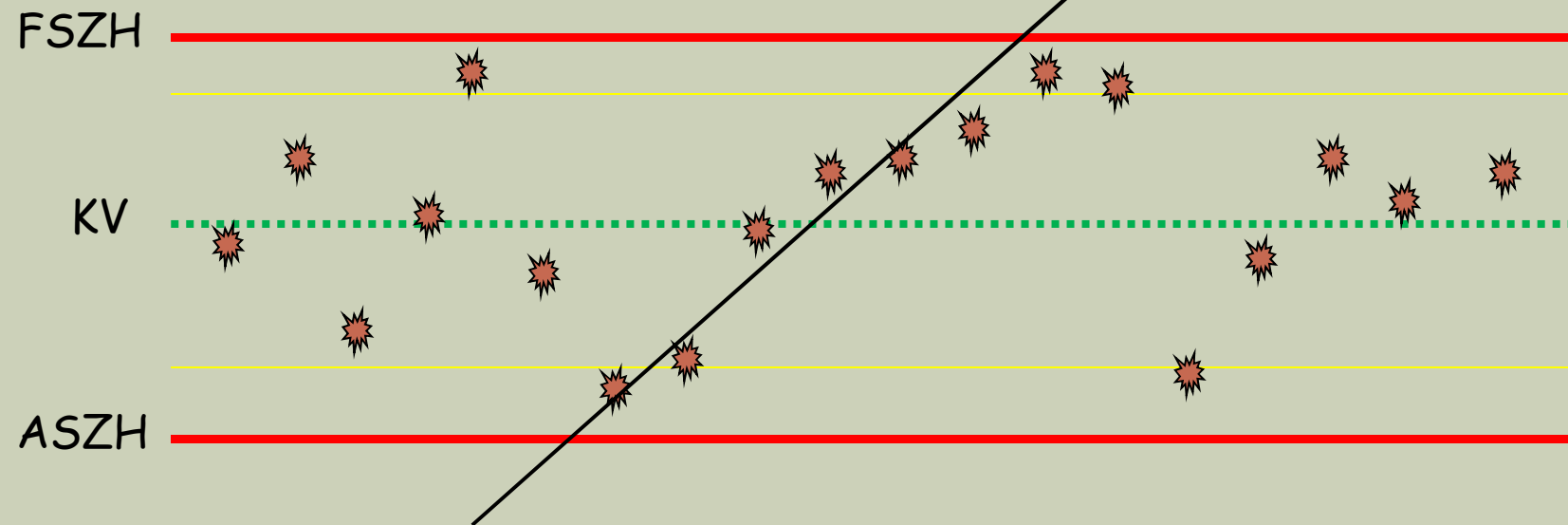


# BEÁLLÁS VÁLTOZÁS



| X                       | $s \uparrow$            | $s \downarrow$              |
|-------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| Gépelállítódás          | Géphiba                 | Gép állapot javulás         |
| Gépkezelő váltás        | Anyag inhomogenitás     | Anyagminőség javulás        |
| Anyag megváltozás       | Mérőrendszer hiba       | Mérőeszköz felbontása kicsi |
| Szerszám méretkopás     | Laza munkadarab befogás |                             |
| Rossz gépbeállítás      | Befogás ütése           |                             |
| Statikus merevség vált. |                         | 74                          |

# TREND



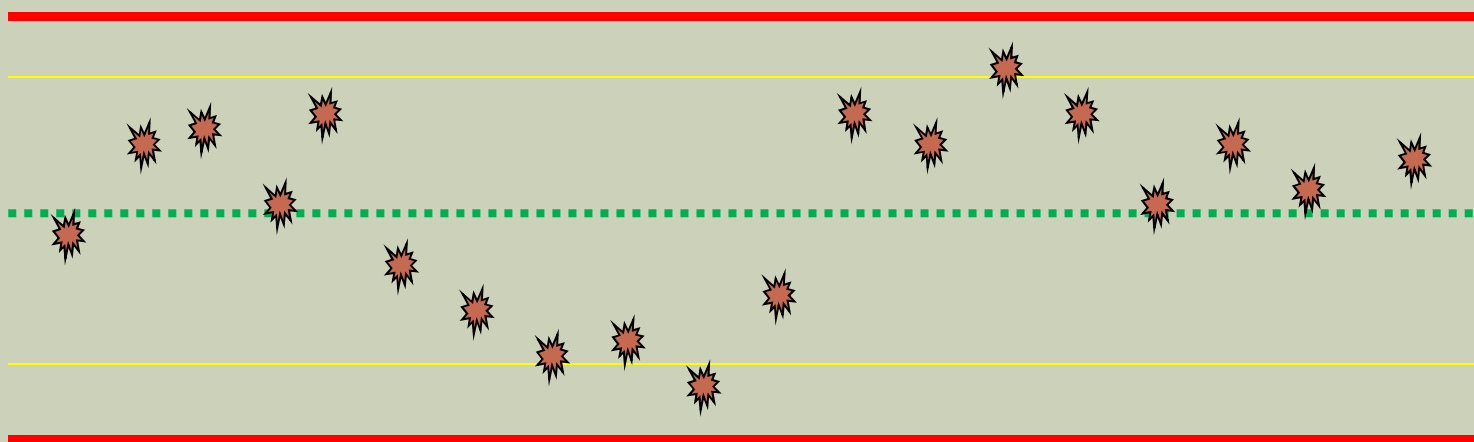
| X                  | $s \uparrow$                                 | $s \downarrow$       |
|--------------------|----------------------------------------------|----------------------|
| Gépelállítódás     | Gép, készülék lazulás                        | Gép állapot javulás  |
| Szerszámkopás      | Gép, készülék kopás                          | Anyagminőség javulás |
| Anyagváltozás      | Anyag megváltozás                            | Munkadarab befogás   |
| Gépkezelő fáradása | Mérőrendszer véletlen hibájának megváltozása |                      |
| Gépállapot romlás  | Mérő személy megváltozása                    |                      |

# CIKLUSOSSÁG

FSZH

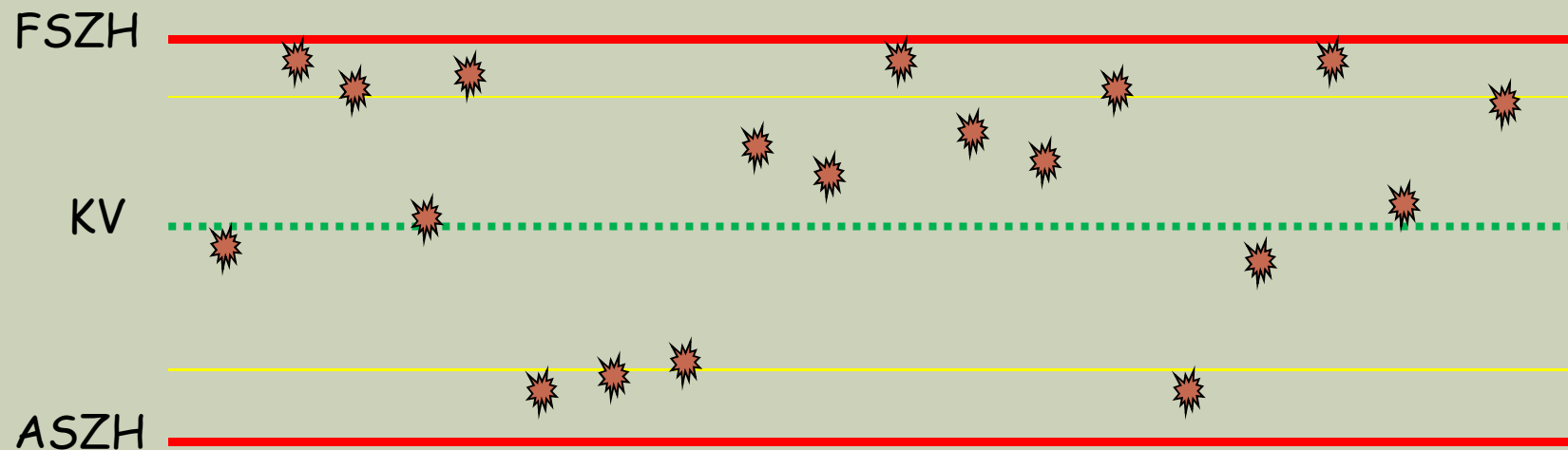
KV

ASZH



| X                                                 |
|---------------------------------------------------|
| Kopott forgó alkatrészek                          |
| Periodikus anyagadagolás                          |
| Környezeti jellemzők szabályszerű változása       |
| Adagolószerkezet állapotának periodikus változása |
| Beszállítók inhomogenitása                        |

# HATÁRKÖZELISÉG



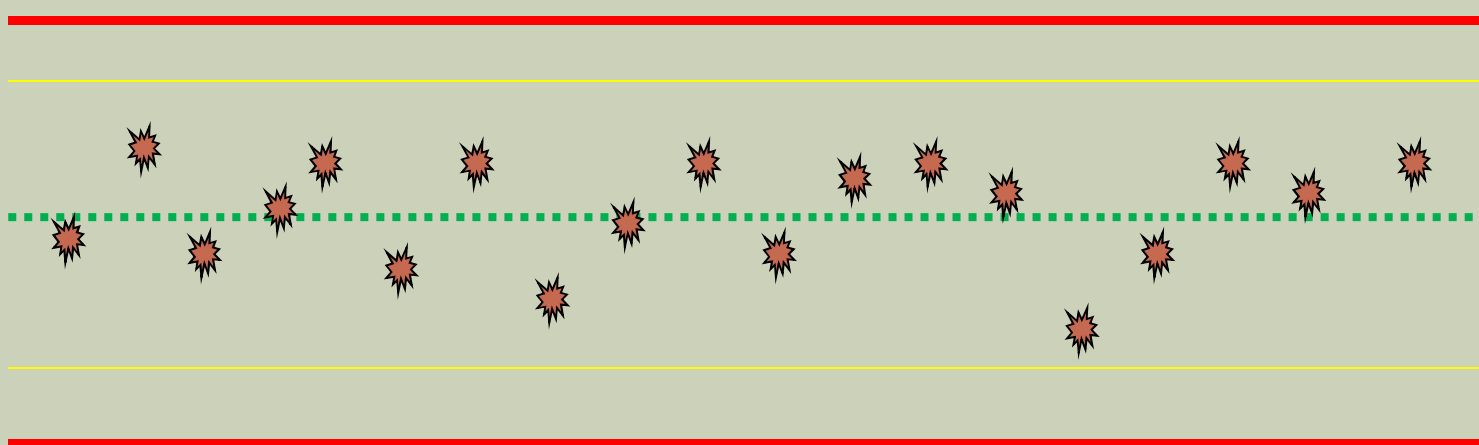
| X                                                  | S                          |
|----------------------------------------------------|----------------------------|
| Anyagváltozás                                      | Készülék-, szerszámlazulás |
| Beszállítók hibája                                 | Anyagváltozás              |
| Készülék-, szerszámlazulás                         |                            |
| Nem elég finom felbontású szabályozási beavatkozás |                            |

# TÚL JÓ CÉLÁLLAPOT TARTÁS

FSZH

KV

ASZH

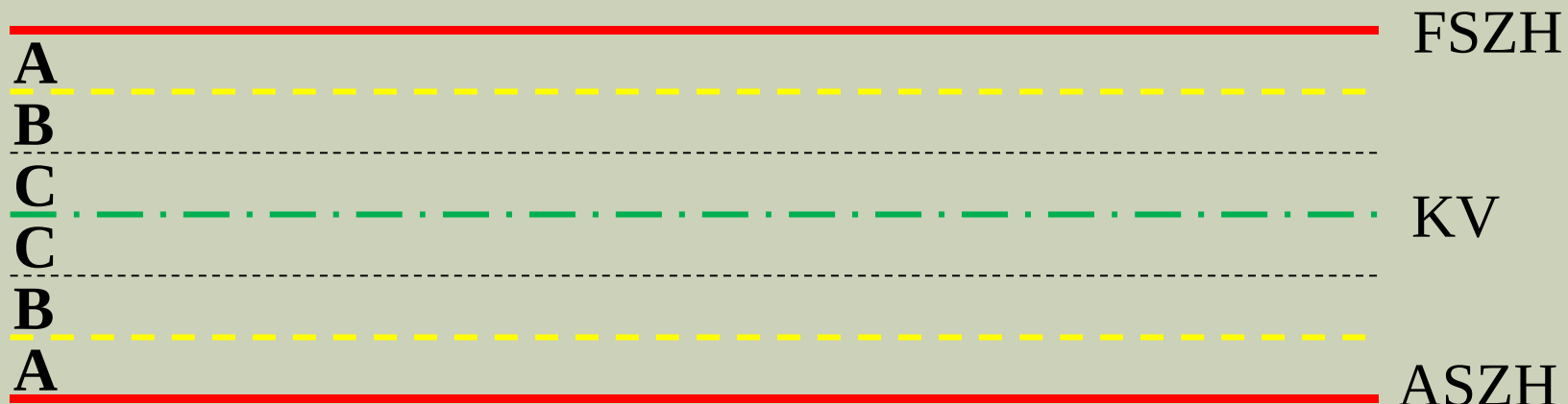


|                                            |
|--------------------------------------------|
| Rosszul megállapított beavatkozási határok |
| Nem megfelelő mérőeszköz használata        |
| Hibás kártyakitöltés                       |
| „Szépített” adatok                         |

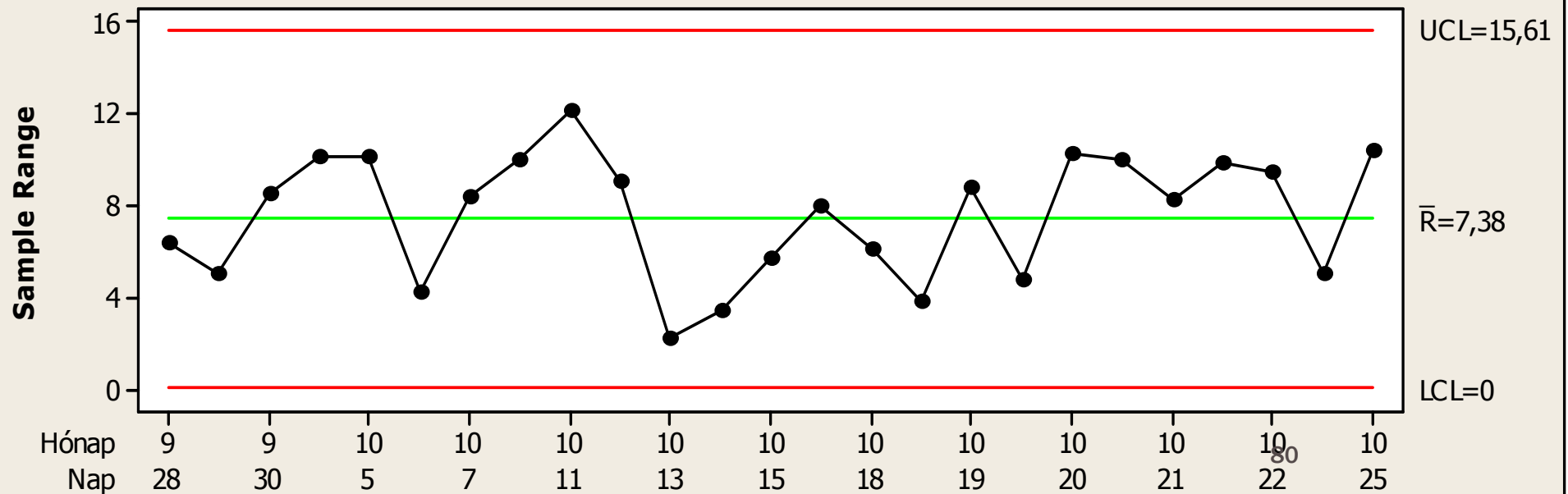
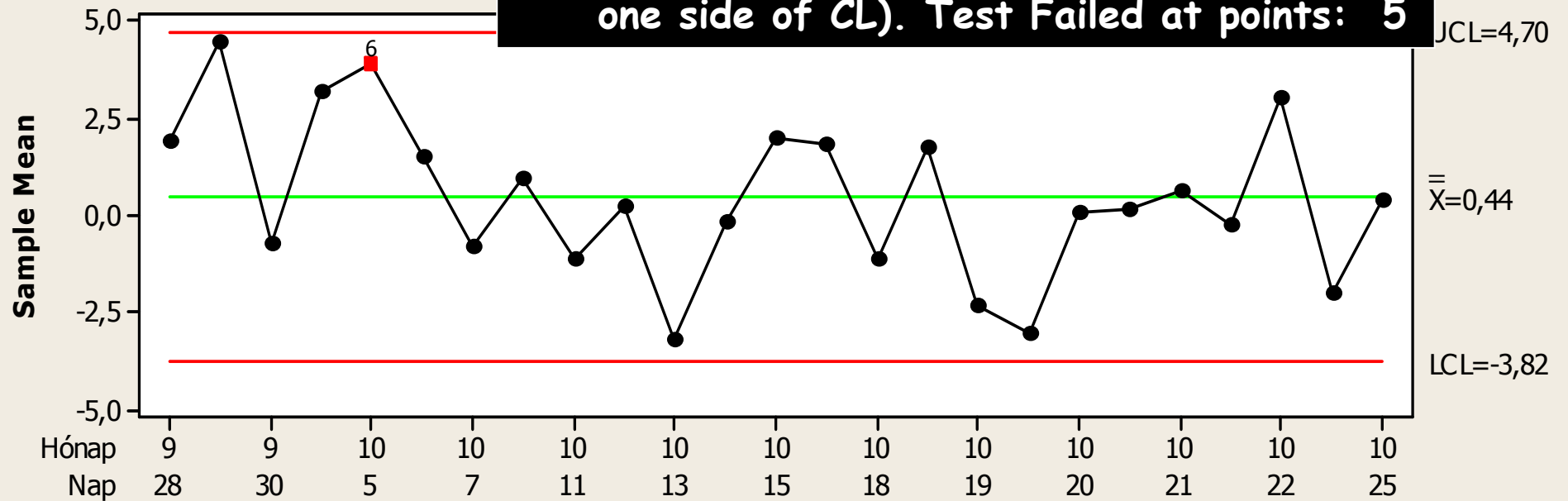
# RUN TESZTEK

## WESTERN ELECTRIC ALGORITMIKUS SZABÁLYAI

1. Egy pont az A zónán kívül
2. Kilenc egymást követő pont a középvonal egyik oldalán
3. Hat egymást követő pont növekvő vagy csökkenő menetű
4. Tizennégy egymás utáni pont le-föl váltakozik
5. Három egymást követő pont az A zónában vagy azon túl
6. Öt egymást követő pont közül négy a B zónában vagy azon túl
7. Tizenöt pont egymás után a C zónában
8. Nyolc egymást követő pont a C zónán kívül



**TEST 6. 4 out of 5 points more than 1 standard deviation from center line (on one side of CL). Test Failed at points: 5**





# ÁTLAG KÁRTYA TERVEZÉSE

## Az átlag kártya szabályozási határai és középvonala (Shewhart féle, 99,73%-os határok)

Felső szabályozási határ (FSZH, FEH, FBH, UCL: Upper Control Limit):

$$FSZH_{\bar{x}} = \hat{\mu} + 3 \frac{\hat{\sigma}}{\sqrt{n}}$$

Alsó szabályozási határ (ASZH, AEH, ABH, LCL: Lower Control Limit):

$$ASZH_{\bar{x}} = \hat{\mu} - 3 \frac{\hat{\sigma}}{\sqrt{n}}$$

Középvonal (KV, CL: Center Line):

$$KV_{\bar{x}} = \hat{\mu}$$