

# A hatékonyság növelése folyamatképességi elemzéssel

Dr. Kemény Sándor

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem,  
Kémiai és Környezeti Folyamatmérnöki Tanszék  
H-1521 Budapest  
e-mail: [kemeny@mail.bme.hu](mailto:kemeny@mail.bme.hu)

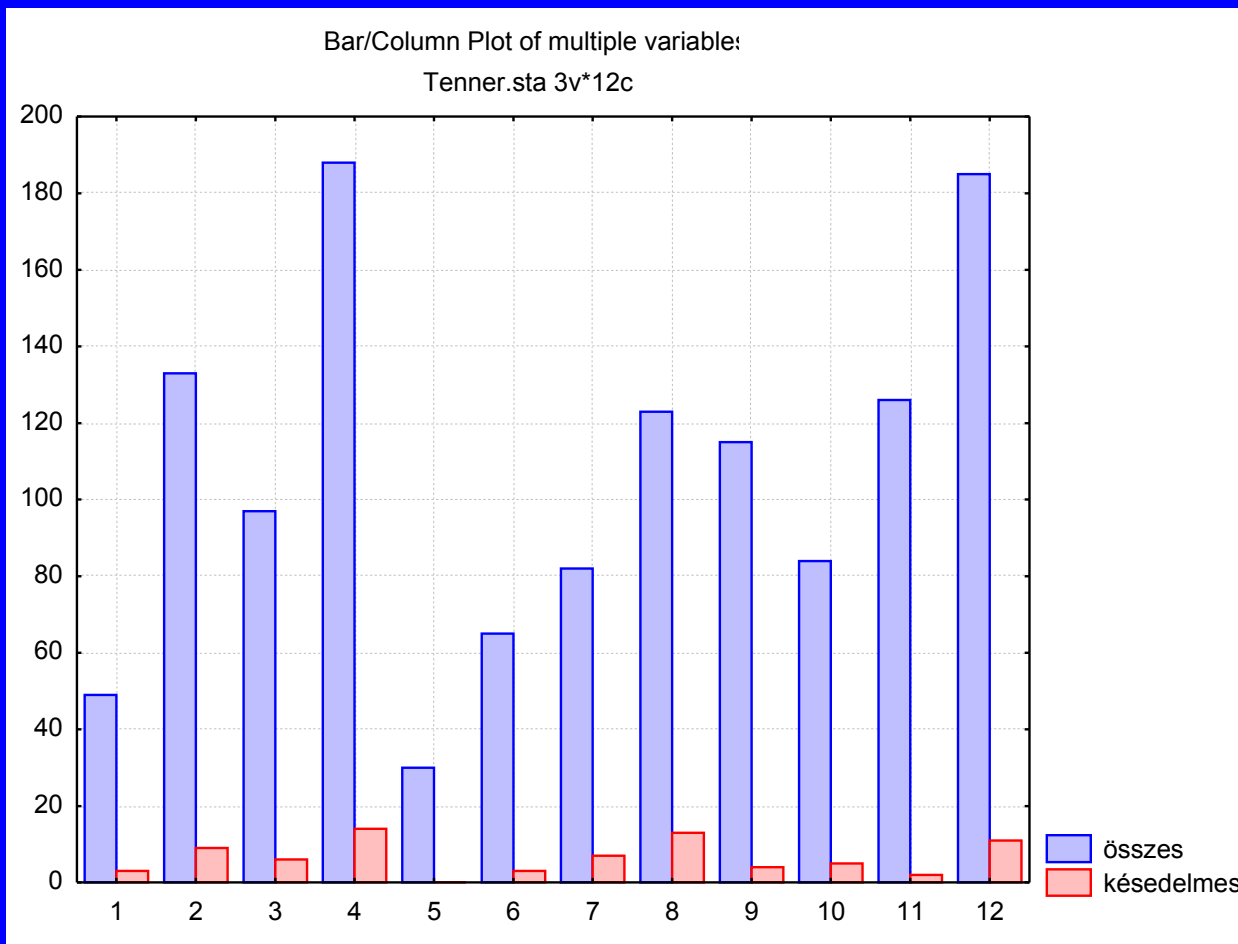
“In God we trust, all others should bring data.”



# 1. példa: Az egészségbiztosítási kifizetések gyorsítása

A.R. Tenner, I.J. DeToro: Teljeskörű minőségmenedzsment,  
Műszaki Könyvkiadó, 1997, p. 139

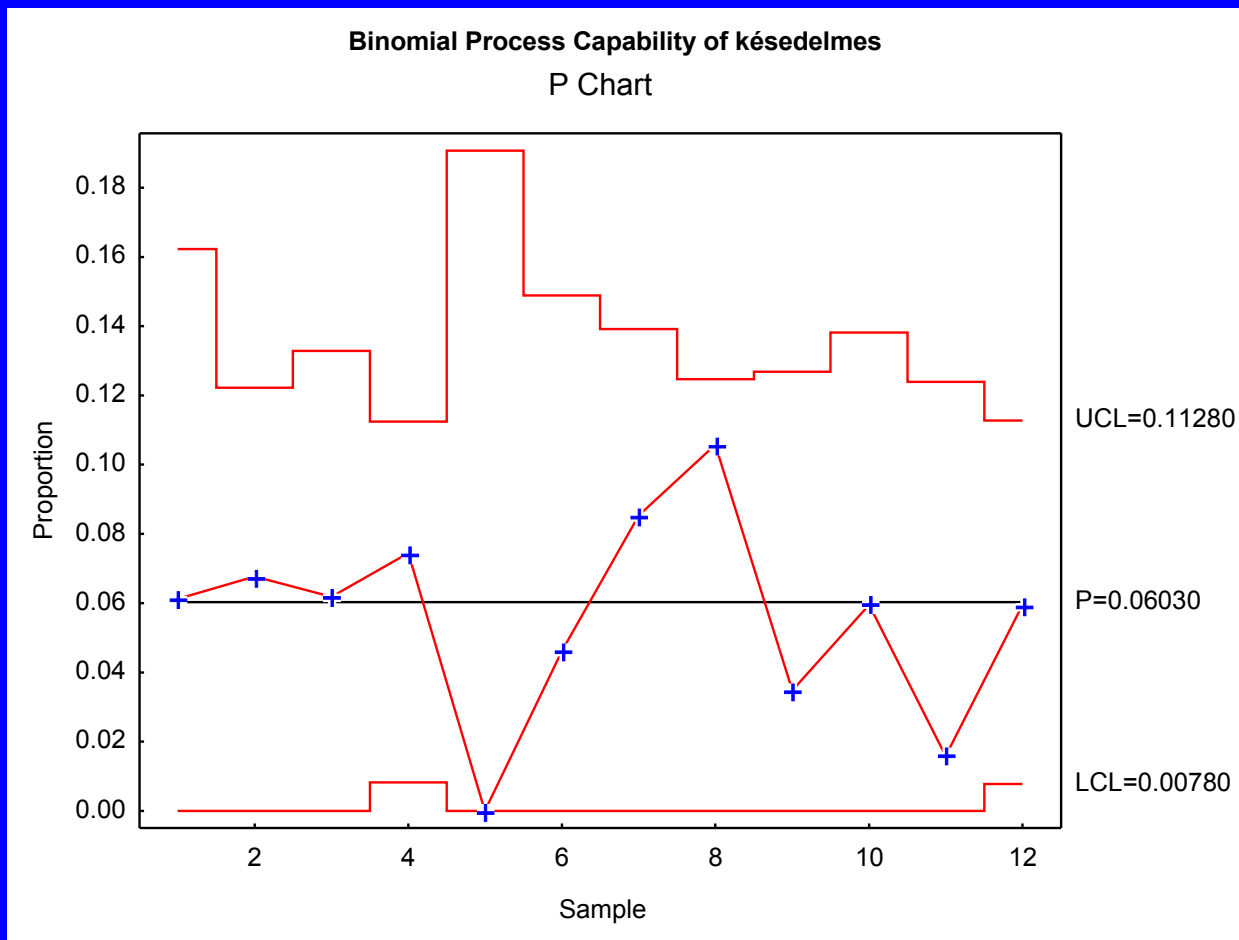
A szerződés szerint minden jogos követelést az igény beérkezésétől számított két héten belül ki kell fizetni.



A valóságos helyzet

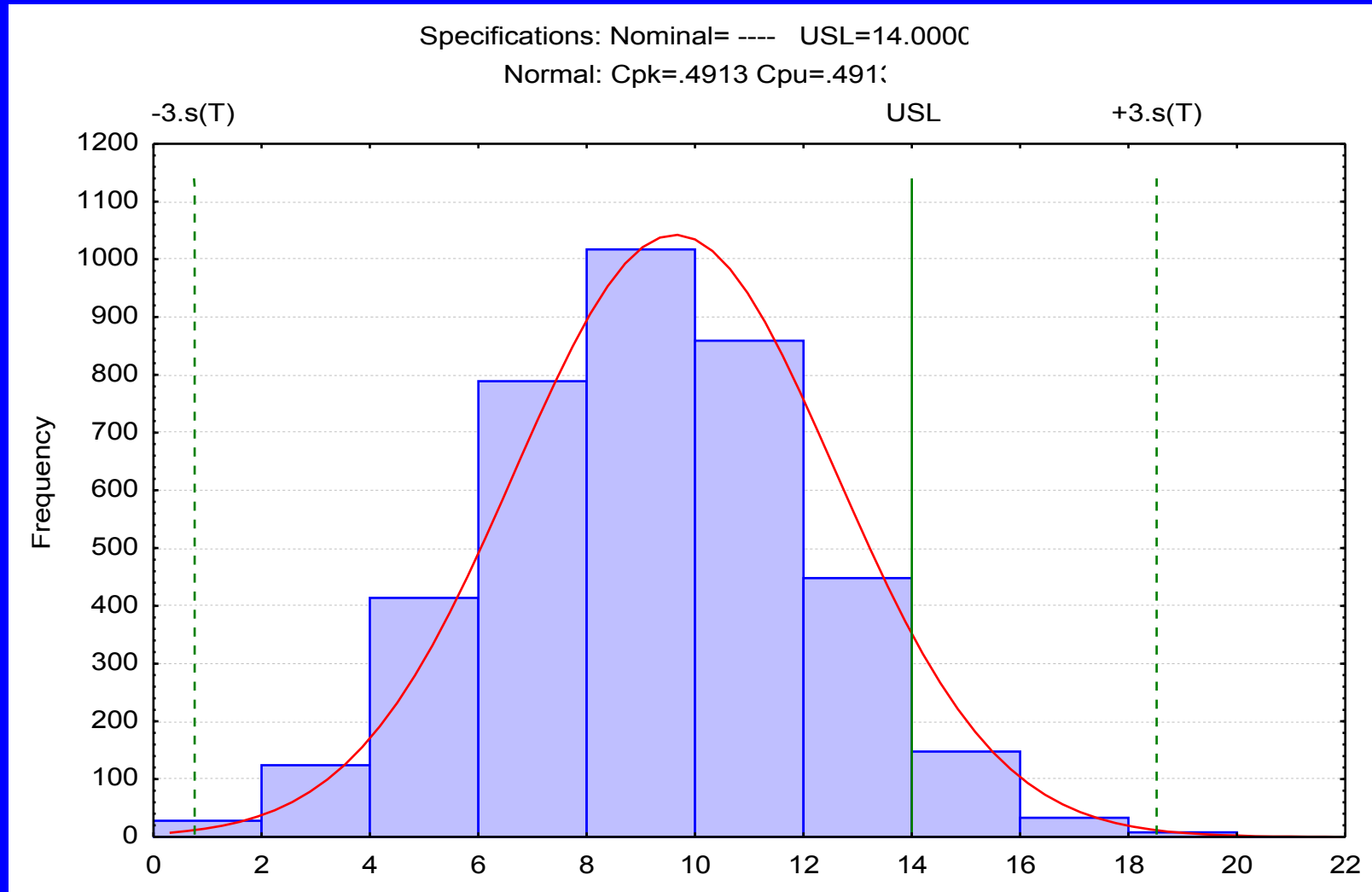
$$\frac{77}{1277} = 0.06$$

# Intézkedés: Kivizsgálják az összes késedelmes kifizetést + 1 fő



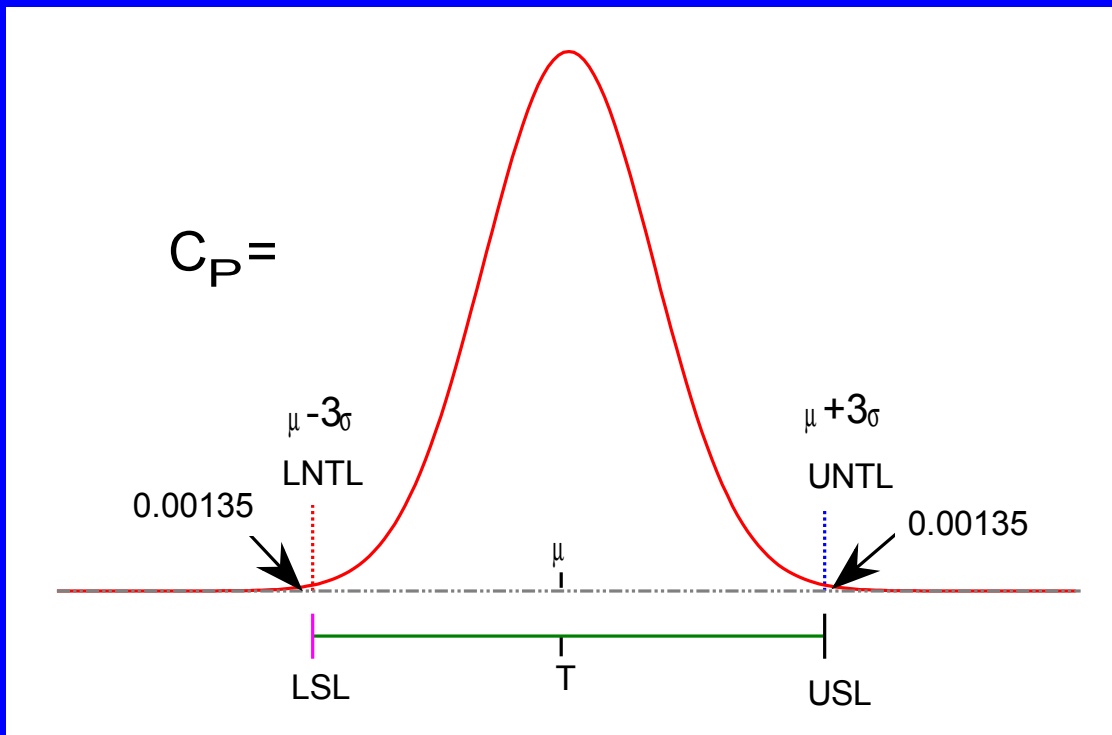
nincs rendkívüli  
gyakoriság!

# kontárkodás!



# Minőség-képességi index (Process capability)

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

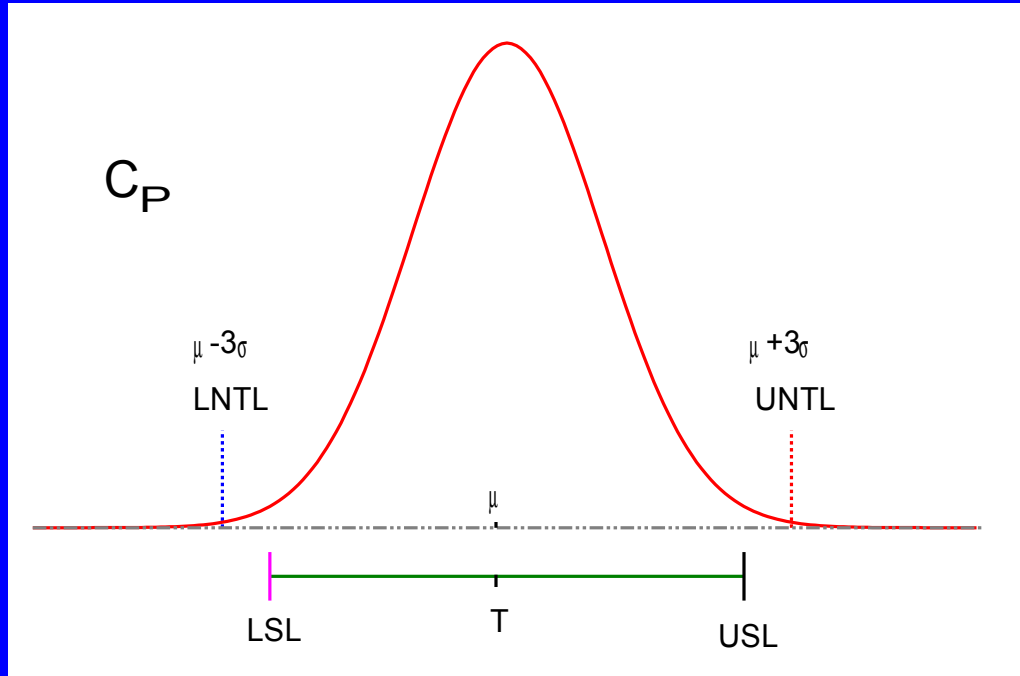


*USL*: felső tűréshatár  
*LSL*: alsó tűréshatár

$$C_P = 1$$

$$p = 0.0027$$

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



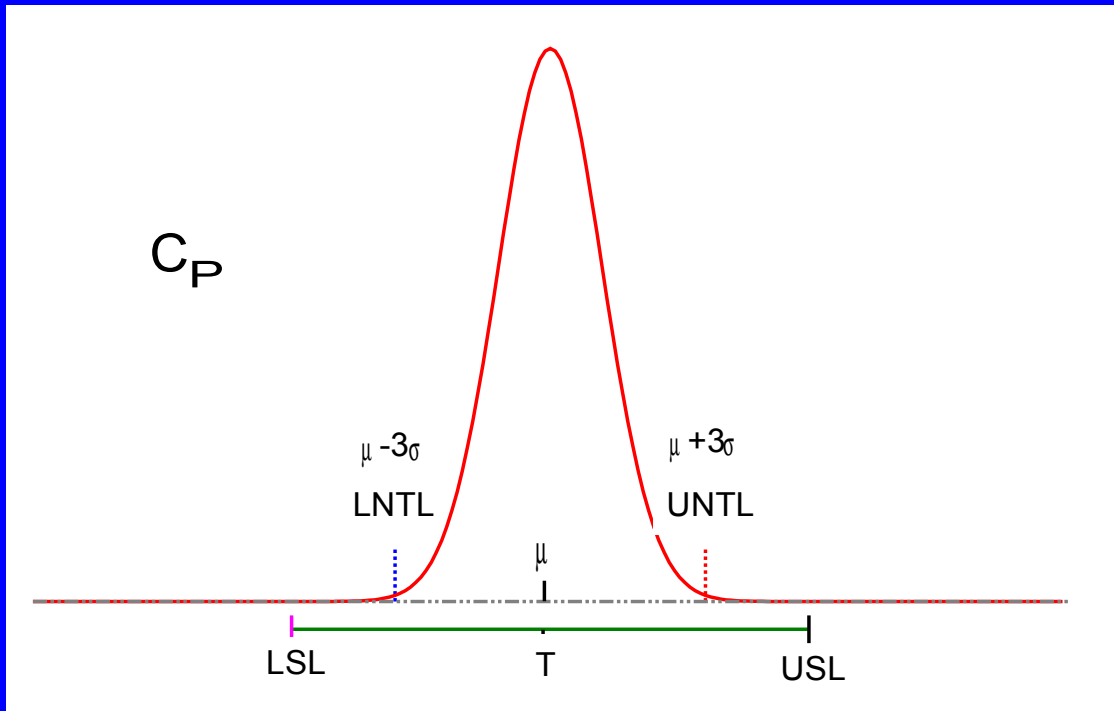
$$C_P < 1$$

$$p > 0.0027$$

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

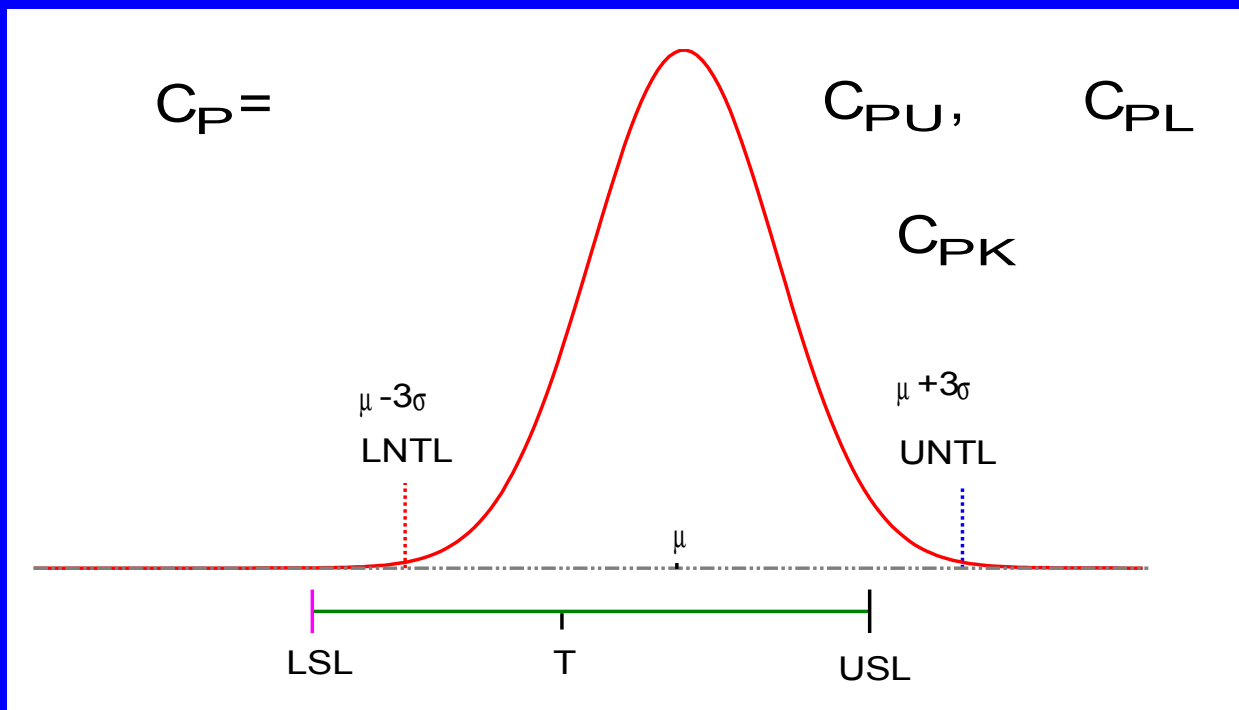
$$C_P > 1$$

$$p < 0.0027$$



# Korrigált minőség-képességi indexek

$$C_{PU} = \frac{USL - \mu}{3\sigma}; \quad C_{PL} = \frac{\mu - LSL}{3\sigma}; \quad C_{PK} = \min(C_{PU}, C_{PL})$$



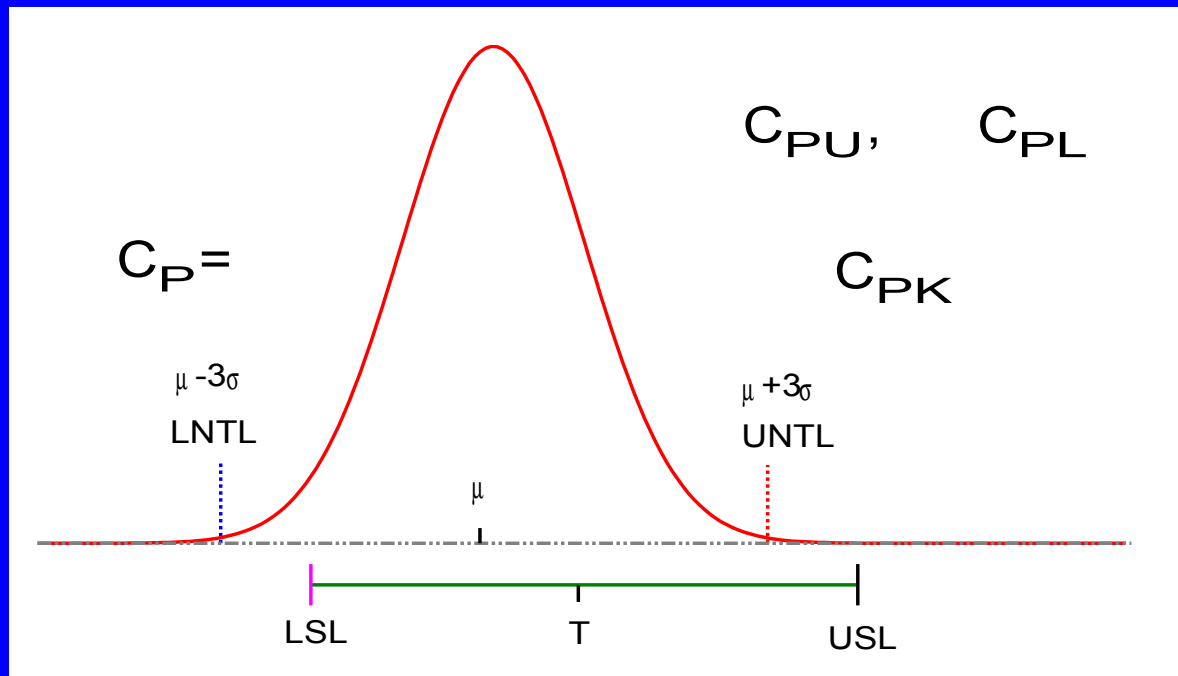
$$C_P = \frac{USL - LSL}{6\sigma}$$

példánkban

$$C_{PK} = C_{PU} = 0.49$$

# Korrigált minőség-képességi indexek:

$$C_{PU} = \frac{USL - \mu}{3\sigma}; \quad C_{PL} = \frac{\mu - LSL}{3\sigma}; \quad C_{PK} = \min(C_{PU}, C_{PL})$$



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

# Módosított minőség-képességi index

minőség-képességi index

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

módosított minőség-képességi index

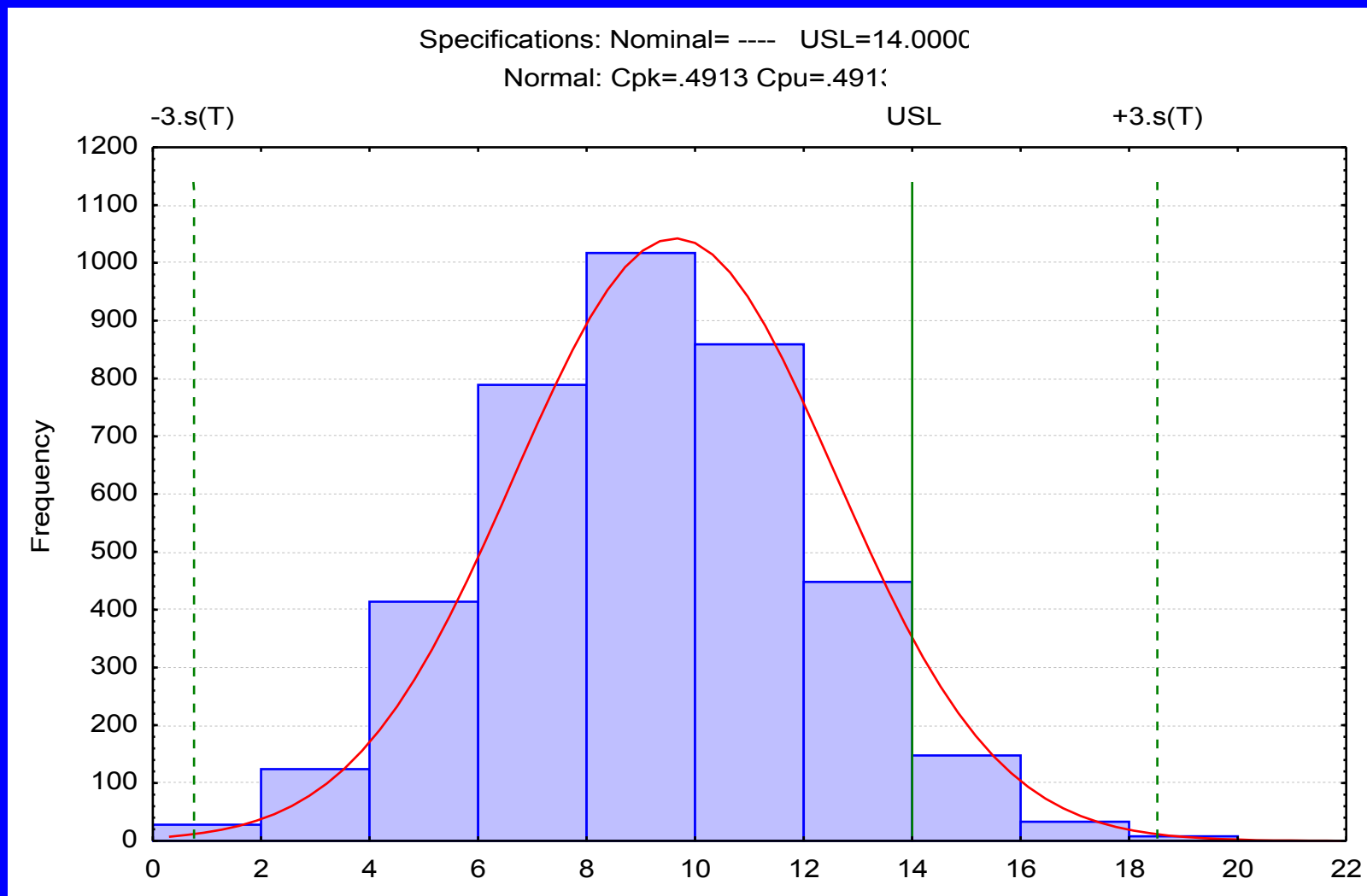
$$C_{Pm} = \frac{USL - LSL}{6\tau} = \frac{USL - LSL}{6\sqrt{\sigma^2 + (\mu - T)^2}}$$

$$MSE = E[(x - T)^2] = \tau^2$$

$$\tau^2 = \sigma^2 + (\mu - T)^2$$

rokon a Taguchi-féle négyzetes veszteségfüggvénnyel

Tanulság: a folyamat képessége (túl nagy ingadozása) a probléma  
kontárkodás!



## Az ábrázolás haszna,

avagy mire szolgálnak az ellenőrző kártyák

T. Pyzdek: The Six Sigma Handbook, McGraw-Hill - Quality Publishing, 1999

100 palack töltött tömege, átlag 11.95 uncia, szórás 0.1 uncia

USL=12.1, LSL=11.9

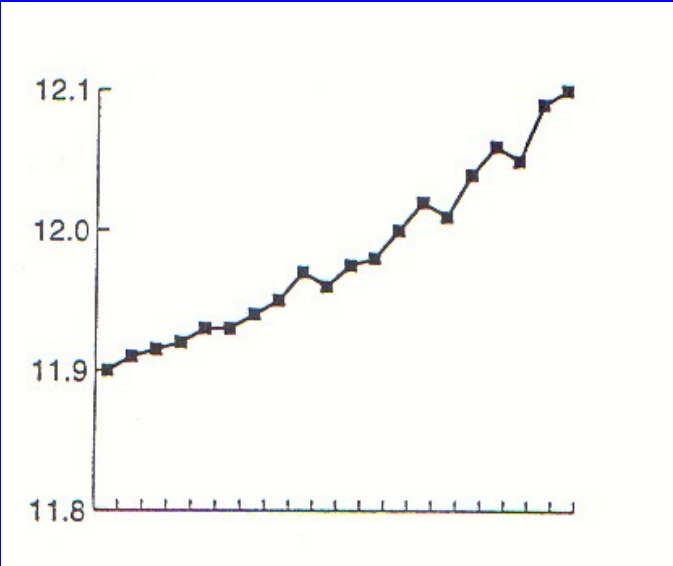
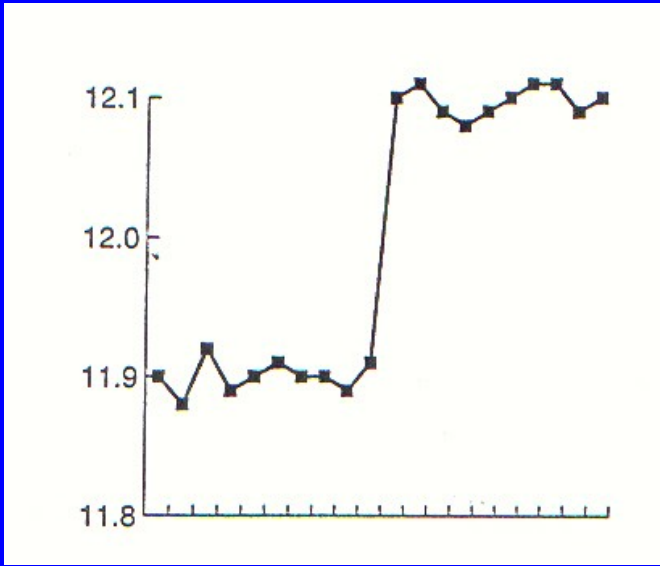
Mit tegyünk vele?

$$C_P = \frac{USL - LSL}{6\sigma} = \frac{12.1 - 11.9}{6 \cdot 0.1} = 0.333$$

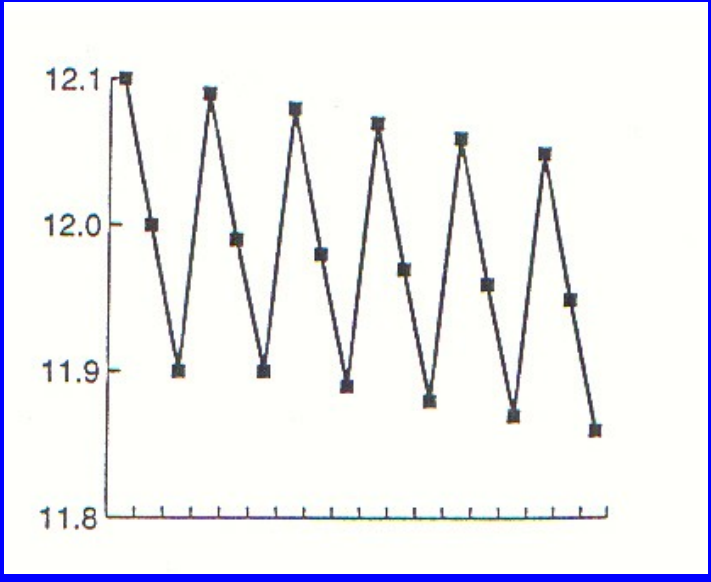
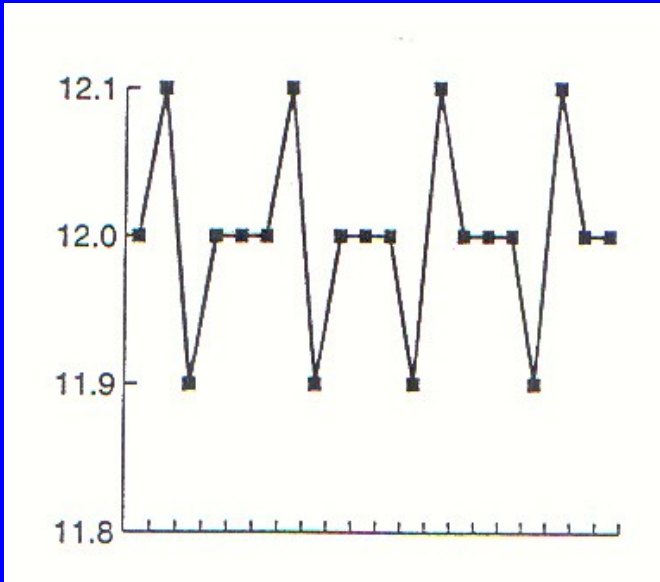
$$C_{PU} = \frac{USL - \mu}{3\sigma} = \frac{12.1 - 11.95}{3 \cdot 0.1} = 0.5$$

$$C_{PL} = \frac{\mu - LSL}{3\sigma} = \frac{11.95 - 11.9}{3 \cdot 0.1} = 0.166$$

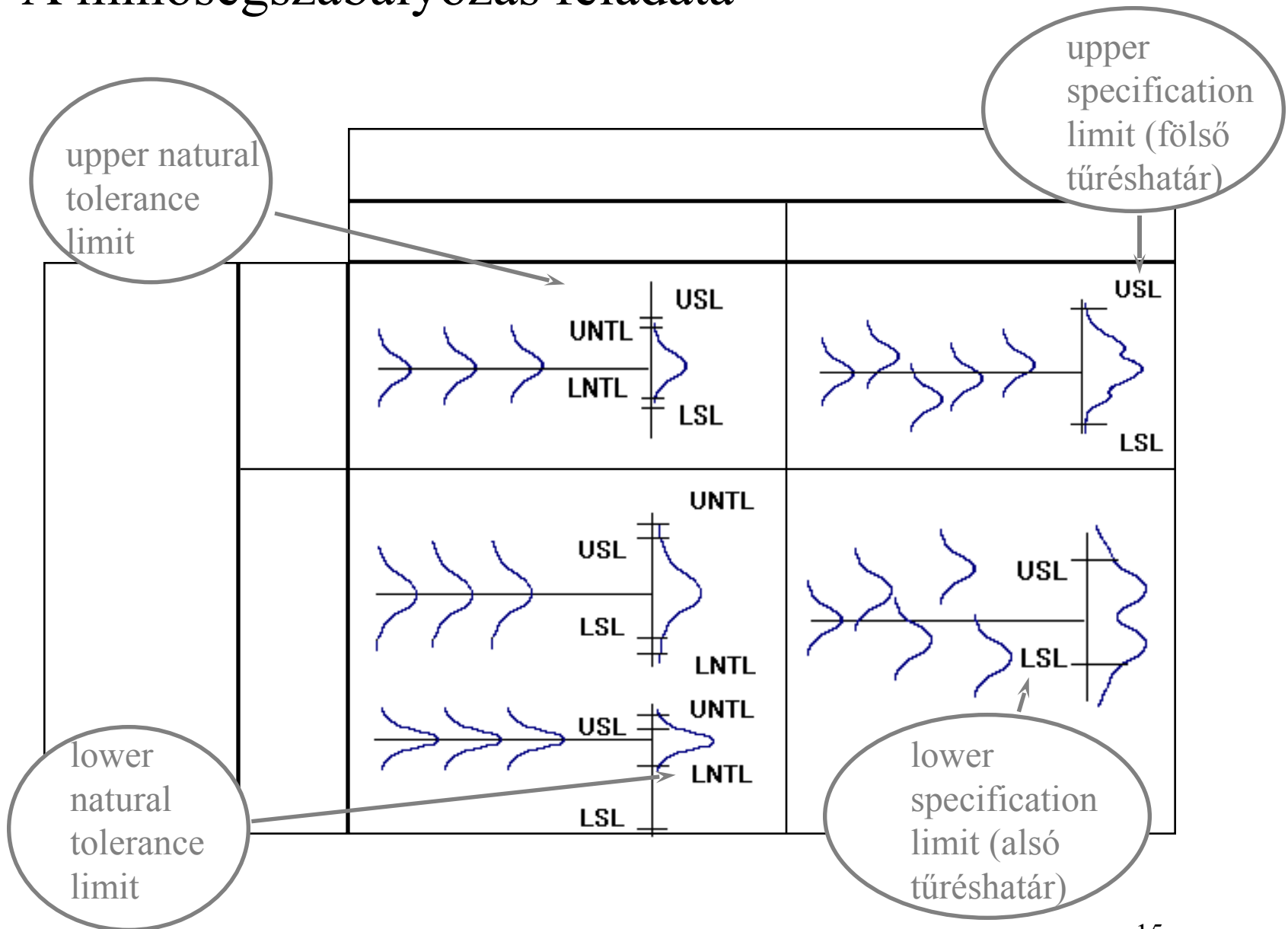
$$C_{PK} = \min(C_{PU}, C_{PL}) = 0.166$$



(run charts)



# A minőség szabályozás feladata



Először a folyamat stabilitását kell ellenőrizni, csak utána a képességét!

Mit tegyünk, ha a folyamat stabil (csak véletlen ingadozás van), de a képesség nem megfelelő (túl nagy az ingadozás)?

Műszaki-szervezési intézkedések (optimalizálás)

Robusztussá tétel kísérlettervezéssel

## 2. példa

Y. Wu, A. Wu: Taguchi methods for robust design  
(ASME Press, 2000), p. 169

### Aranyozás

Cél: a bevonat vastagsága legyen legalább  $50\ \mu\text{m}$ ,  
minél kisebb ingadozással

## Faktorok és szintjeik

		1	2	3
A	Gold concentration	0.7-0.75	1.1-1.15	
B	Current density	2.0	1.5	1.0
C	Temperature	95	105	115
D	Barrel speed	10	15	20
E	Anode size	1/4	1/2	1/1
F	Load size	1/4	1/3	1/2
G	pH	4.2	4.3	4.4
H	Nickel concentration	600	650	700
N	Location	off-center	center	

mindkét helyzetből két minta

# A terv és az eredmények

	A	B	C	D	E	F	G	H	N <sub>1</sub>		N <sub>2</sub>	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	83	88	90	91
2	1	1	2	2	2	2	2	2	73	73	83	81
3	1	1	3	3	3	3	3	3	57	58	65	69
4	1	2	1	1	2	2	3	3	55	59	61	67
5	1	2	2	2	3	3	1	1	73	75	76	79
6	1	2	3	3	1	1	2	2	58	60	68	72
7	1	3	1	2	1	3	2	3	44	49	55	58
8	1	3	2	3	2	1	3	1	50	54	57	64
9	1	3	3	1	3	2	1	2	64	65	66	68
10	2	1	1	3	3	2	2	1	74	79	86	94
11	2	1	2	1	1	3	3	2	75	78	90	94
12	2	1	3	2	2	1	1	3	70	76	52	88
13	2	2	1	2	3	1	3	2	71	80	87	95
14	2	2	2	3	1	2	1	3	48	56	59	65
15	2	2	3	1	2	3	2	1	66	67	79	86
16	2	3	1	3	2	3	1	2	45	53	58	64
17	2	3	2	1	3	1	2	3	60	67	66	73
18	2	3	3	2	1	2	3	1	57	65	79	83

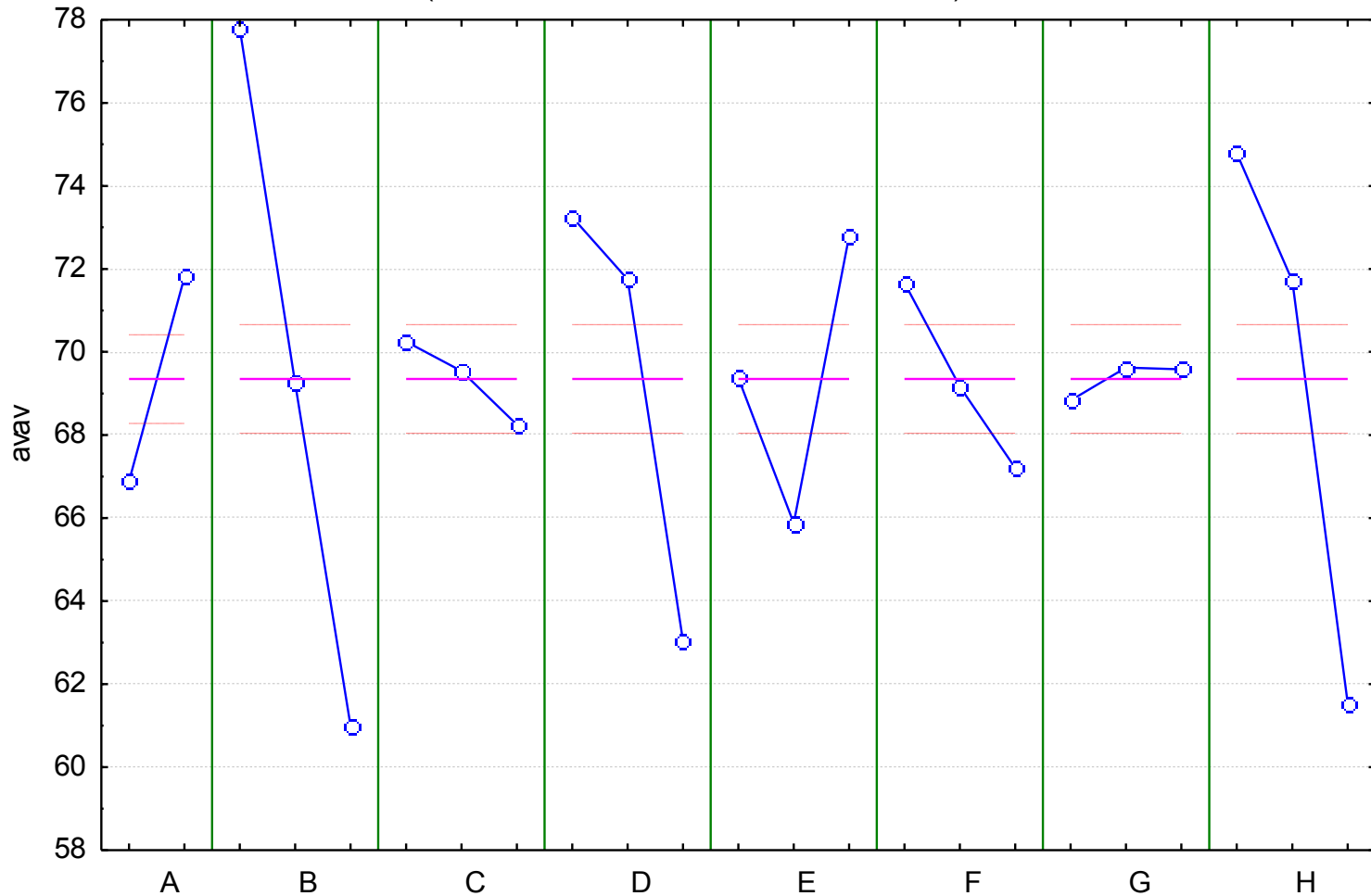
N	A	B	C	D	E	F	G	H	$y_1$	$y_2$	$y_3$	$y_4$	S	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>inner</sub>	$\bar{y}_1$	$\bar{y}_2$	$\bar{\bar{y}}$	$s_{\bar{y}}$
									1	1	2	2								
1	1	1	1	1	1	1	1	1	83	88	90	91	3.56	3.536	0.707	2.550	85.5	90.5	88.00	3.536
2	1	1	2	2	2	2	2	2	73	73	83	81	5.26	0.000	1.414	1.000	73.0	82.0	77.50	6.364
3	1	1	3	3	3	3	3	3	57	58	65	69	5.74	0.707	2.828	2.062	57.5	67.0	62.25	6.718
4	1	2	1	1	2	2	3	3	55	59	61	67	5.00	2.828	4.243	3.606	57.0	64.0	60.50	4.950
5	1	2	2	2	3	3	1	1	73	75	76	79	2.50	1.414	2.121	1.803	74.0	77.5	75.75	2.475
6	1	2	3	3	1	1	2	2	58	60	68	72	6.61	1.414	2.828	2.236	59.0	70.0	64.50	7.778
7	1	3	1	2	1	3	2	3	44	49	55	58	6.24	3.536	2.121	2.915	46.5	56.5	51.50	7.071
8	1	3	2	3	2	1	3	1	50	54	57	64	5.91	2.828	4.950	4.031	52.0	60.5	56.25	6.010
9	1	3	3	1	3	2	1	2	64	65	66	68	1.71	0.707	1.414	1.118	64.5	67.0	65.75	1.768
10	2	1	1	3	3	2	2	1	74	79	86	94	8.69	3.536	5.657	4.717	76.5	90.0	83.25	9.546
11	2	1	2	1	1	3	3	2	75	78	90	94	9.18	2.121	2.828	2.500	76.5	92.0	84.25	10.960
12	2	1	3	2	2	1	1	3	70	76	52	88	15.00	4.243	25.456	18.248	73.0	70.0	71.50	2.121
13	2	2	1	2	3	1	3	2	71	80	87	95	10.21	6.364	5.657	6.021	75.5	91.0	83.25	10.960
14	2	2	2	3	1	2	1	3	48	56	59	65	7.07	5.657	4.243	5.000	52.0	62.0	57.00	7.071
15	2	2	3	1	2	3	2	1	66	67	79	86	9.68	0.707	4.950	3.536	66.5	82.5	74.50	11.314
16	2	3	1	3	2	3	1	2	45	53	58	64	8.04	5.657	4.243	5.000	49.0	61.0	55.00	8.485
17	2	3	2	1	3	1	2	3	60	67	66	73	5.32	4.950	4.950	4.950	63.5	69.5	66.50	4.243
18	2	3	3	2	1	2	3	1	57	65	79	83	12.11	5.657	2.828	4.472	61.0	81.0	71.00	14.142

# Kiértékelés az átlagos vastagságra

Average Eta by Factor Levels

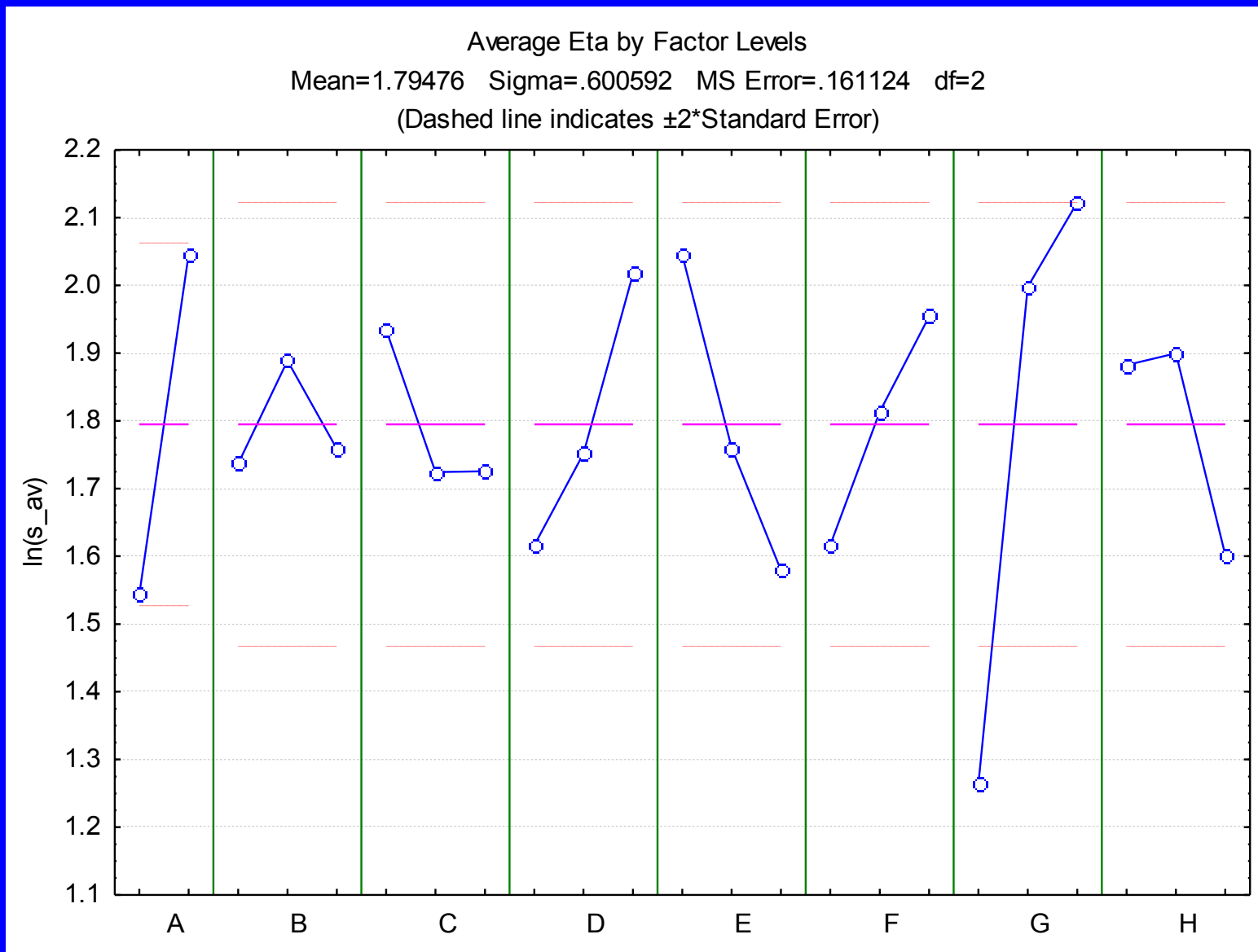
Mean=69.3472 Sigma=11.1659 MS Error=2.57292 df=2

(Dashed line indicates  $\pm 2$ \*Standard Error)



A, B, D, E,  
F, H

# Kiértékelés a vastagság helyek közötti szórására



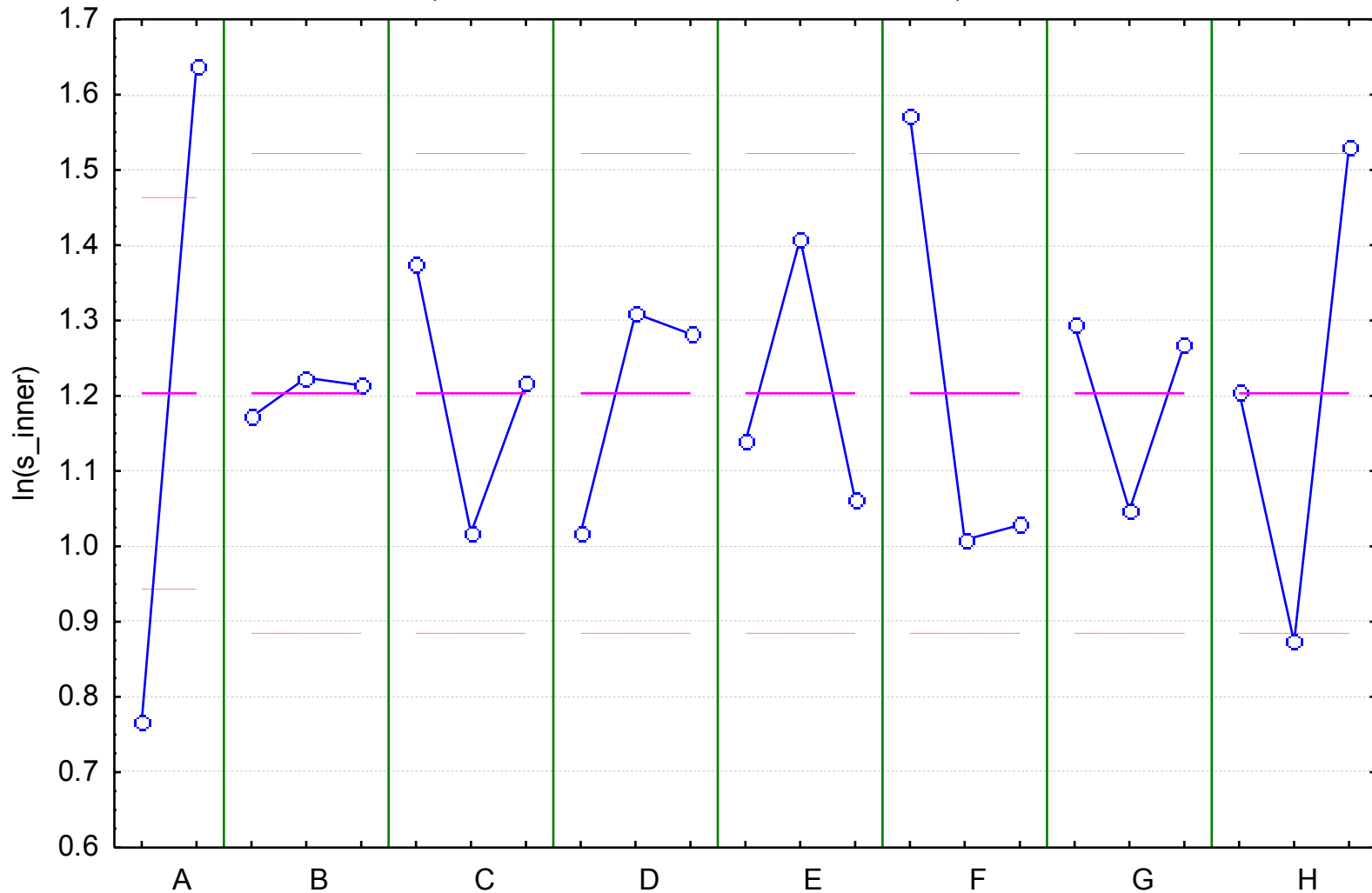
G

# Kiértékelés a helyeken belüli ingadozásra

Average Eta by Factor Levels

Mean=1.20318 Sigma=.666917 MS Error=.152282 df=2

(Dashed line indicates  $\pm 2$ \*Standard Error)



A, F, H

az átlagos vastagságra: A, B, D, E, F, H  $\rightarrow$  B, D, E

a vastagság helyek közötti szórására: G

a helyeken belüli ingadozásra: A, F, H