

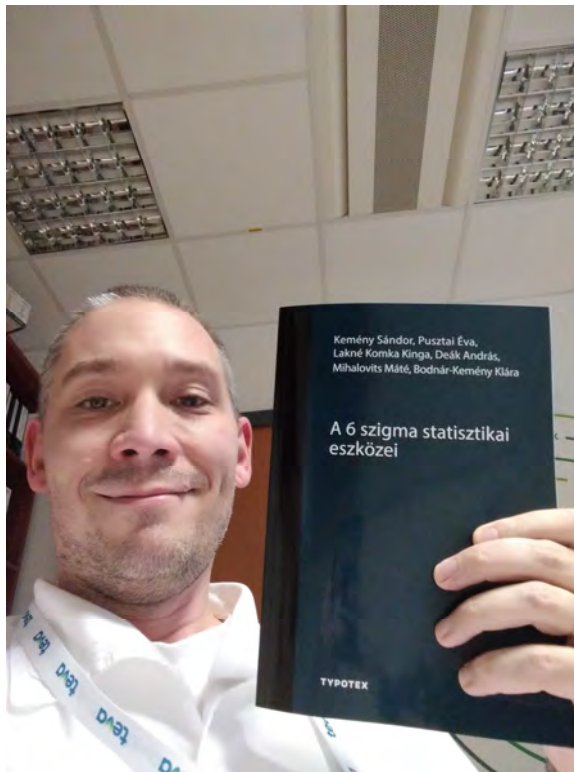
# Kemény Sándor és szerzőtársai

A 6 szigma statisztikai eszközei c.  
könyv bemutatása

EOQ Hat Sigma, Lean és Statisztika  
Szakbizottsága

560 oldal

A képen Orosz  
László István,  
Debrecen



A 6 szigma statisztikai eszközei c. könyv bemutatása

Kemény Sándor, Pusztai Éva,  
Lakné Komka Kinga, Deák András,  
Mihalovits Máté, Bodnár-Kemény Klára

A 6 szigma statisztikai  
eszközei

TYPOTEX

Hogy merült föl?

Kemény S., Papp L., Deák A.: Statisztikai minőség-  
(megfelelőség-) szabályozás, 1998

Műszaki Könyvkiadó és Magyar Minőség Társaság

Több utánnymásban elfogyott, sokan keresték azóta is.  
Typotex, előrendelés

Sok példa, ezekért hálásak vagyunk névtelen „társszerzőinknek”.

Dr. Veress Gábor

Dr. Hargittai István

MTA

## Elhelyezzük magunkat

- statisztikai cél, ha ellenőrizni/igazolni akarunk valamit (a hatósági feladatoknál ez a tipikus, AIAG-nál is), itt előre el kell határozni a kísérleti tervet
- ha megérteni/javítani akarjuk a folyamatokat, itt a tapasztalat segít föltenni az újabb kérdéseket.

A legegyszerűbb modellek (mint például az egyetlen normális eloszlást feltételező folyamatképeségi indexé) használata is lehet hasznos, de mindenképpen szemfelnyitó, a tréningek tapasztalatai bizonyítják.

A gyakorlatban előforduló feladatok mekkora hányada modellezhető a „legegyszerűbb” módszerekkel?  
Nem tudunk ilyen világ-felmérésről, és ha lenne, az se lenne időtálló.

## Minőségügy

Juran: A minőségi problémák 95%-a menedzsment-probléma

Tipikus gyártási szituáció:

„látod, hogy rossz a termék, miért nem csinálsz valamit?”,  
→csinál „valamit”, ami nem adekvát – ez nem a munkás hibája

Ez a mechanizmusa az állandó tűzoltásnak, beépített kudarc

Pl. Nokia (Dózsa Zoli)

Brian Joiner (Fourth Generation Management, Amazon, 1994) szerint ha az embereknek a folyamatuk jóságát kell bizonyítaniuk, 3 lehetőségük van:

- meghamisítják az adatokat
- nem abból a folyamatból veszik az adatokat, amelyikből kellene (meghamisítják a folyamatot), erre példa a Volkswagen botránya a diesel-motorok kibocsátásának mérésével kapcsolatban
- dolgoznak a folyamat javításán.

A legutóbbi a legkeservesebb, nekik szól a könyv.

Az emberi problémák lényegesek, de **a könyv nem erről szól.**

A minőségjavítás hagyományos megközelítése: ha nem romlott el, ne javítsd meg. Nem ezt valljuk.

Eddig egy feladatunk volt: elvégezni a munkánkat, például gyártani a termékeket.

Ma a verseny következtében e mellé még egy feladat társul: javítani a folyamatainkat: folytonos fejlesztés (*continuous improvement*)

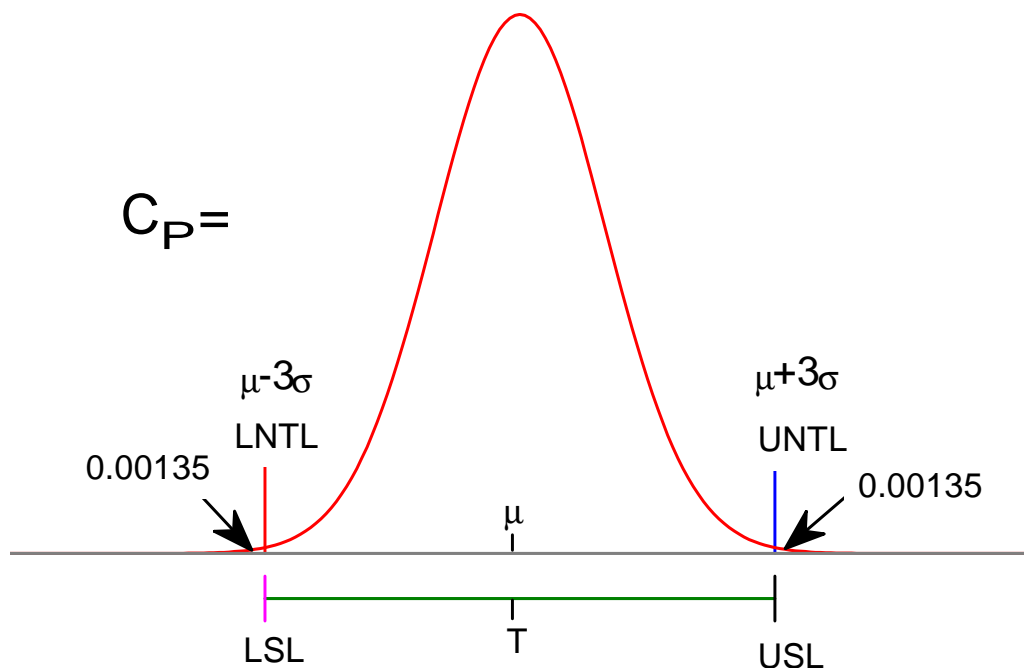
Hoerl és Snee (Statistical Thinking: Improving Business Performance, Duxbury, 2002),

Itt köszön vissza a fejlesztés igénye, szemben az igazolásával.

Gyártási és szolgáltatási folyamatokra is vonatkozik.

„Javítani a folyamatainkat”

A folyamat jóségának értelmezése: folyamatképesség



$$C_P = \frac{USL - LSL}{6\sigma}$$

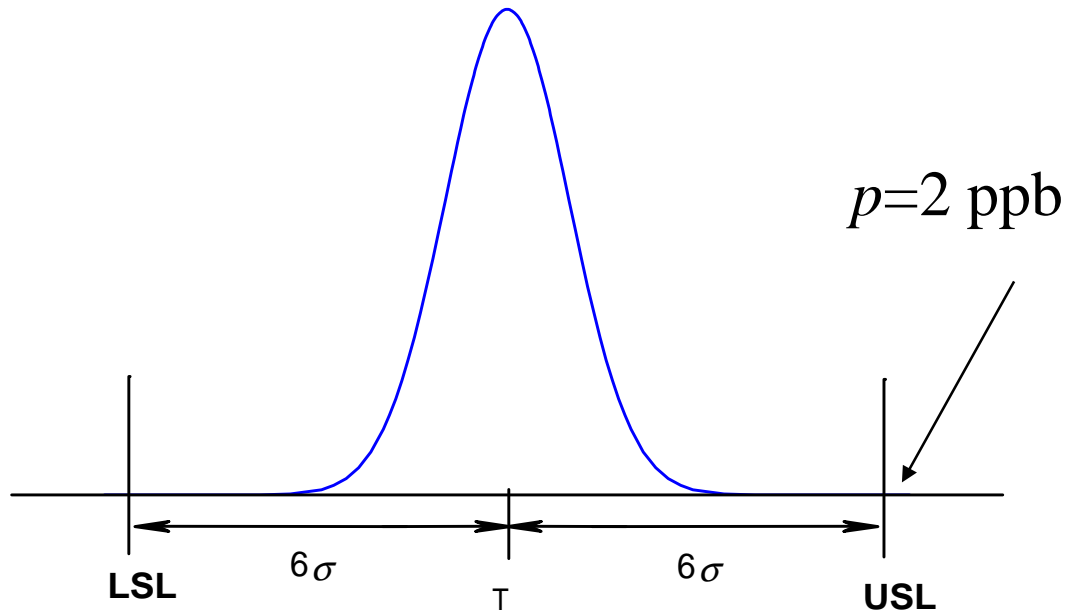
$$p = 0.0027 (0.27\%)$$

**Van egyáltalán normális eloszlás?**

# Mi is az a 6 szigma?

Csak a leltár kedvéért

$$Z = 6$$

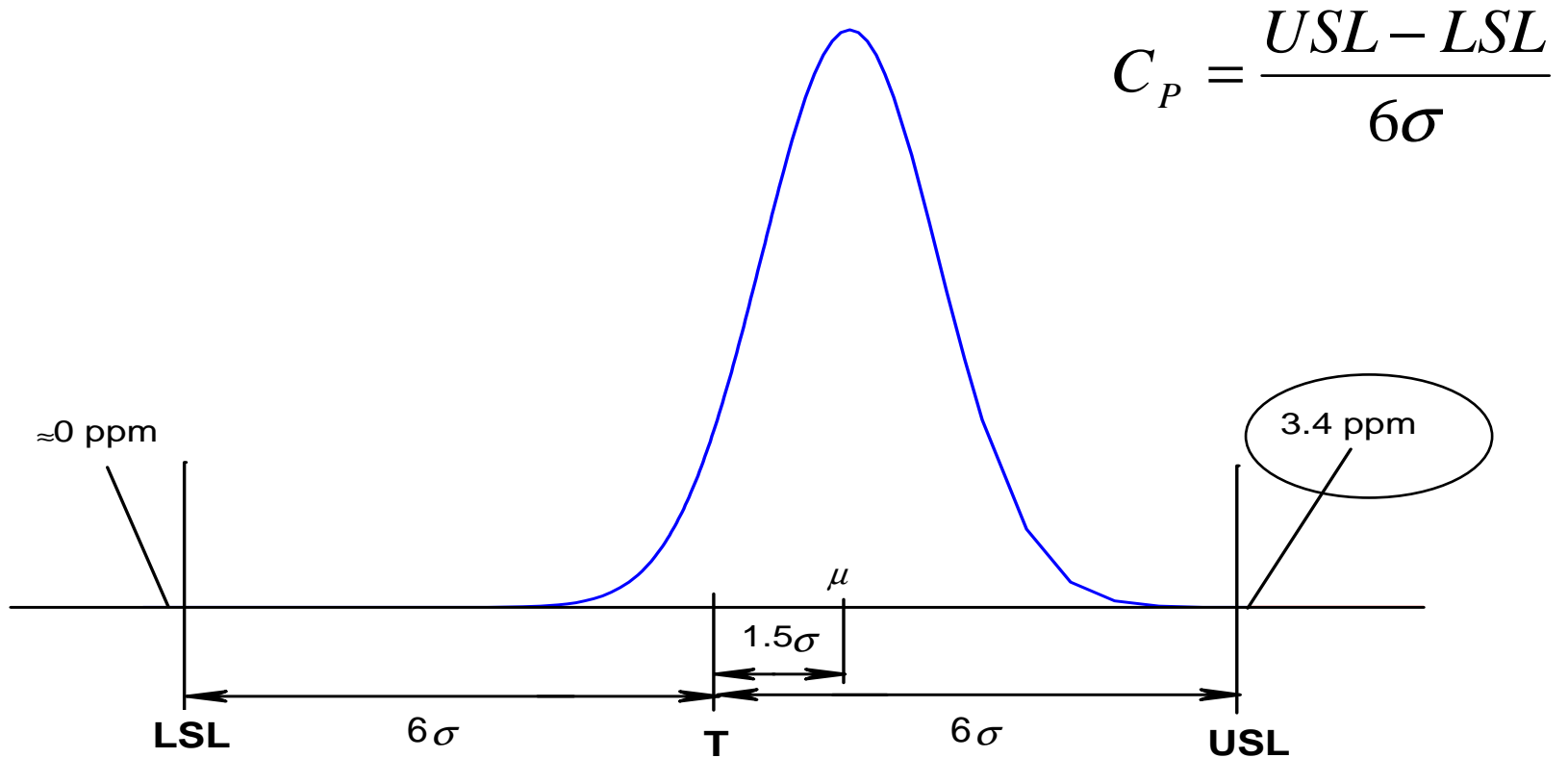


$$C_P = C_{PK} = 2$$

... lenne, ha a folyamat jól centrált lenne ( $\mu=T$ ), de ...

Motorola:  $1.5\sigma$  eltolódás





$$C_P = 2 \quad C_{PK} = 1.5 \quad Z = 6 \text{ ( 6 szigmás folyamat)}$$

- Miért kell ennyire jónak lennie a folyamatnak (3.4 ppm)?
- Hogy érhetjük el, hogy ilyen jó legyen?

A termékek alkatrészekből épülnek föl, a folyamatok részfolyamatokból. A 3.4 ppm egy alkatrésze vagy részfolyamatra vonatkozik.

High tech: sok alkatrész vagy rész-folyamat, ezért kell, hogy ilyen jó folyamataink legyenek, jön a példa.

## 1. példa

Illusztráció:

közepes bonyolultságú háztartási kenyérpirító, 20 alkatrész.

Az egyszerűség kedvéért tételezzük föl: ahhoz, hogy a kenyérpirító működképes legyen, minden alkatrésznek hibátlanak kell lennie, és hogy ezek bármelyikének hibás volta a többiétől független esemény.

Legyen minden alkatrészre  $C_p = 1$  és tételezzük föl, hogy a folyamatok jól centráltak.

Ekkor annak valószínűsége, hogy valamely alkatrész selejtes legyen, 0.0027, hogy ne legyen selejtes, 0.9973.

Annak valószínűsége, hogy egyik alkatrész se legyen selejtes a 20 közül,  $0.9973^{20} = 0.947$ , kb. minden huszadik kenyérpirító selejtes lenne.

Most már értjük, hogy miért kell ennyire jónak lennie a folyamatnak (3.4 ppm).

Hogy érjük el, hogy ilyen nagyon jók legyenek a folyamatok? Ez a 6 szigma tevékenység.

Az emberi problémák lényegesek (pszichológia vagy pszichiátria), de **a könyv nem erről szól. Hanem miről szól a könyv?**

Nálunk a statisztika az ingadozás tudománya, ennél is pontosabban az ingadozás struktúrájának és mértékének tudománya.

Shewhart (1920-as évek) innovációja:

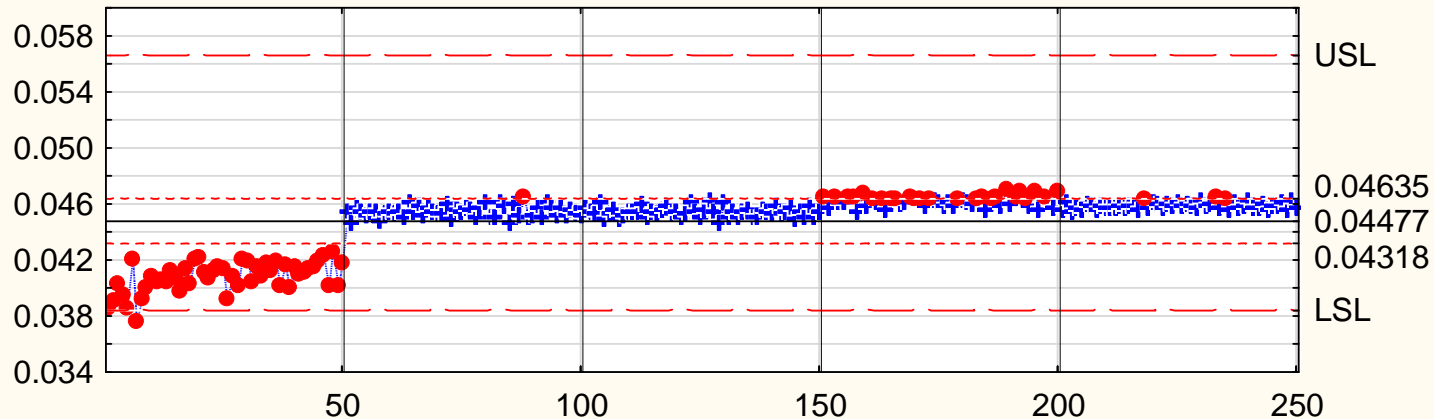
- közönséges ingadozás (*common cause*)
- tettenérhető hiba (*assignable cause*)

Az elkülönítés eszköze az ellenőrző kártya (**1. eszköz**)

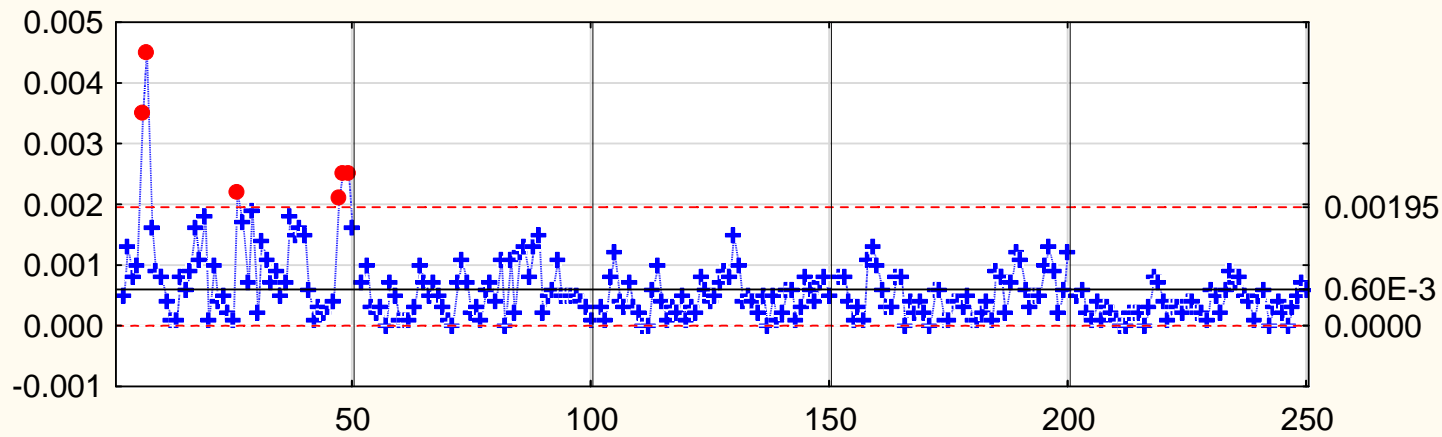
# Ha baj van, sokszor nagy baj van

X and Moving R Chart; variable: 20 $\mu$ l

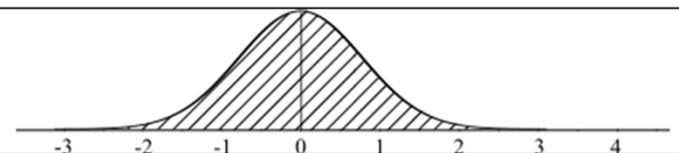
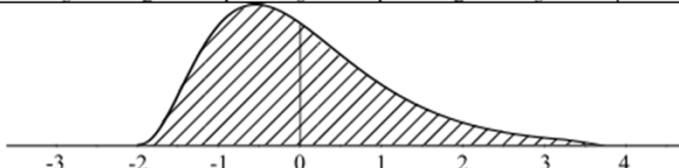
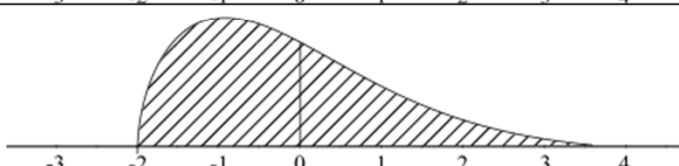
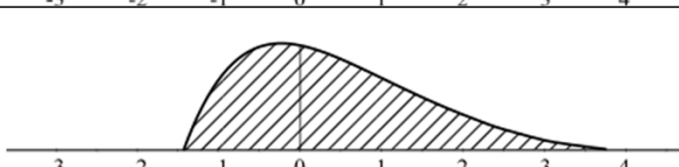

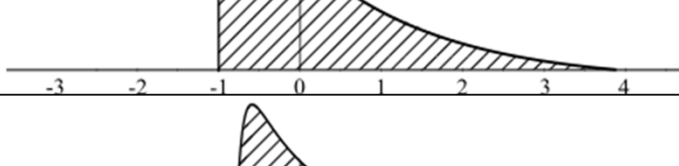
X: 0.04477 (0.04477); Sigma: 0.53E-3 (0.53E-3); n: 1



Moving R: 0.60E-3 (0.60E-3); Sigma: 0.45E-3 (0.45E-3); n: 1



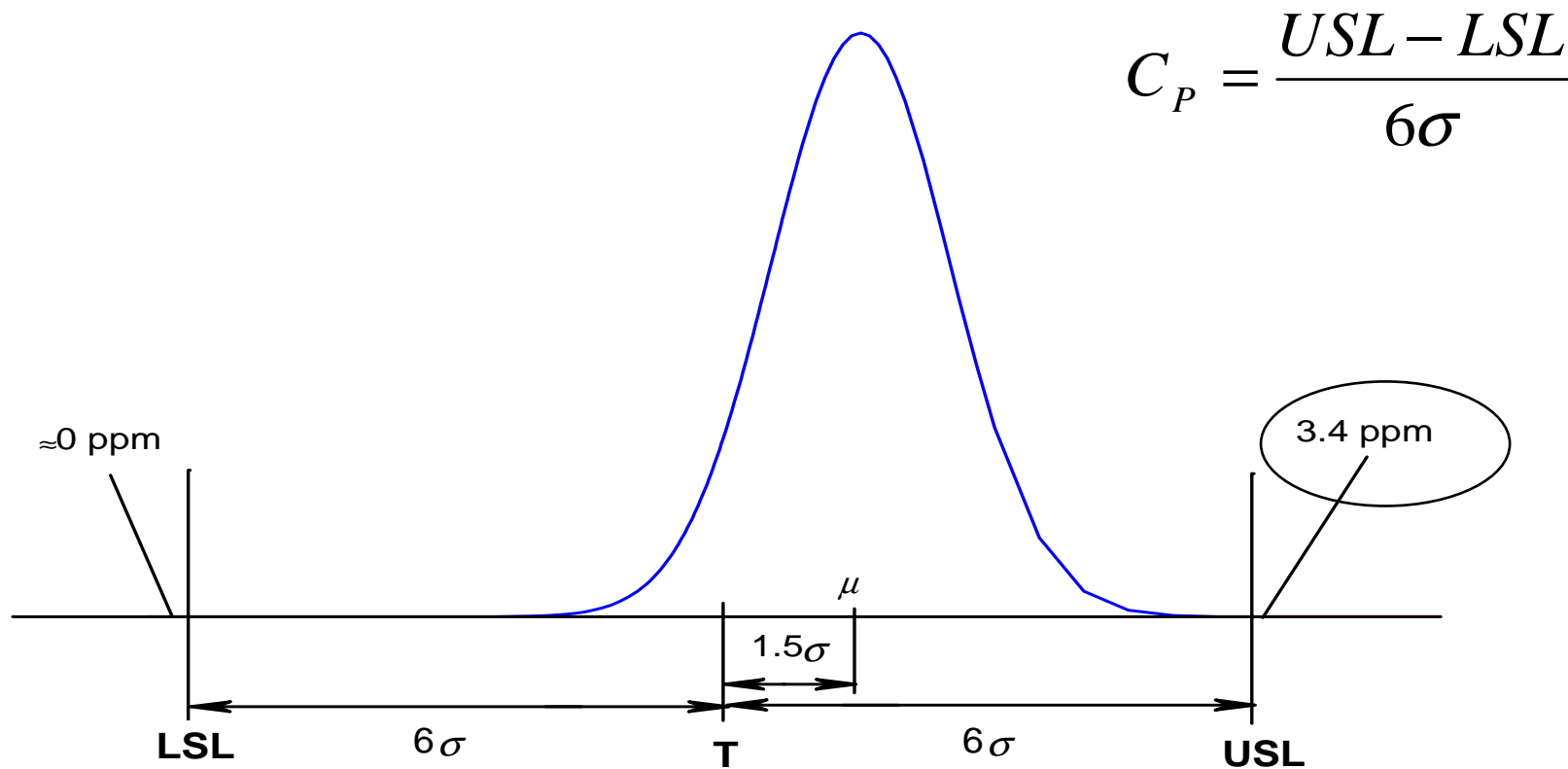
	feltétel	valószínűség
	normális eloszlás	a várható érték körüli $\pm 3\sigma$ tartományon kívül 0.0027
Csebisev	a valószínűségi változó várható értéke véges legyen	a várható érték körüli $\pm k\sigma$ tartományon kívül $\leq 1/k^2$
Viszocsanszkij-Petunyin	a valószínűségi változó várható értéke véges, az eloszlás unimodális, szimmetrikus és véges szórású, a $k \geq \sqrt{8/3}$	$\leq 4/9k^2$ a várható érték körüli $k\sigma$ tartományon kívül

eloszlás típusa	valószínűség	alsó kieső	felső kieső	ábra
normális	0.9973	0.00135	0.00135	
$\chi^2(\nu = 8)$	0.990	0	0.0103	
Weibull ( $\alpha=1.6$ )	0.991	0	0.0094	
$\chi^2(\nu = 4)$	0.998	0	0.0141	
exponenciális	0.982	0	0.0183	
lognormális	0.982	0	0.018	

A  $\pm 3\sigma$   
tartományba  
esés  
valószínűsége

$\pm 3\sigma$

## Folyamatképesség, 2. eszköz



$$C_P = 2 \quad C_{PK} = 1.5 \quad Z = 6 \text{ ( 6 szigmás folyamat)}$$

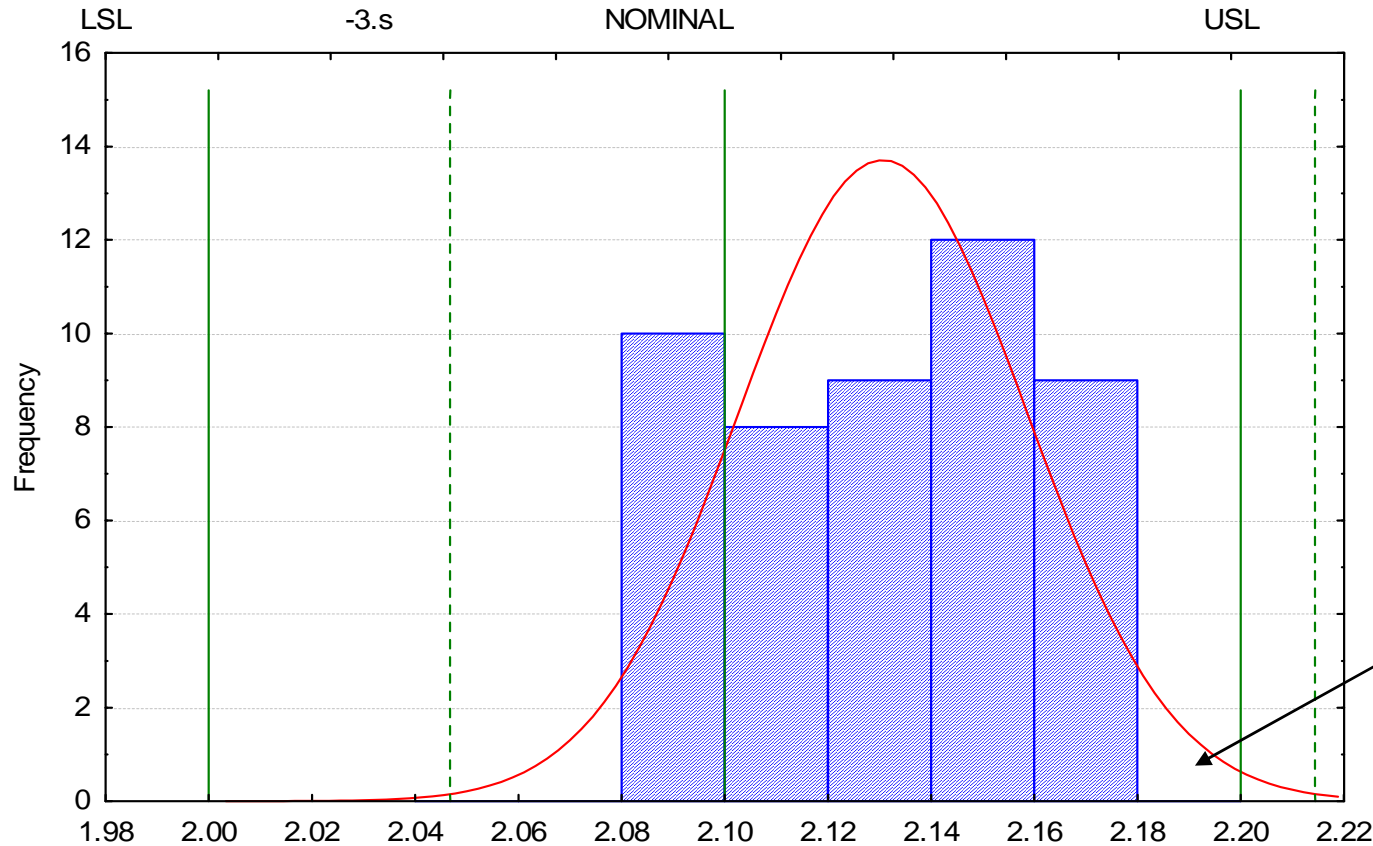


## 2. példa

### Ampulla-töltési folyamat

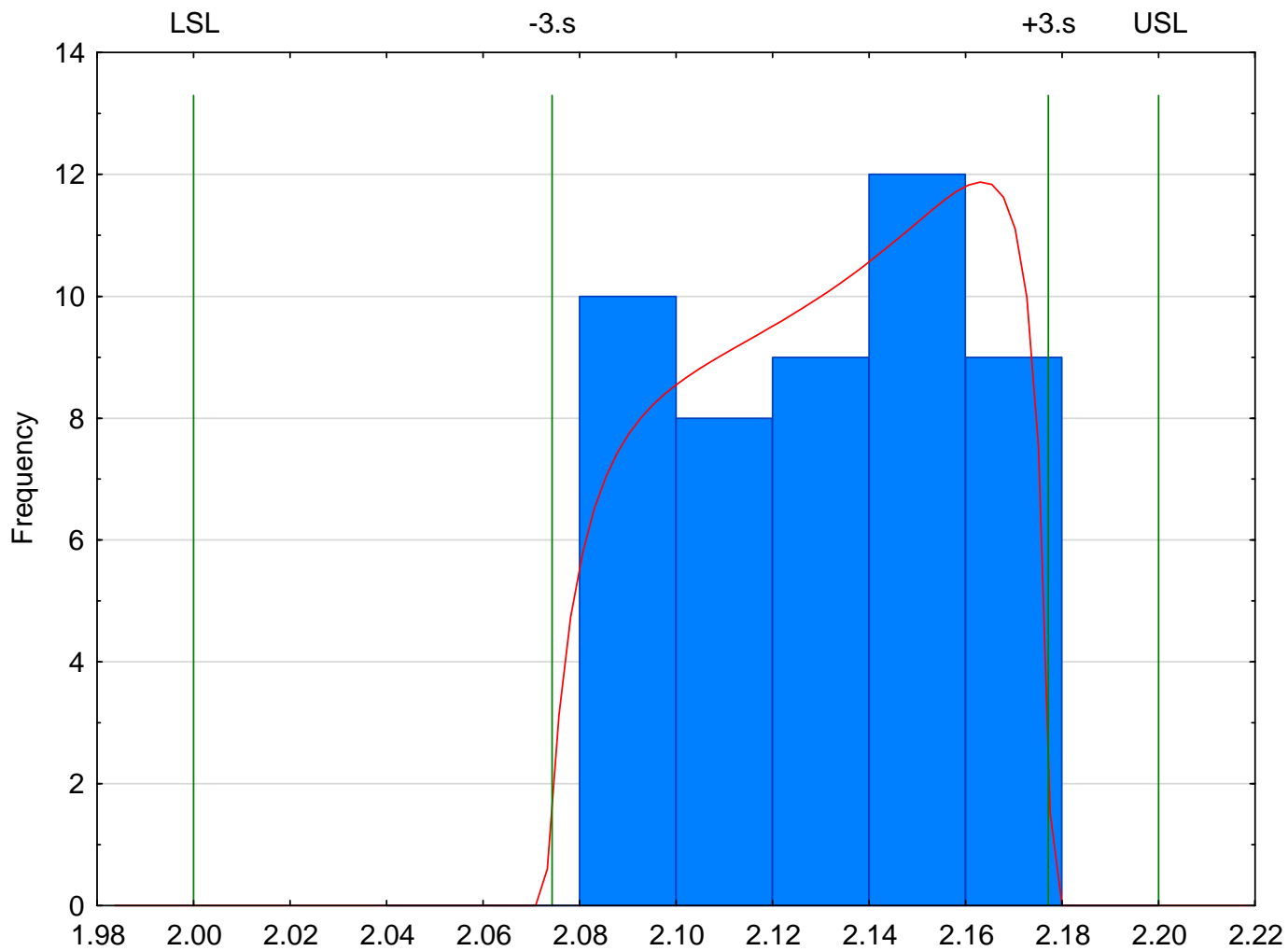
Van-e egyáltalán normális eloszlás? És mindig az?

Variable: JKIVTERF Mean: 2.13065 Sigma: .027933  
Specifications: LSL=2.00000 Nominal=2.10000 USL=2.20000  
Normal: Cp=1.193 Cpk=.8276 Cpl=1.559 Cpu=.8276



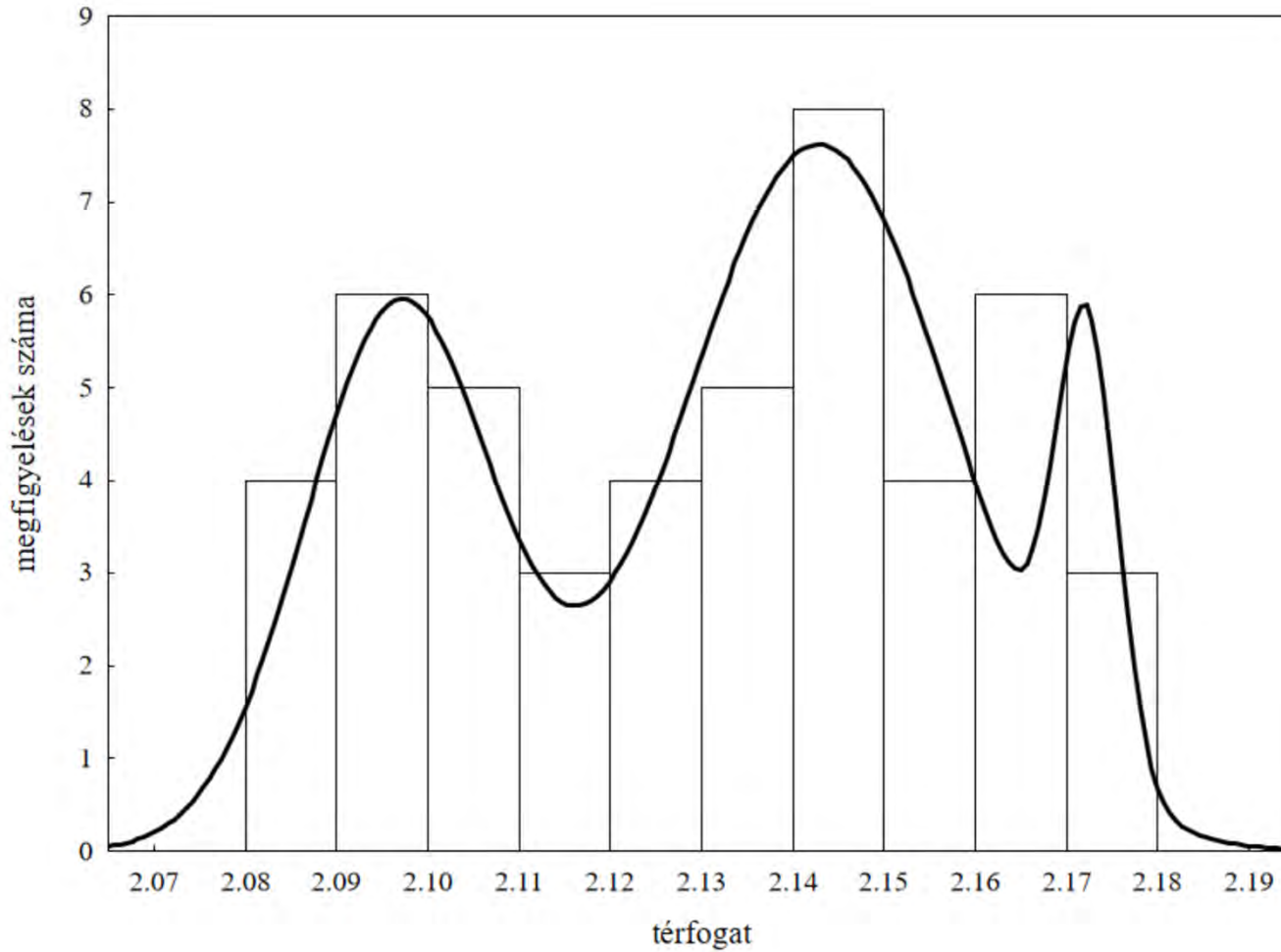
USL=2.2  
LSL=2.0

**selejtarány**



USL=2.2  
LSL=2.0

# Tulajdonképpen keverék-eloszlás (tipikusan nem normális)

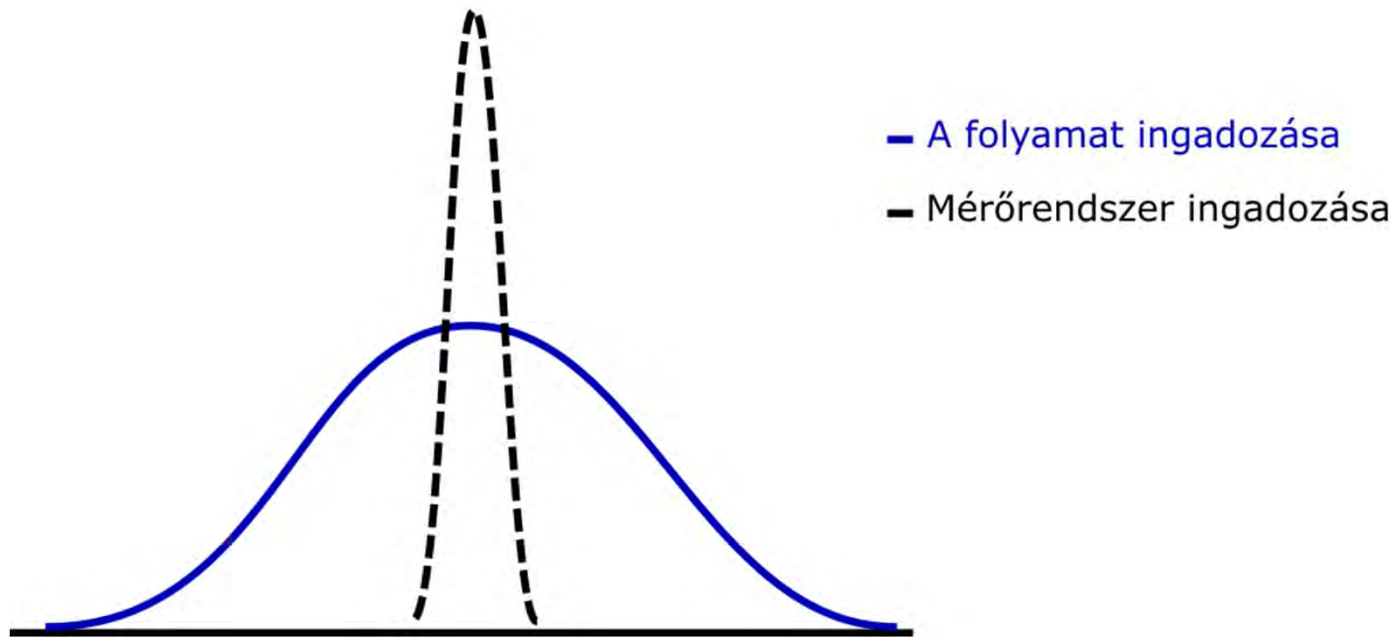
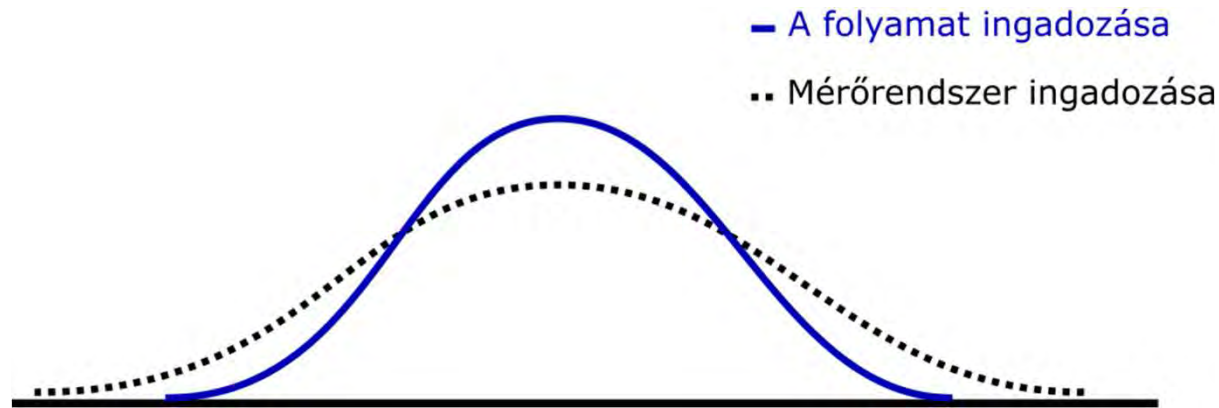


## Mérőrendszer-képesség, 3. eszköz

“In God we trust, the rest bring data.”



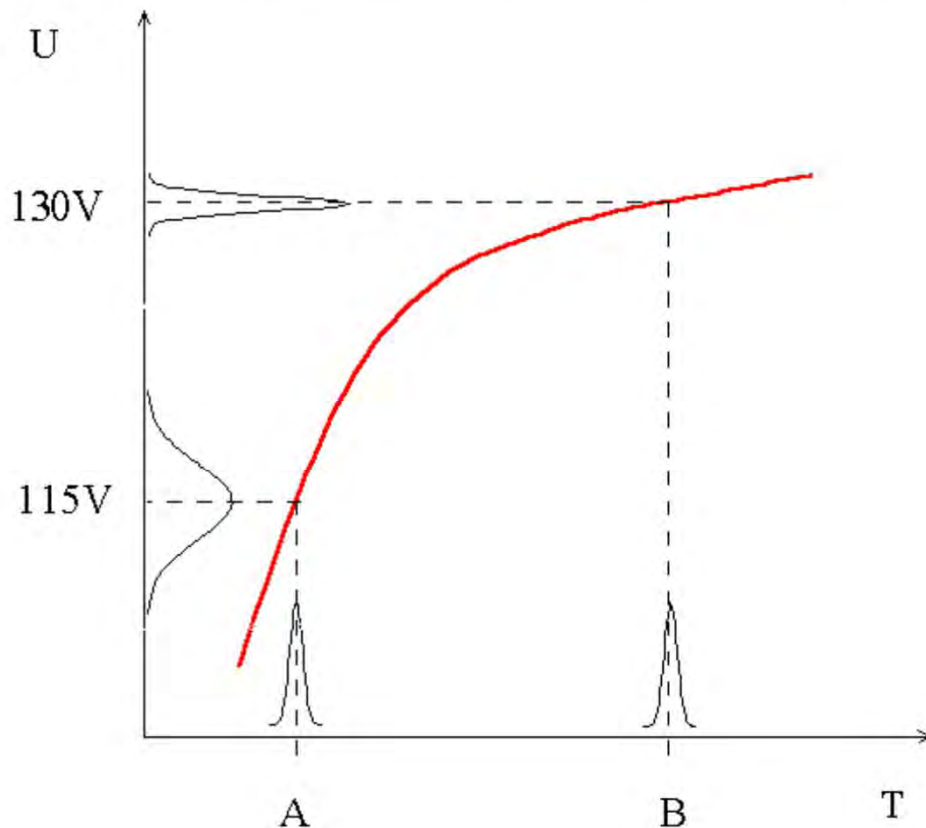
# Gage R&R (mérőrendszer-képesség)



## A szórás csökkentése (Taguchi): 4. eszköz

### 3. példa

Taguchi tranzisztor-példája: a tranzisztor teljesítmény-tényezője függvényében az áramkör kimenő feszültsége:



A kimenő feszültség előírt értéke 115V

A jobb minőség  
(kisebb szórás)  
nem drágább!

A könyv 3–7. fejezetében (kb. egy egyetemi BSc kurzus ill. Green Belt képzés anyaga) igyekszünk elhíttetni, hogy ezek a fogalmak (eloszlások, paramétereik stb.) minőségileg és mennyiségileg is rendben vannak, kezelhetők, használhatók. A könyv további részeiben ezt a hitet ássuk alá.

Sajnos a módszerek az alapfejezetekben ismerttetendő módon csak a legegyszerűbb problémák megoldására alkalmasak. Fontos megemlíteni, hogy már ezekkel az egyszerűbb módszerekkel is áttörést lehetett elérni nagyon sok területen (Tóth Csaba gyufa-példája a GENél, jée).

## Demokrácia és tudomány rontotta a helyzetet a számítógép

Deming így kezdte a tanfolyamát:

“Meglepő lesz Önöknek: azért jöttek, hogy tanuljanak. Valószínűleg azt várják, hogy kapnak egy mindenható képletet. Nem lesz képlet. Nem lesz 1. lépés, 2. lépés, 3. lépés. Sokkal többet fogunk tanulni. Elméletet. Megtanuljuk, miért tegyünk valamit, és mit tegyünk.”



A folyamat mélyebb megértése szélső esetben zsenialitás,

5. eszköz

engineer: genie, pl. genie chimique

A zsenialitás nem tanulható, de az eszközök igen, a készségek fejleszthetők

A zsenialitás nem tanulható, vagy mégis? serendipity

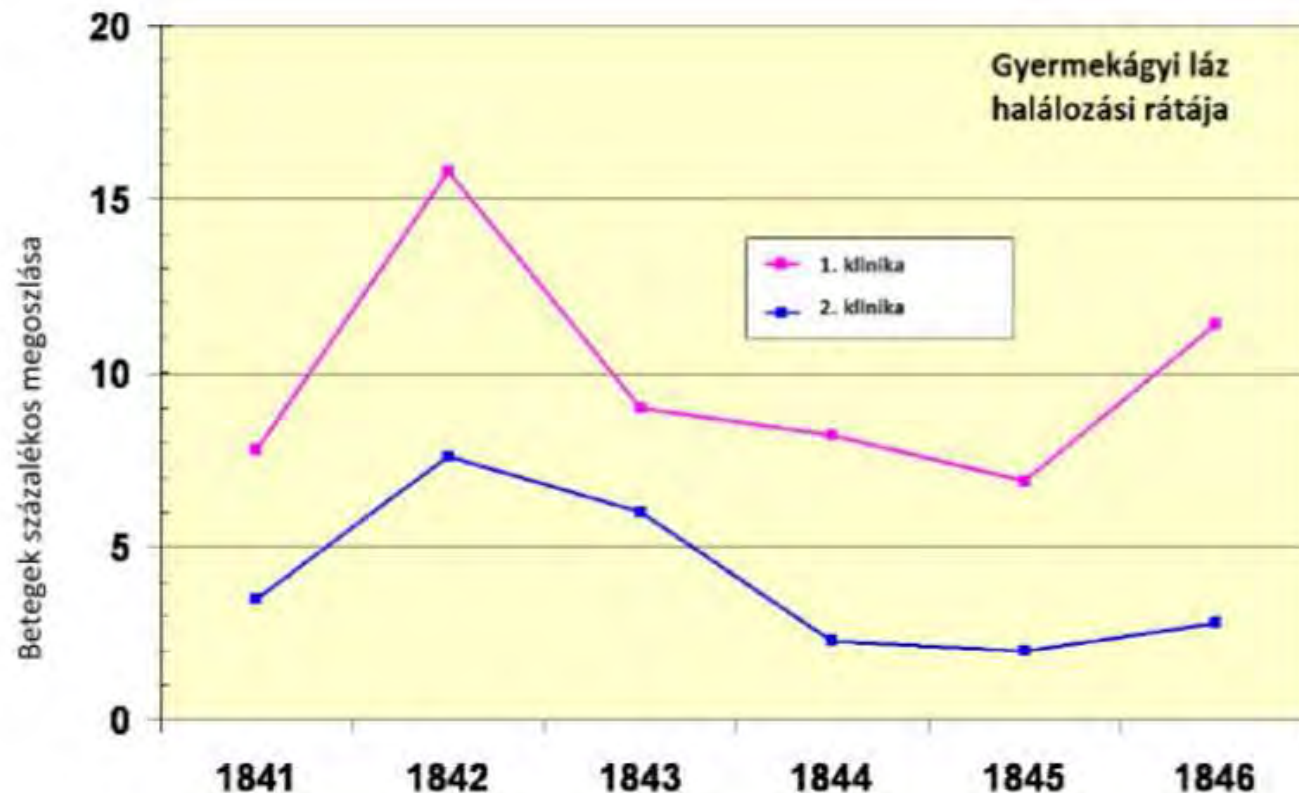
Fleming baktériumokat vizsgált, de a táptalaja elfertőződött. Észrevette, hogy ahol a penész elszaporodott, a baktériumok kihaltak. Ebből lett a penicillin.

Semmelweis Ignác (az anyák megmentője) 1847-ben megtalálta a gyermekágyi láz ellenszerét, a fertőtlenítést.

Pasteur (1864) kórokozó mikroorganizmusok

Lister (1867) a fertőtlenítő szerek hatása.

# Hogy jött rá?



Mi lett a sorsa?

Brian K. Nunnally, John S. McConnell: Six Sigma in the Pharmaceutical Industry, CRC Press, 2007

és akkor még nem is volt minőségügy!

**Yogi Berra: "You can observe a lot by watching."**



A 6 szigma statisztikai eszközei c. könyv  
bemutatása

# Tűrés-elemzés

$$C_P = \frac{USL - LSL}{6\sigma}$$

Ha túl nagy az ajtó (a tokhoz képest), akkor nem lehet becsukni. Ha viszont túl kicsi az ajtó, befúj rajta a szél.

Ez a *go/no go* vagy bináris megközelítés

Majd megbeszéljük, hogy ez miért nem eléggé jó, és mik az alternatívái.

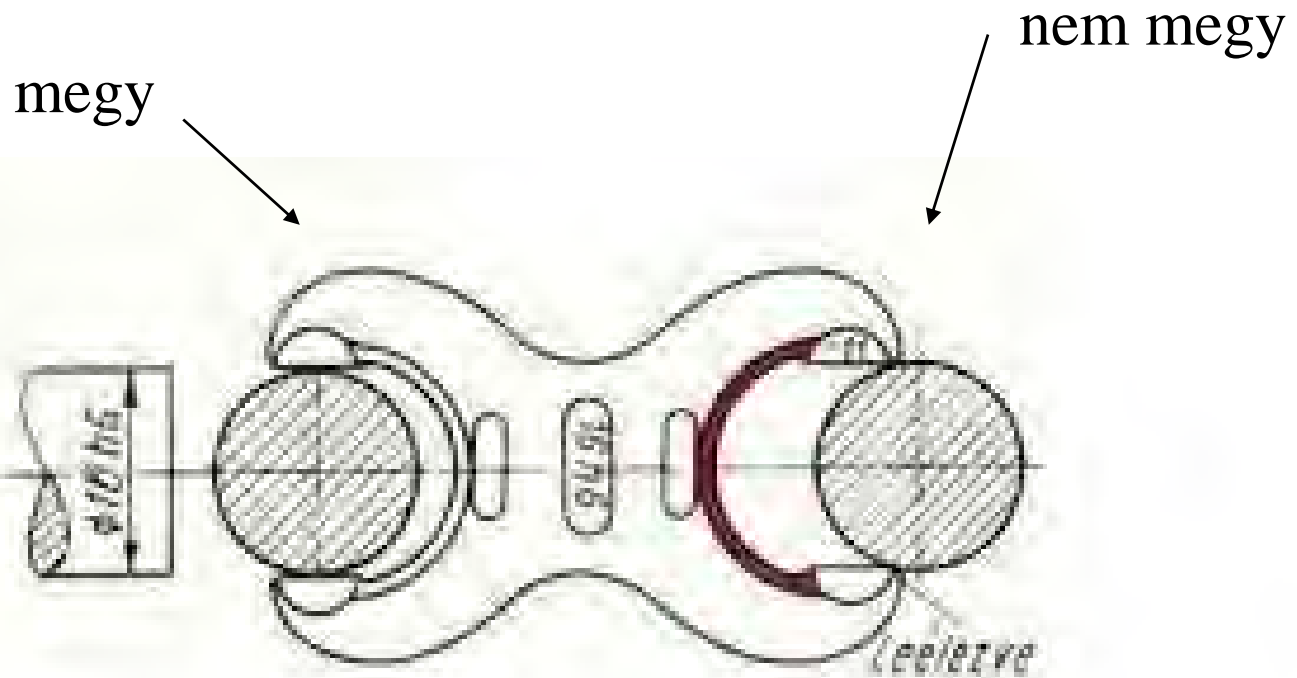
Eli Whitney amerikai mérnök és feltaláló, aki 1798-ban szerződött a kormánnyal 4000 puska gyártására. Addig a puskák (mint minden más ipari termék) egyenként készültek, gondos munkával, ha eltört bármelyik részük, az egészet újra kellett gyártani.

Ahhoz, hogy ilyen volumenben lehessen bármit előállítani, a csereszabatos alkatrészek koncepciójára volt szükség. A csereszabatos azt jelenti, hogy kellően egyforma.

Henry Ford

Hogy mi a kellően egyforma, azt definiálja a tűrésmező.

# Idomszer



Három lehetséges megközelítés:

- a *go/no go* vagy bináris megközelítés;
- a statisztikai tűrésezés;
- a Taguchi-féle veszteségfüggvény.

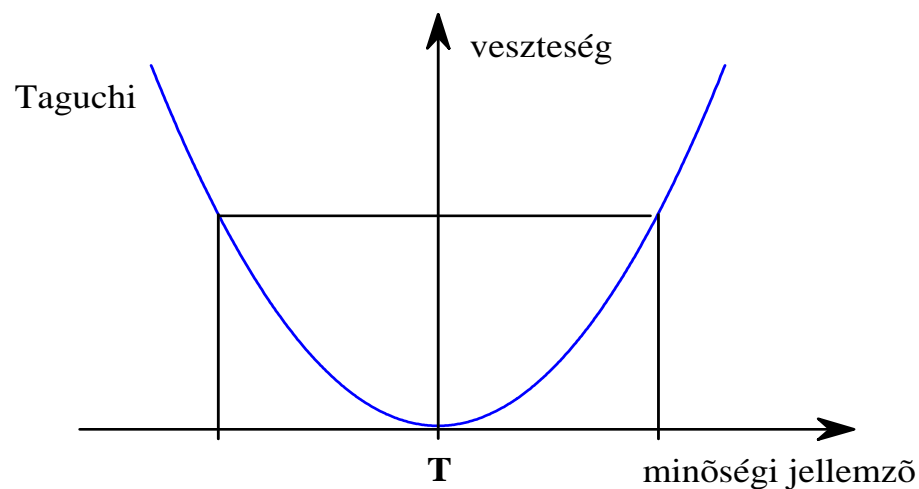
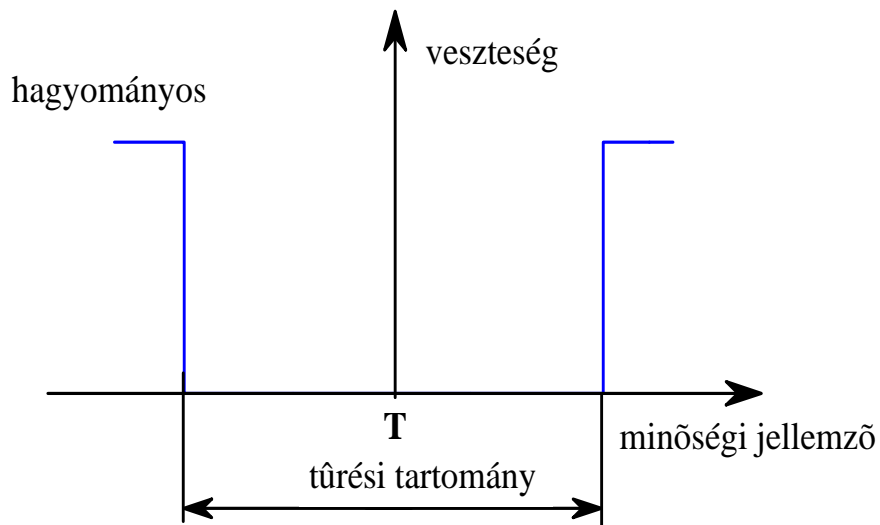
Ha túl nagy az ajtó (a tokhoz képest), akkor nem lehet becsukni. Ha viszont túl kicsi az ajtó, befúj rajta a szél (megfelelőség, bináris).

Jó lenne folytonos skálán mérni a megfelelőséget.

A tűrésmezőt úgy értelmezzük, hogy azon belül eső termékre zérus (vagy nagyon kicsiny) a valószínűsége, hogy a termék (pl. az ajtó) ne működjék.

Hogy jön ide a valószínűség? Ha nem könnyen csukódik az ajtó, kérdezhetjük, hogy több próbálkozásból hányszor leszünk sikeresek.

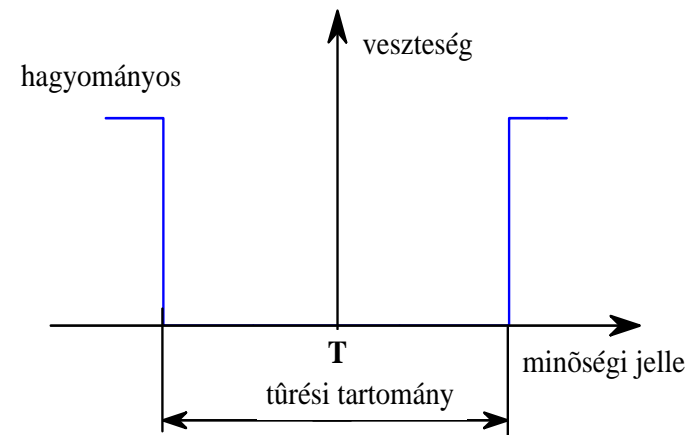
# A Taguchi-féle minőség-fogalom és a négyzetes veszteségfüggvény



$$L(y) = k (y - T)^2$$

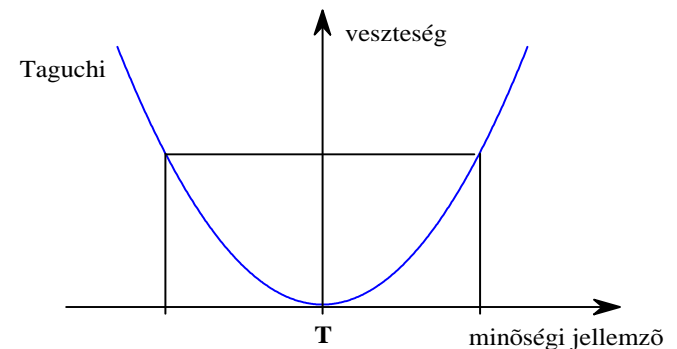


**Bináris** gondolkodásmód, ne akarjon senki egyebet, mint hogy a vevői előírásnak megfelelő legyen. Ha azt kérdezzük, hogy a vevő átveszi-e, ez a jó kérdés. **Ha azt kérdezzük, hogy hogy maradhatunk hosszabb távon is életben, ...**



A Taguchi-féle veszteségfüggvénnyel azt is érzékeltetjük, hogy nincs határ a bináris döntéshez, hanem azt nézhetjük, hogy mennyire jó a termék,

Ezzel azt kérdezzük, hogy mennyire lesz boldog a vevőnk az ajtó csukódásával, mekkora a vevő boldogtalansága miatti veszteség Taguchi-értelemben.



## 4. példa

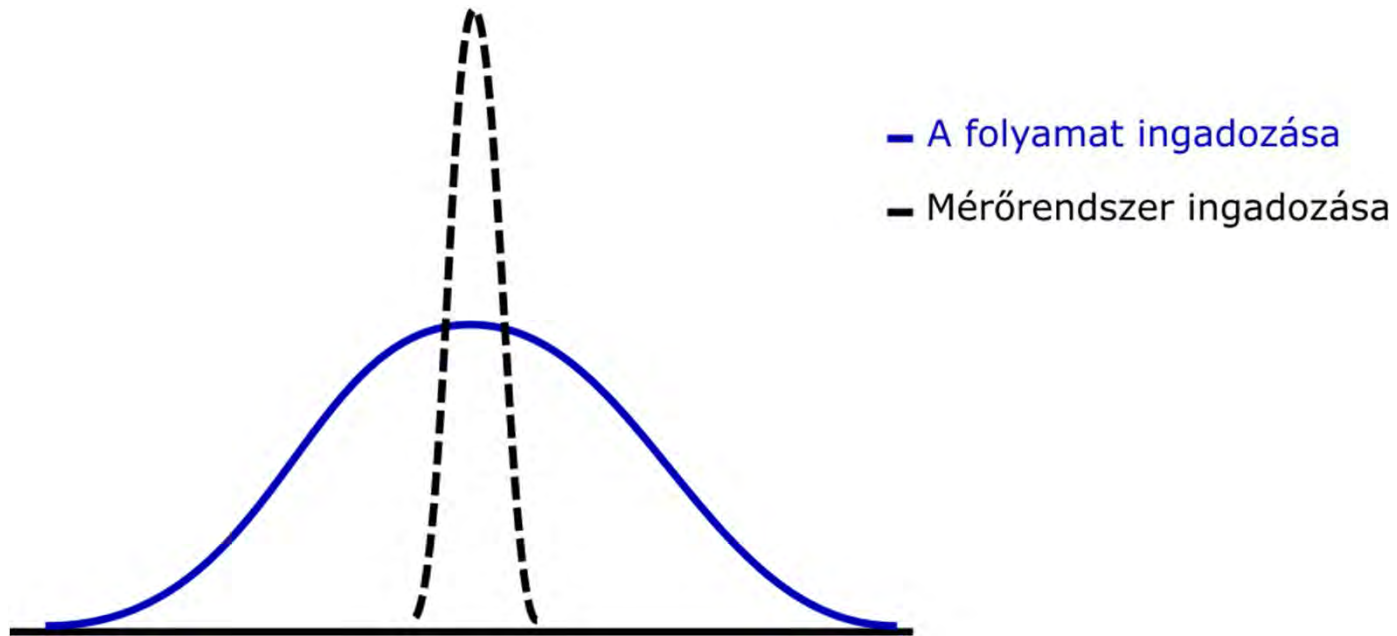
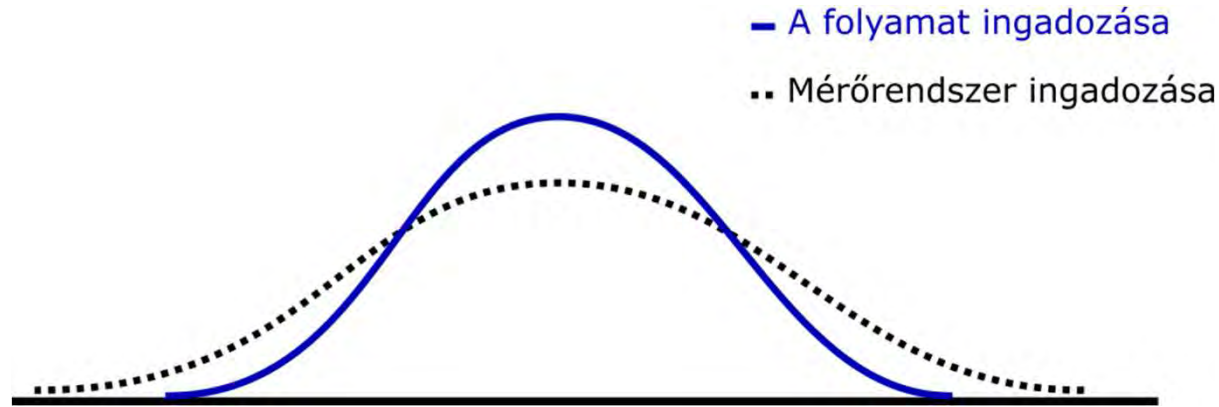
## További példák a zsenialitásra

Egy elektronikai vállalatnál azt állapították meg, hogy a **mérőrendszer-képesség** elfogadhatatlan.

A feladat egy panelen az elektromos jelek (tipikusan feszültség) mérése. Maga a tesztberendezés úgy működik, hogy elektródák nyúlnak be a panel megfelelő pontján, és megméri a feszültséget.

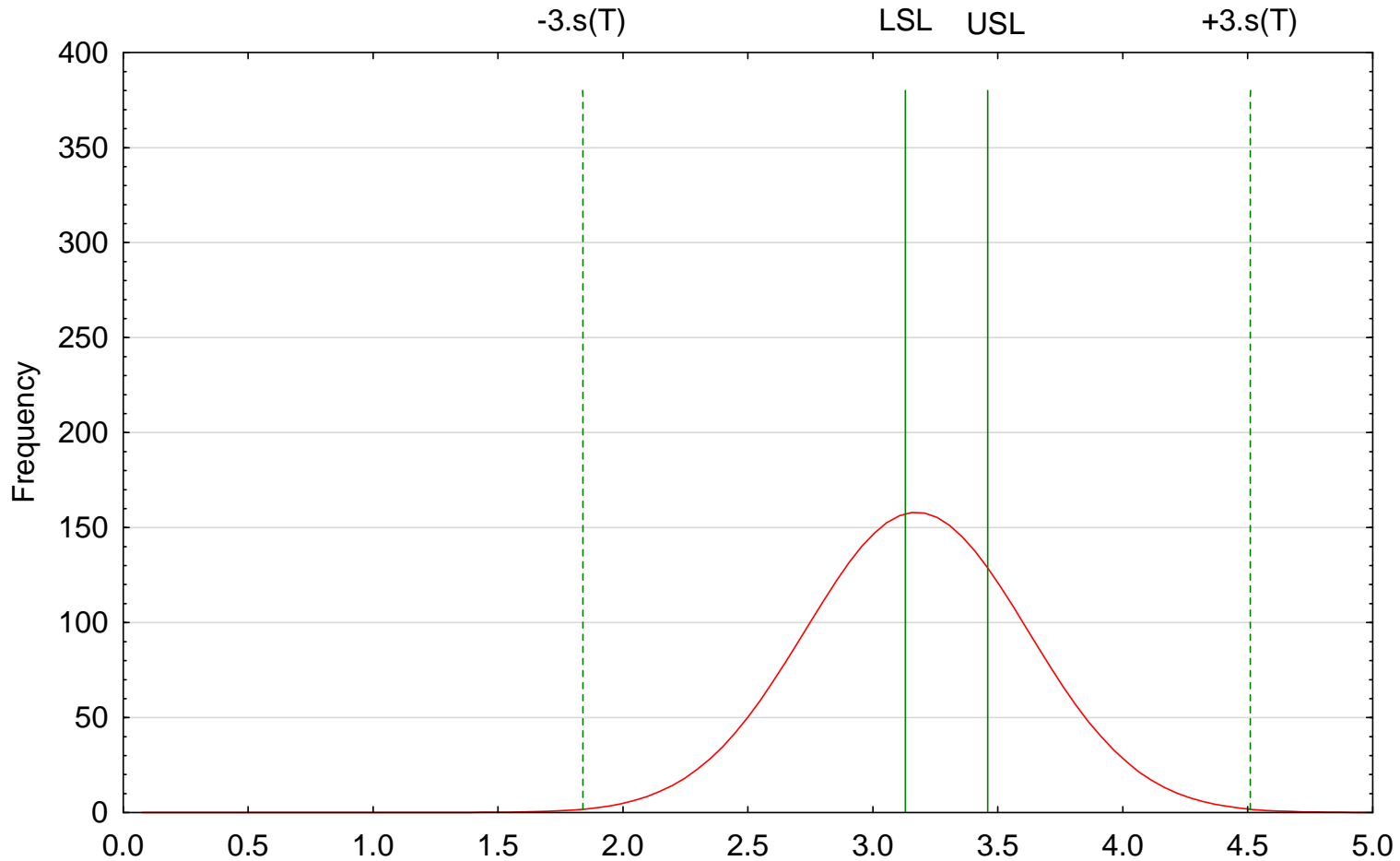
Mechanikusan használva a képleteket, az az eredmény adódik, hogy a berendezés alkalmatlan.

# Gage R&R (mérőrendszer-képesség)



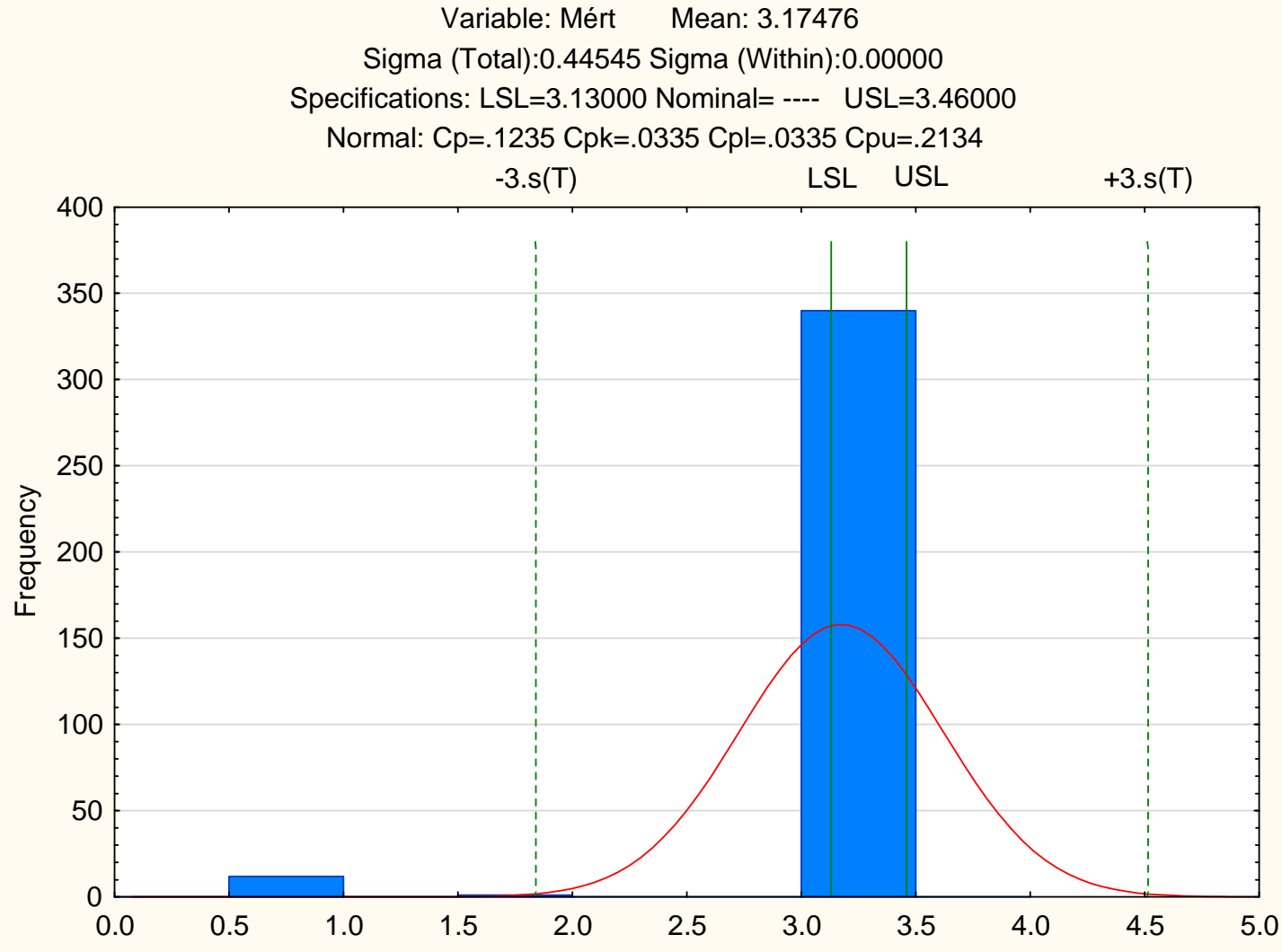
LSL=3.13 USL=3.46

Variable: Mért Mean: 3.17476  
Sigma (Total):0.44545 Sigma (Within):0.00000  
Specifications: LSL=3.13000 Nominal= ---- USL=3.46000  
Normal: Cp=.1235 Cpk=.0335 Cpl=.0335 Cpu=.2134



Nézzünk beljebb!

LSL=3.13 USL=3.46



**5. példa:** Poliuretánhab-gyártás: a hab szilárdsága  
Mit tesznek, ha nem elégedettek?

„látod, hogy rossz a termék, miért nem csinálsz valamit?”

Változtatnak

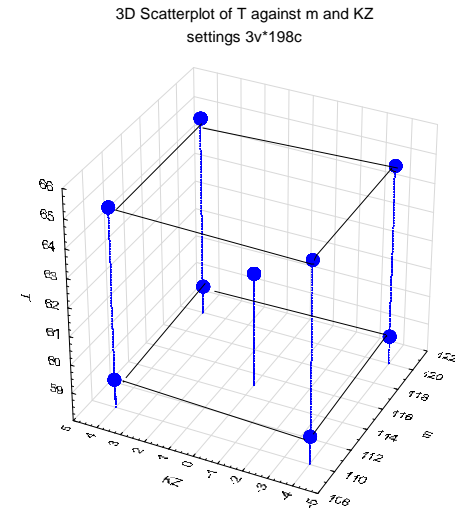
a reakció hőmérsékletén,  
a katalizátor mennyiségén,  
a beadagolt tömegén.

Melyiket, milyen irányban, mennyivel?

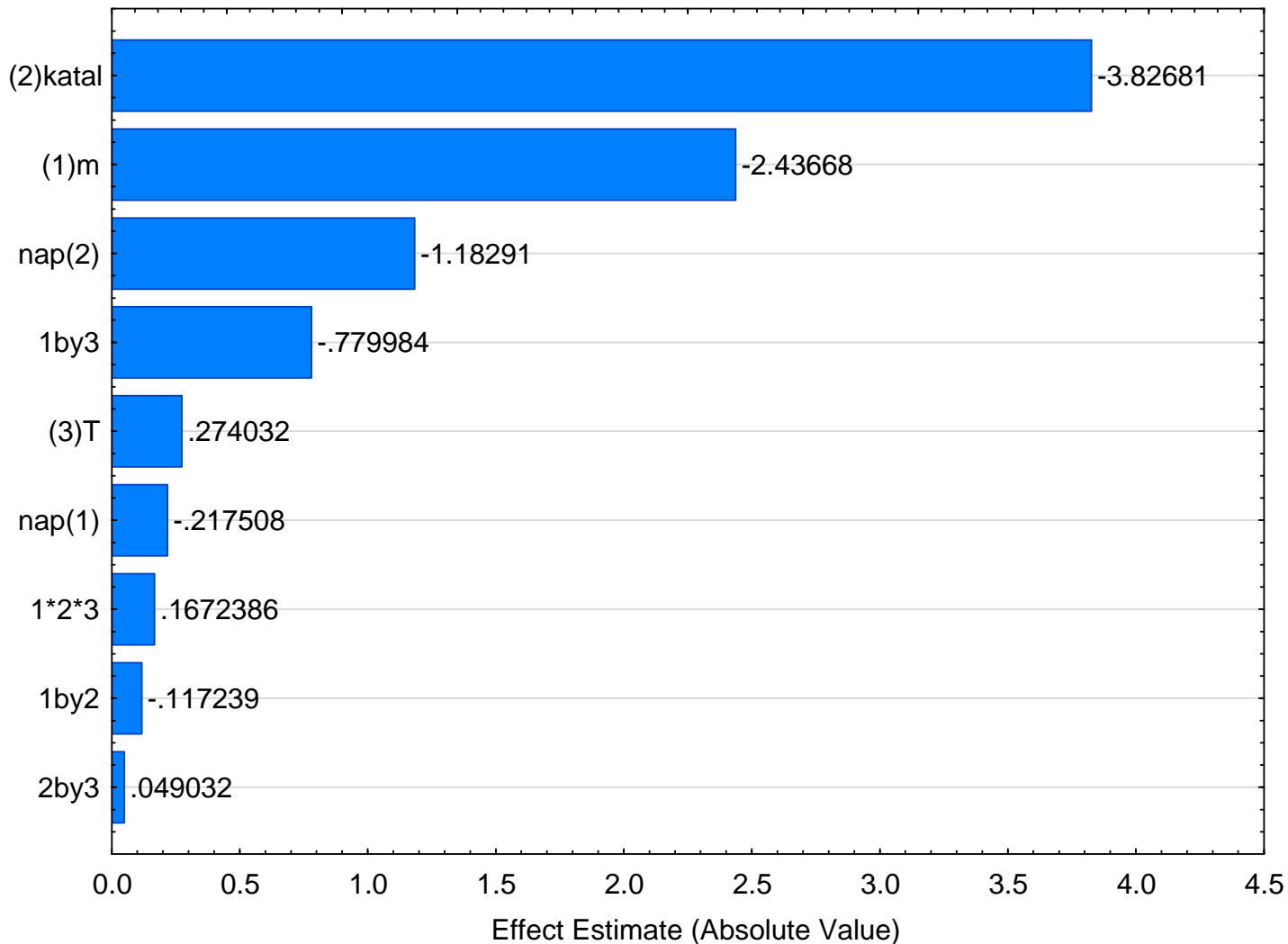
„tapasztalati alapon”

# Az elhatározott kísérleti terv ( $2^3$ , centrumponttal)

	m	a katalizátor mennyisége	T
1	alap-10%	alap-4%	59
2	alap+10%	alap-4%	59
3	alap-10%	alap+4%	59
4	alap+10%	alap+4%	59
5	alap-10%	alap-4%	65
6	alap+10%	alap-4%	65
7	alap-10%	alap+4%	65
8	alap+10%	alap+4%	65
centrum	alap	alap	62

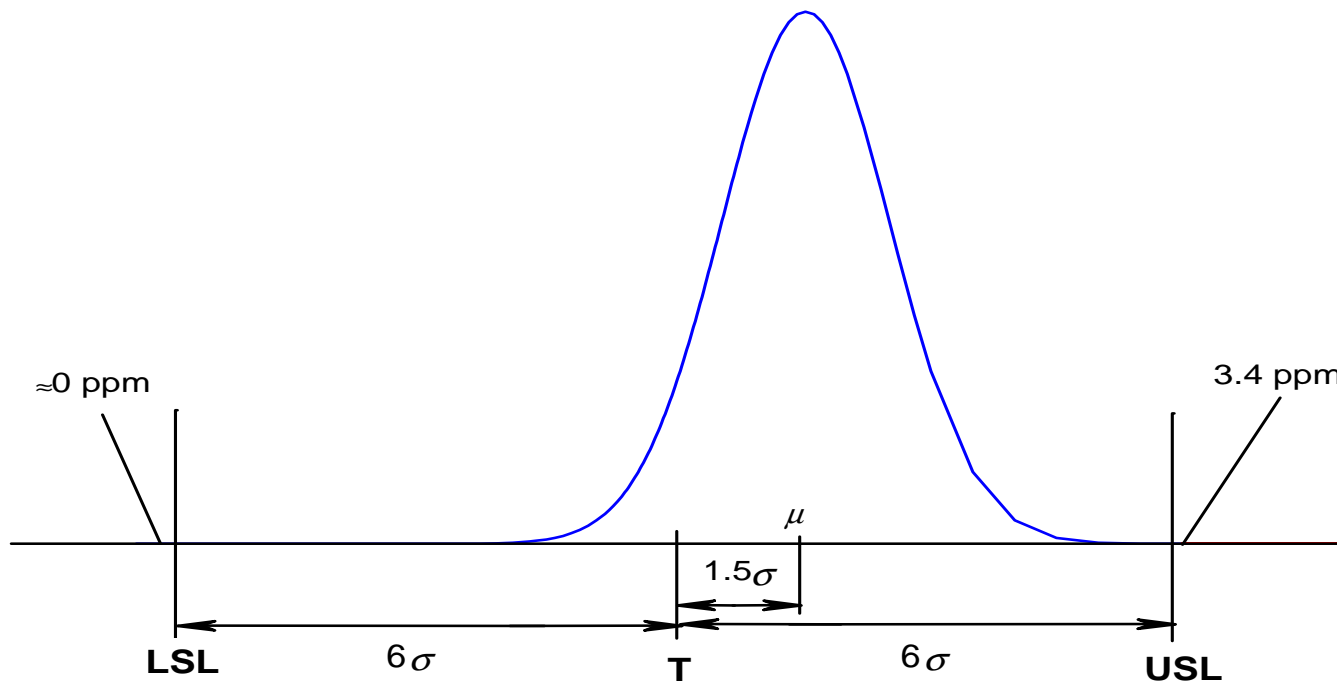


„alap” a jelenlegi technológia szerinti beállítás



Ebből tudjuk, hogy milyen/melyik változtatásnak mi a hatása.

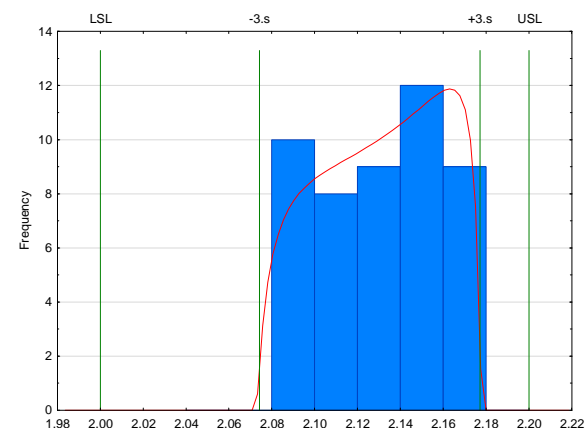
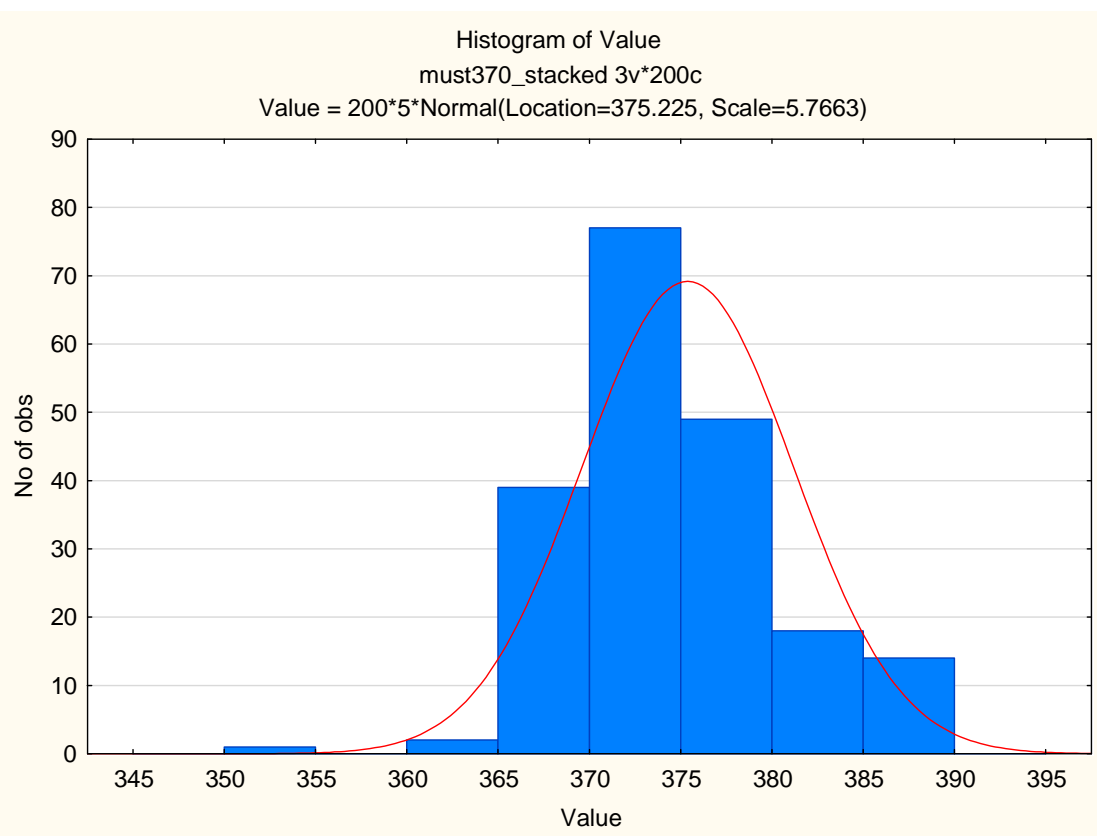




Ki tudjuk számolni a selejt előfordulási valószínűségét?  
Ha ismert az eloszlás, igen.

# Keverék-eloszlás (tipikusan nem normális)

**6. példa:** 8 fejű töltőgép adagolja a mustárt üvegekbe  
Itt is beljebb kell mennünk, hogy a jelenséget megértsük.



Ilyesmi volt az  
ampulla-töltés, csak itt  
tudjuk, hogy melyik  
darab melyik fejről jött.

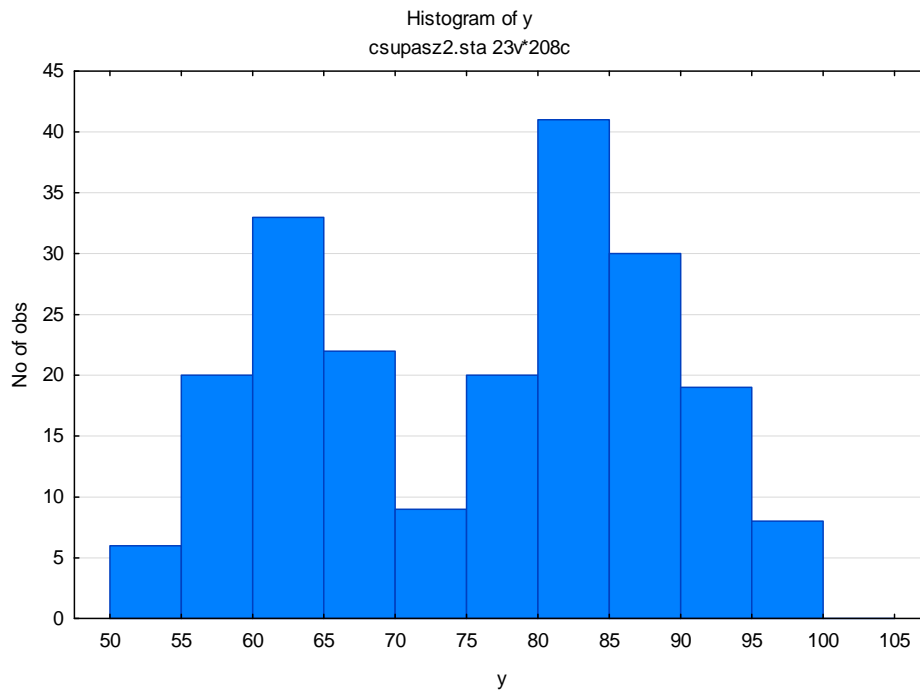
A 6 szigma statisztikai eszközei c.  
könyv bemutatása

minta	FEJ1	FEJ2	FEJ3	FEJ4	FEJ5	FEJ6	FEJ7	FEJ8
1	378	375	367	370	384	372	372	371
2	376	372	362	367	383	373	370	379
3	372	385	373	372	386	380	374	376
4	379	375	370	371	385	380	374	375
5	374	373	362	380	383	372	370	368
6	352	371	366	370	385	371	377	378
7	370	377	370	374	385	380	370	370
8	377	379	367	370	385	372	367	372
9	370	380	367	373	383	369	373	371
10	369	374	366	375	383	370	379	369
11	373	376	374	373	388	372	371	378
12	375	380	371	377	388	368	376	371
13	380	375	374	376	386	380	376	370
14	372	373	375	383	387	378	375	376
15	380	375	370	374	386	368	373	376
16	379	372	373	372	386	378	368	374
17	372	376	369	373	388	381	376	371
18	368	372	372	375	387	380	380	375
19	372	370	370	375	386	379	375	371
20	371	375	383	383	380	379	377	382
21	370	376	380	376	386	374	375	380
22	376	373	368	374	386	370	375	380
23	372	373	372	379	385	381	380	375
24	375	372	369	370	386	372	379	375
25	383	380	369	370	386	375	375	373

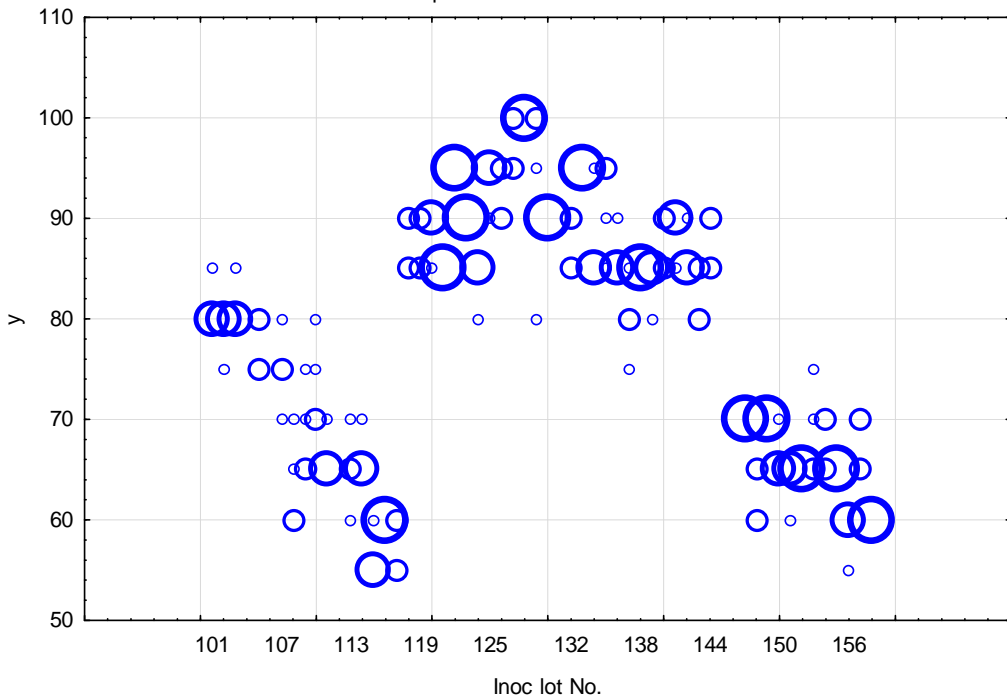
# Hogyan javítsuk meg a folyamatot (Shainin)?

## 7. példa

Egy fermentációs technológiában nem tudják mire vélni a kihozatal változékonyságát.



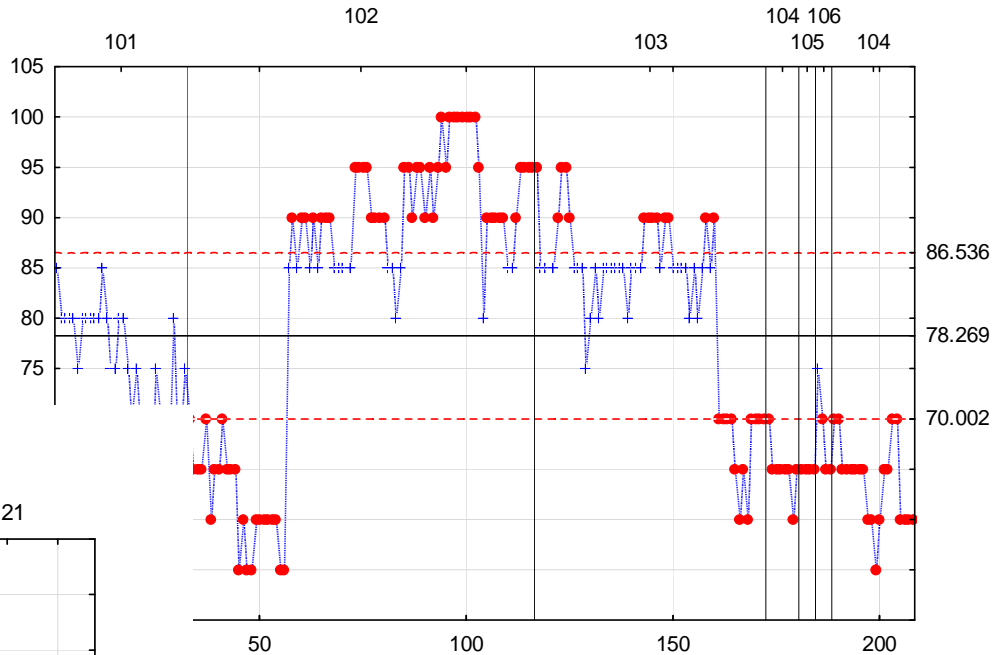
Scatterplot of y against Inoc lot No.  
csupasz2.sta 23v\*208c



MedD



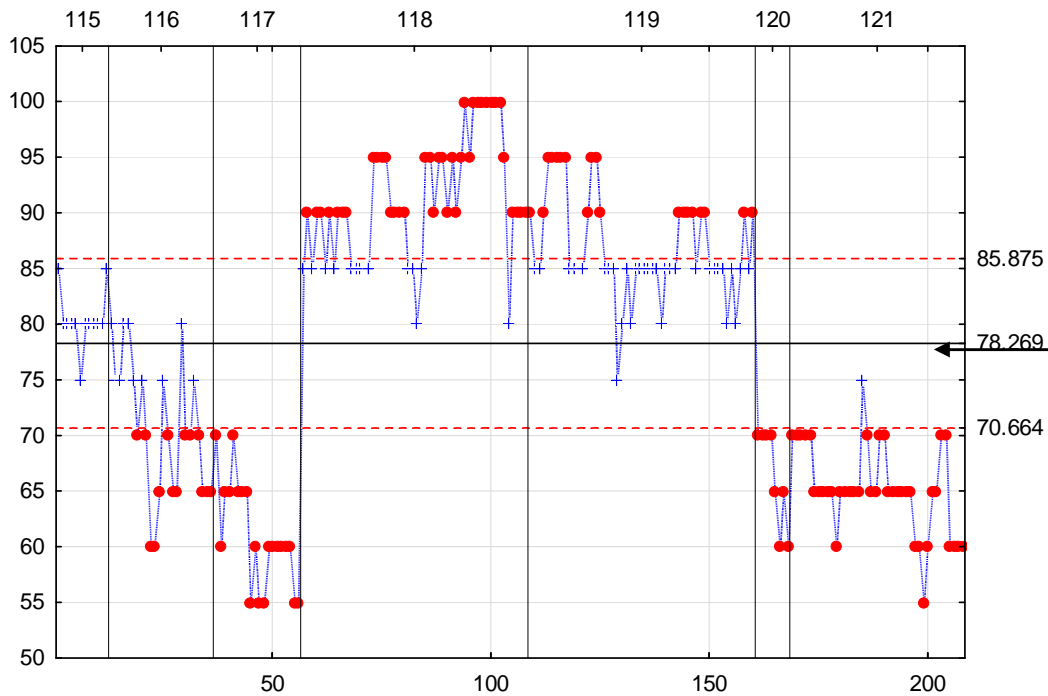
X Chart; variable: y  
X: 78.269 (78.269); Sigma: 2.7557 (2.7557); n: 1.



MedC

táptalaj-adagok

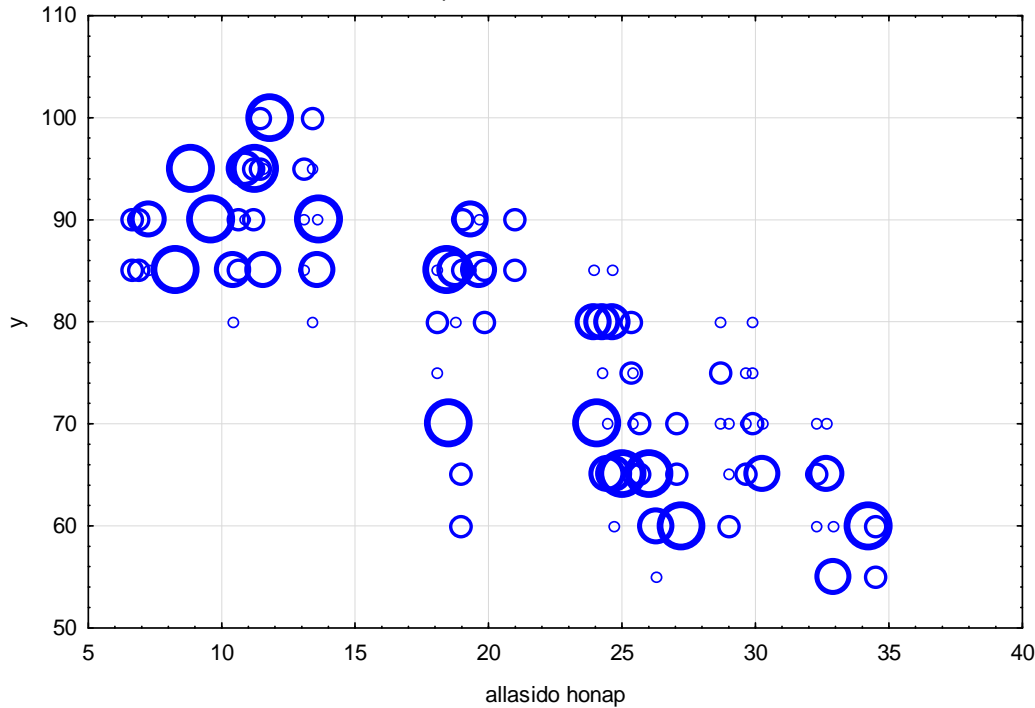
X Chart; variable: y  
X: 78.269 (78.269); Sigma: 2.5352 (2.5352); n: 1.



Most már értjük, hogy a MedC táptalaj-komponens okozza az eltérést, de azt még nem, hogy hogyan.  
Miben különbözik a 118 és 119 tétel a többitől?

állásidő

Scatterplot of y against allasido honap  
csupas2.sta 23v208c



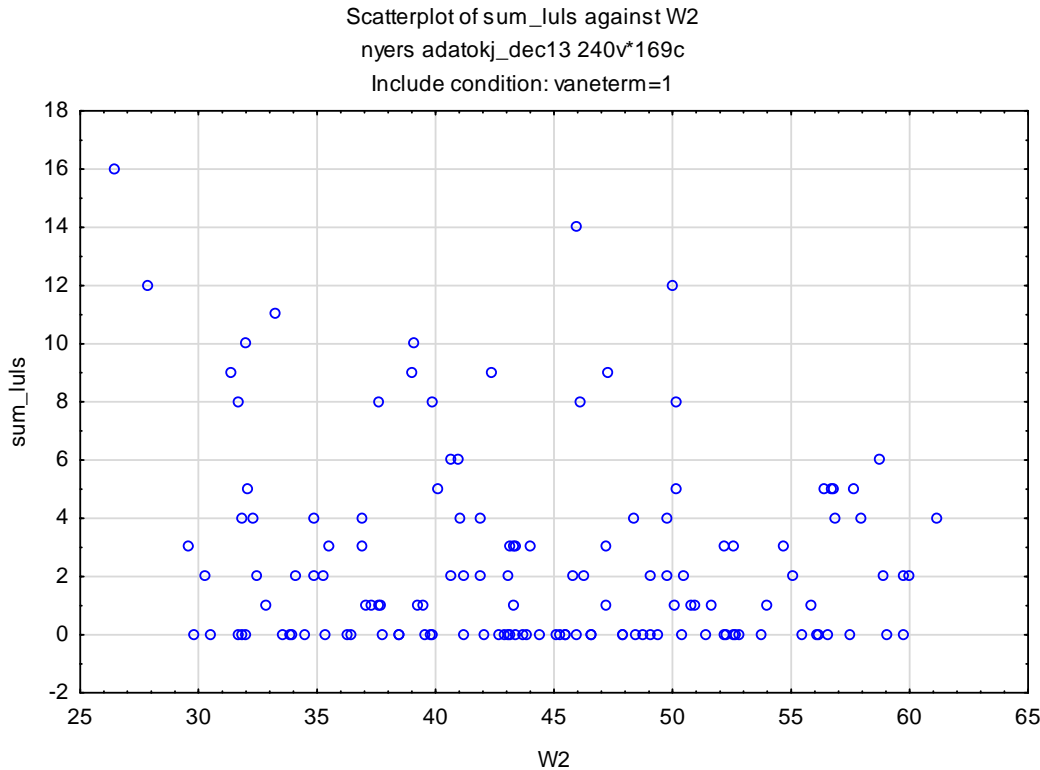
## 8. példa

### Üregek a poliuretán habban

Negatív példa: a levegő nedvességtartalma a vélt oka az üregeknek.

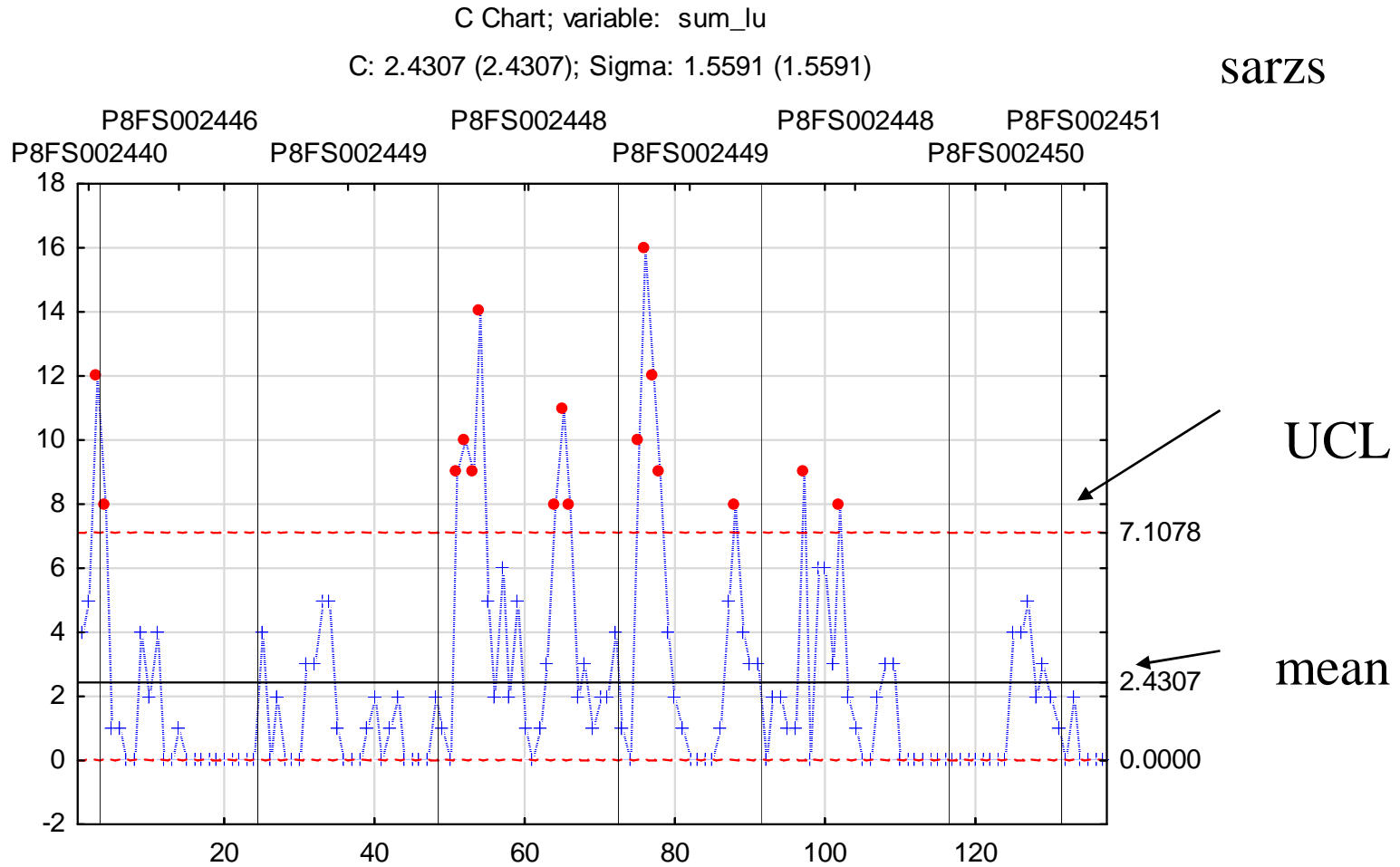
Nem az a baj, ha  
valaki valamit nem  
tud, csak az, ha tudja,  
de nem úgy van!

Mark Twain

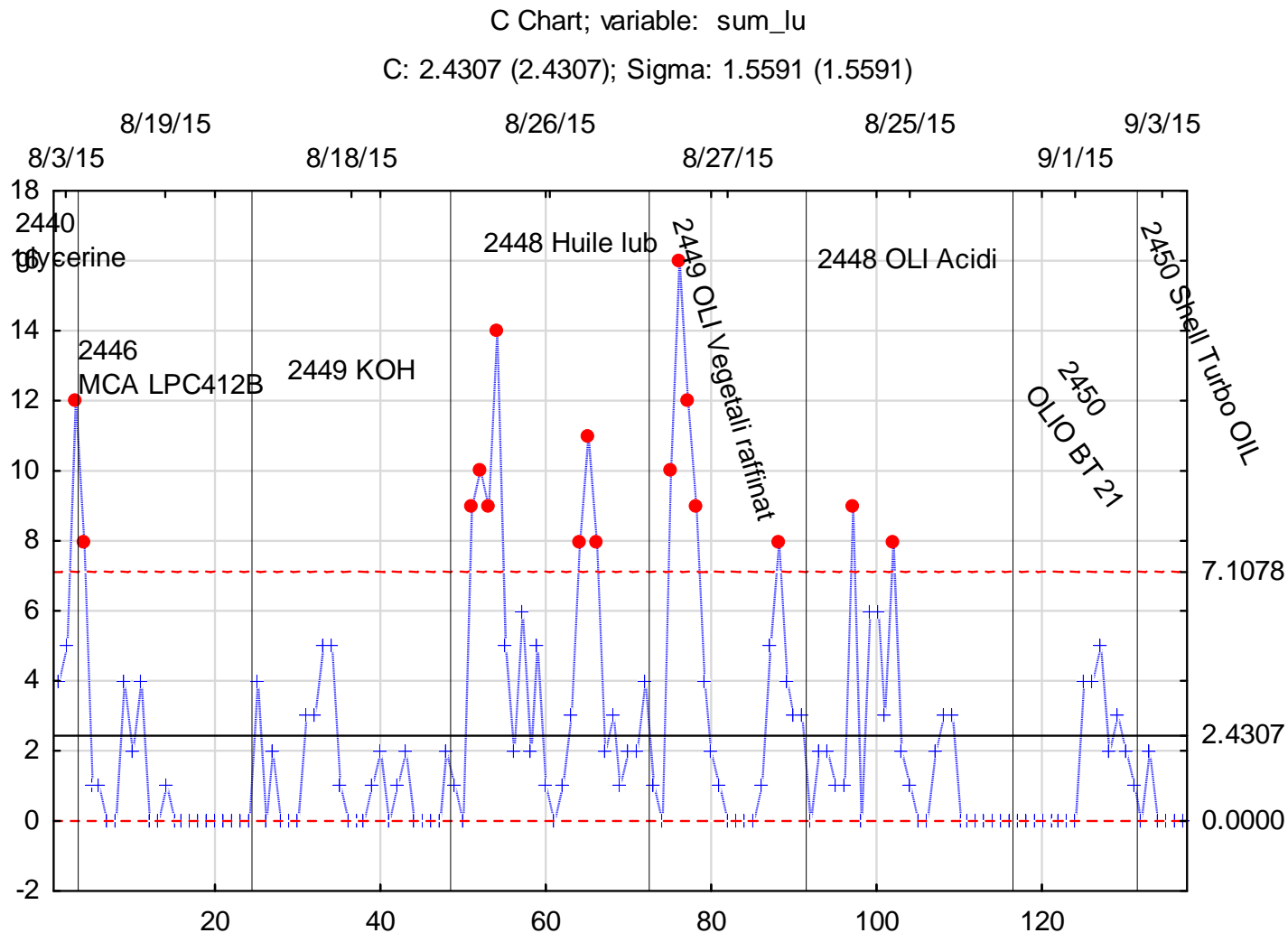




# Poliol sarzsok



# a tankerben szállított előző anyag



Első látásra a poliol sarzs és a tankerben szállított előző anyag hatását nem lehet elkülöníteni

## Szerencsére nem volt FIFO

material contained in the Polyol tanker before	Polyol batch	lunker
glycerine	P8FS002440	yes
MCA LPC412B	P8FS002446	no
Hydroxyde de potassium	P8FS002449	no
Huile lub	P8FS002448	yes
OLI Vegetali raffinati	P8FS002449	yes
OLI Acidi	P8FS002448	yes
OLIO BT 21	P8FS002450	yes
Shell Turbo OIL	P8FS002451	no

a tankerben szállított előző anyag a felelős

„A problémák igazából lehetőségek, még ha munkaruhába vannak is öltöztetve.”

Henry J. Kaiser, 1882-1967, idézi S. H. Steiner, R. J. Mackay, Statistical Engineering, ASQ, Quality Press, 2005

A mérnök probléma-megoldó, feladata a folyamat megértése és javítása.

### Kinek szól a könyv?

Aki változtatni akar. Kétféle ilyennel találkoztunk:

- előrelátó, széles látókörű menedzser
- aki bajban van

Meghökkenő, hogy az ennyire sikeres gondolkodásmódot miért nem alkalmazza mindenki a szokásos ellenérvek:

Does, R.J., Roes, C.B., Trip, A.: Statistical Process Control in Industry (Springer, 1999)

- A mi cégünk ehhez túl kicsi
- A gyártási adatok nem elegendő számosságúak
- A munkatársaink nem eléggé képzettek a statisztikai módszerek használatához
- A vevőinket csak a költség érdekli
- Megpróbáltuk, de nem sikerült
- **Enélkül is van elég dolgunk.**

A probléma lényege tehát emberi, mi csak akkor tudunk segíteni a könyvvel, ha valaki meg akarja oldani 😊 ☹️