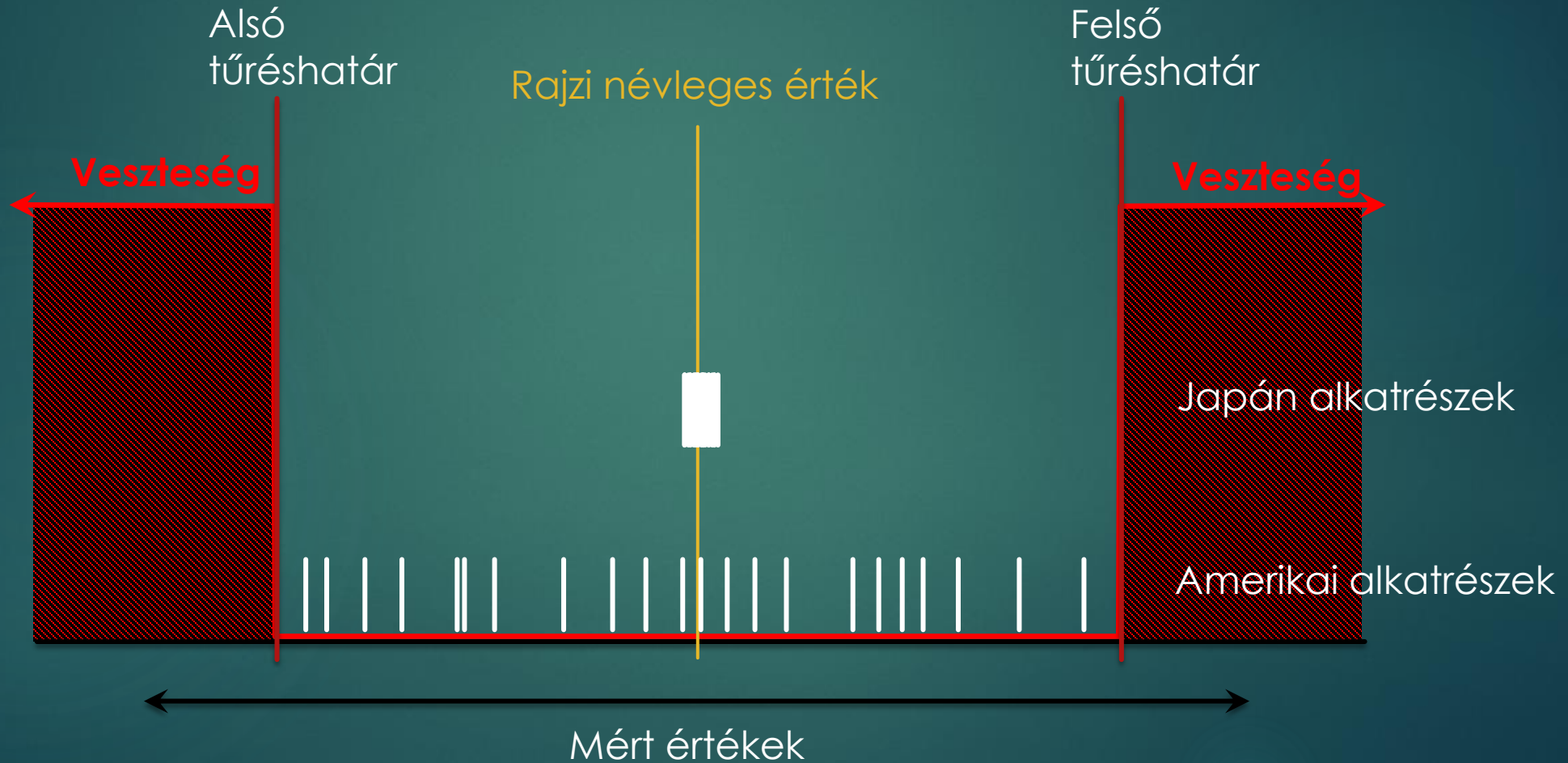


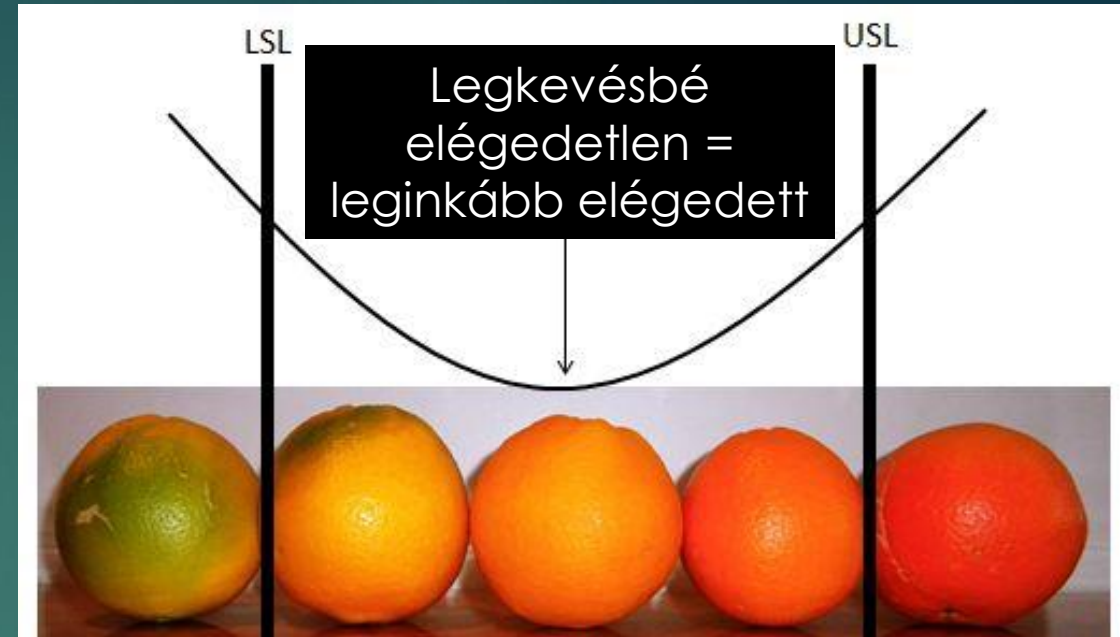
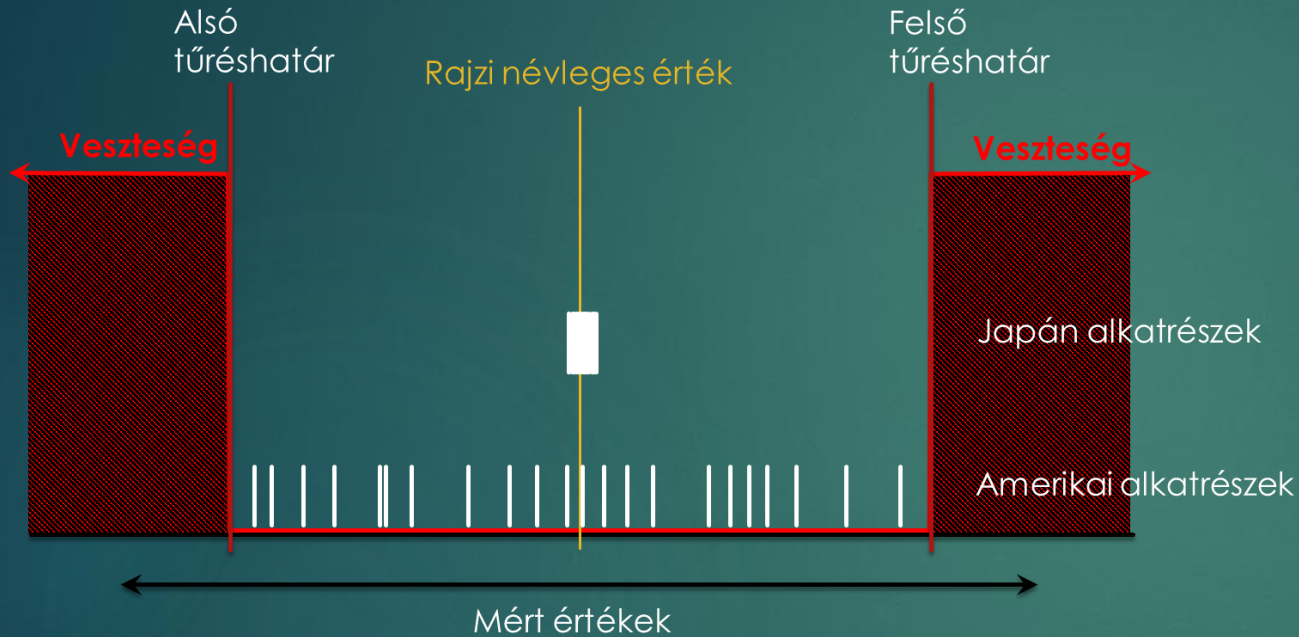
Six Sigma

VÁRADI ZOLTÁN

A minőségköltségről

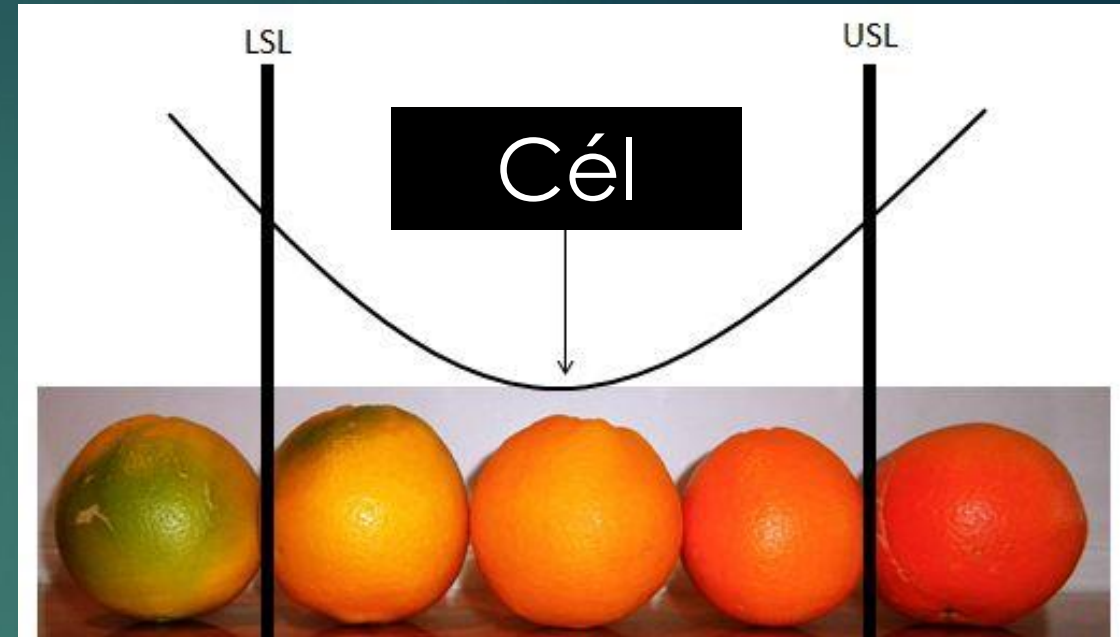


A minőségköltségről



**A tűréshatárok nem eléggé érzékenyek
a vevői elégedettség mérésére**

A minőség

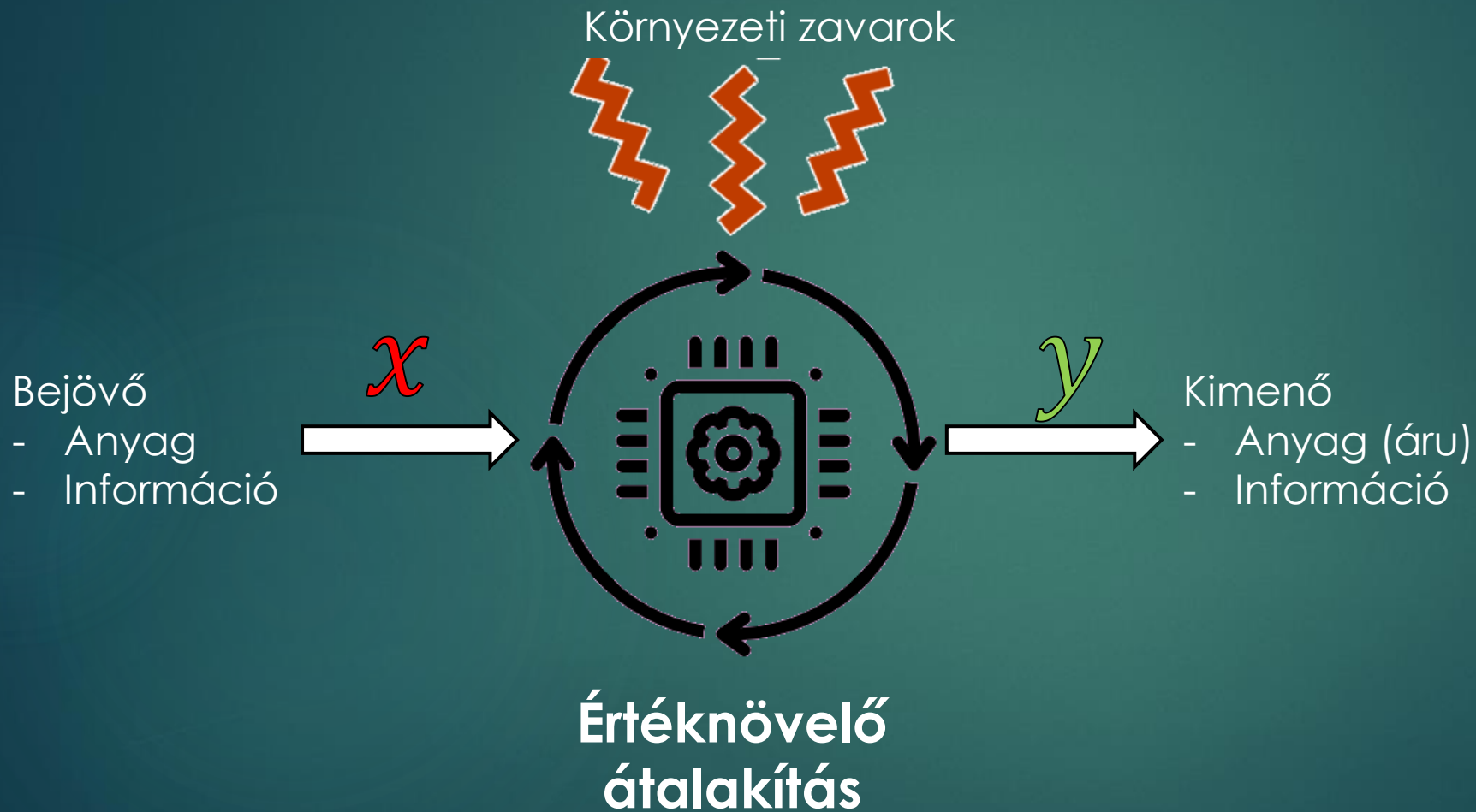


Célérték-közeli, egyforma termékek

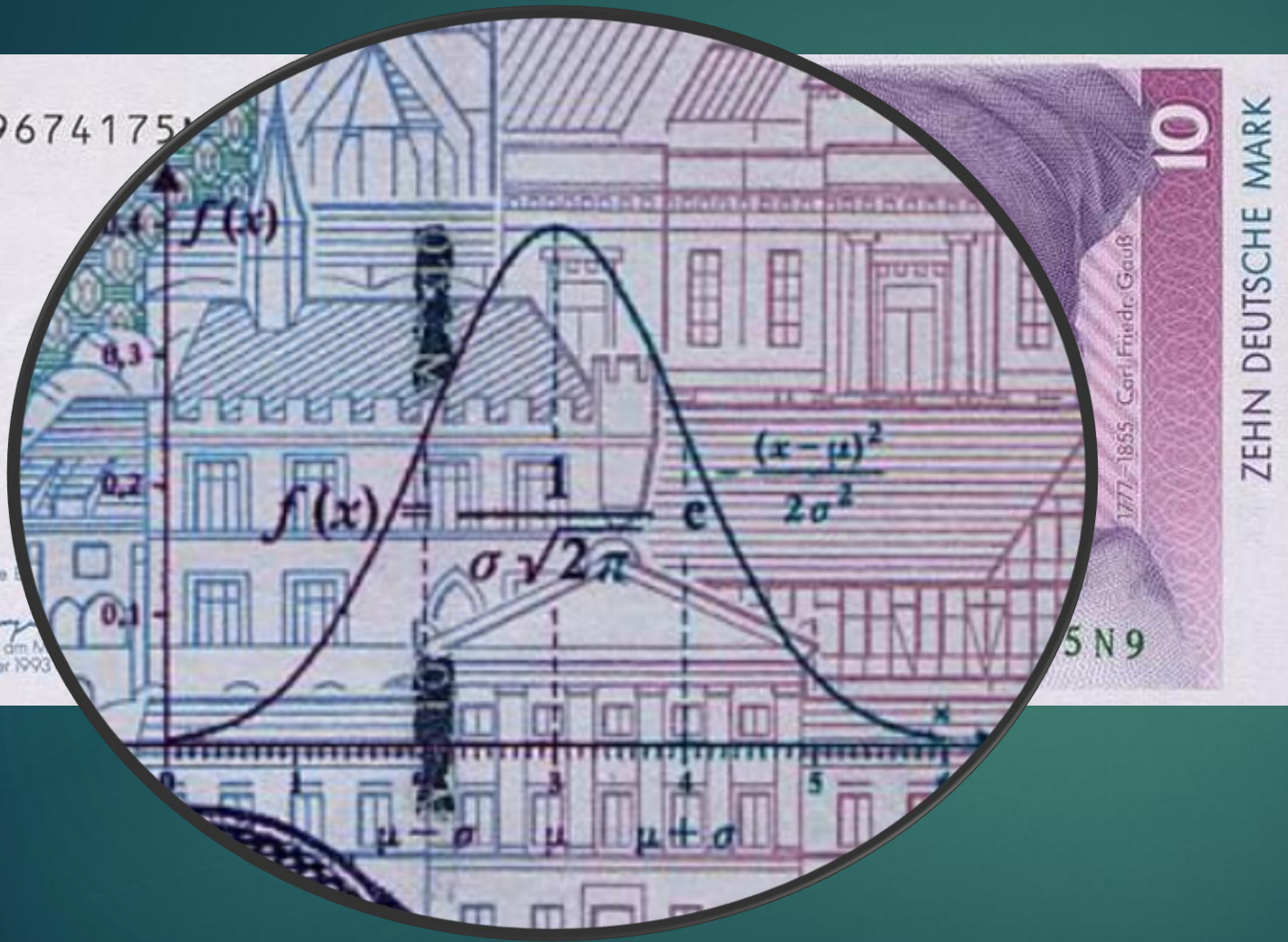


Folyamat

$$y = f(x)$$

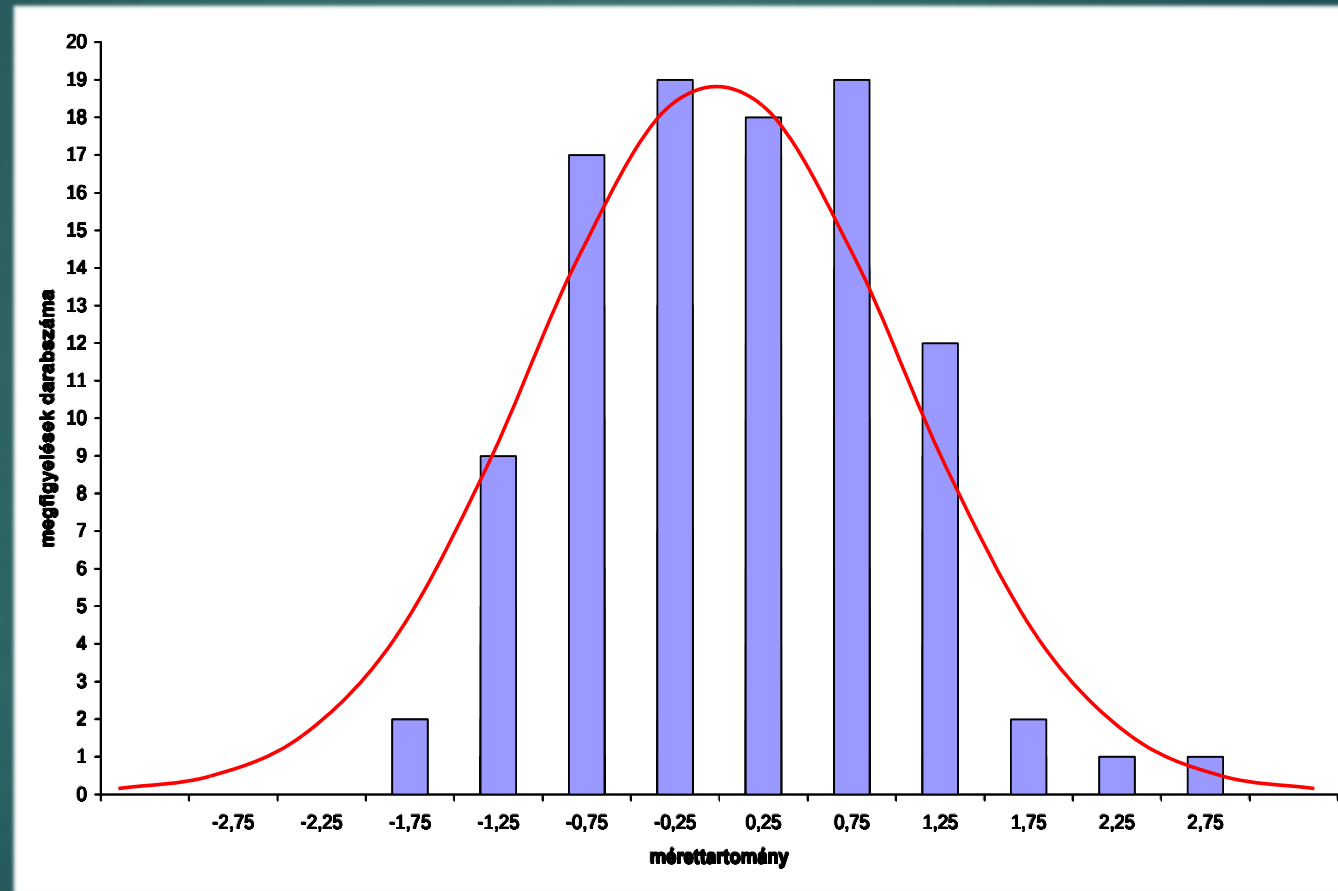


A véletlen ingadozás



- Paraméterei:
- Hol a közepe?
 - Milyen széles?

Hisztogram



Statisztikai alapfogalmak

Sorszám	Eredmény
1	16
2	16
3	15
4	18
5	15
6	17
7	16
8	13
9	21
10	20
11	17
12	17
13	17
14	16
15	20
16	16
17	17
18	14
19	15
20	15

► Középérték

► Átlag: $\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$

$$\bar{x} = \frac{16+16+15+18+\dots+14+15+15}{20} = \frac{331}{20} = 16,55$$

► Medián: sorba rendezve, a középén lévő érték

Sorszám	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Eredmény	13	14	15	15	15	15	16	16	16	16	16	17	17	17	17	17	18	20	20	21

Ez van középén

Statisztikai alapfogalmak

Sorszám	Eredmény
1	16
2	16
3	15
4	18
5	15
6	17
7	16
8	13
9	21
10	20
11	17
12	17
13	17
14	16
15	20
16	16
17	17
18	14
19	15
20	15

▶ Középérték

▶ Átlag: $\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$

▶ $\bar{x} = \frac{16+16+15+18+\dots+14+15+15}{20} = \frac{331}{20} = 16,55$

▶ Szóródás

▶ Terjedelem: $R = \max(x_i) - \min(x_i)$

▶ $R = 21 - 13 = 8$

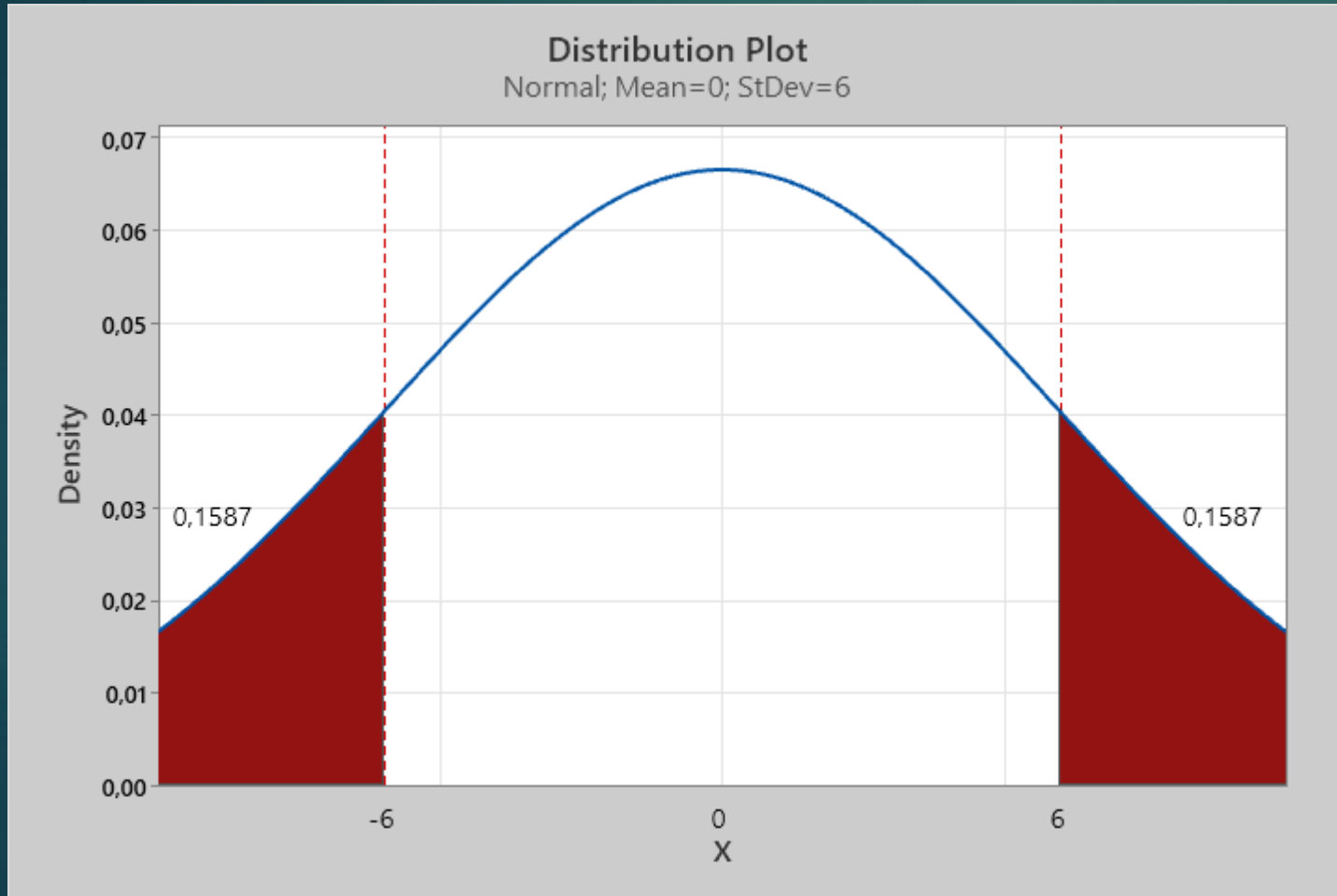
▶ Szórás: $\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$

▶ $\sigma = 2,01246 \dots$

▶ Variancia: σ^2

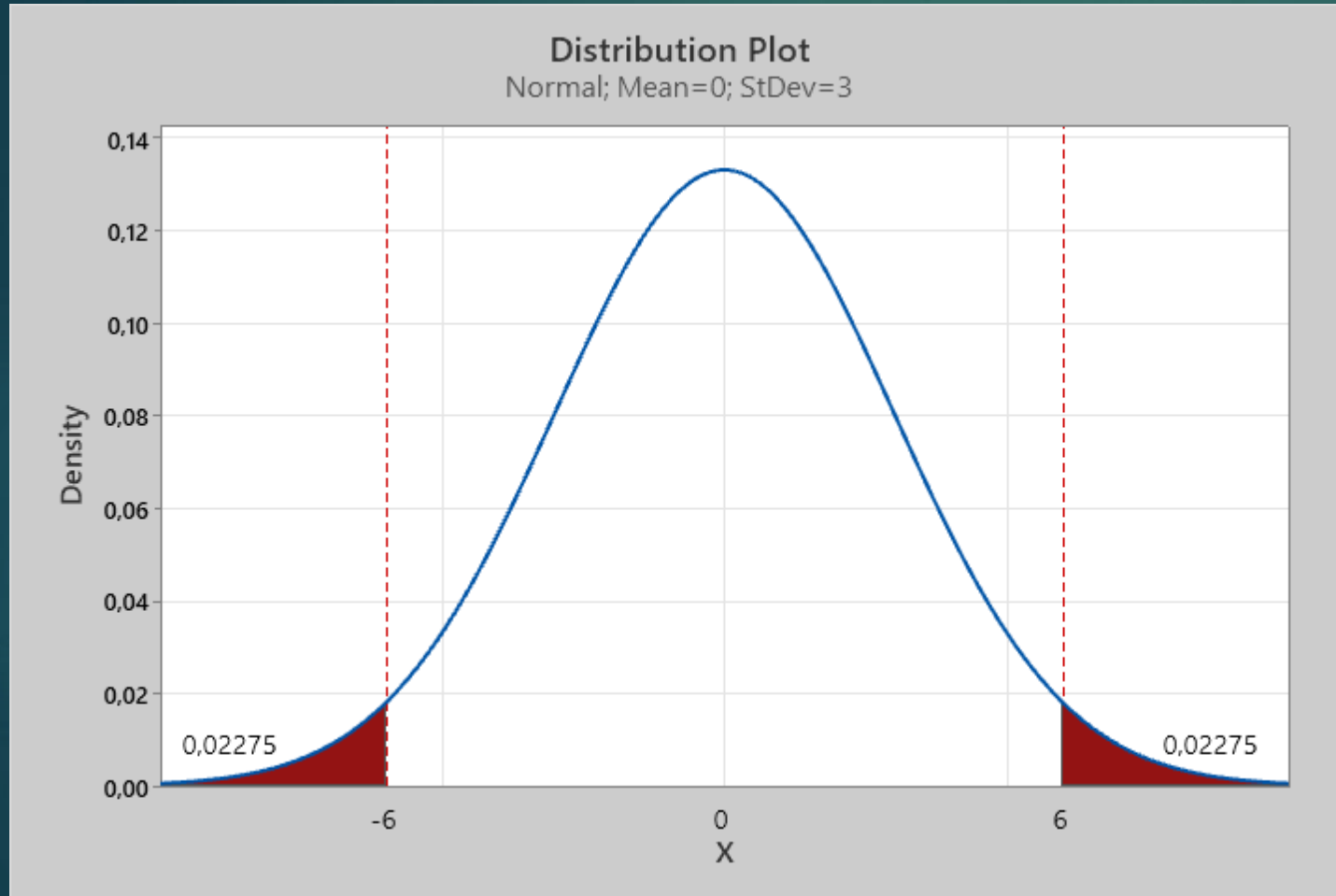
MSE,
MAPE,
MAD,
...

A minőségartalék



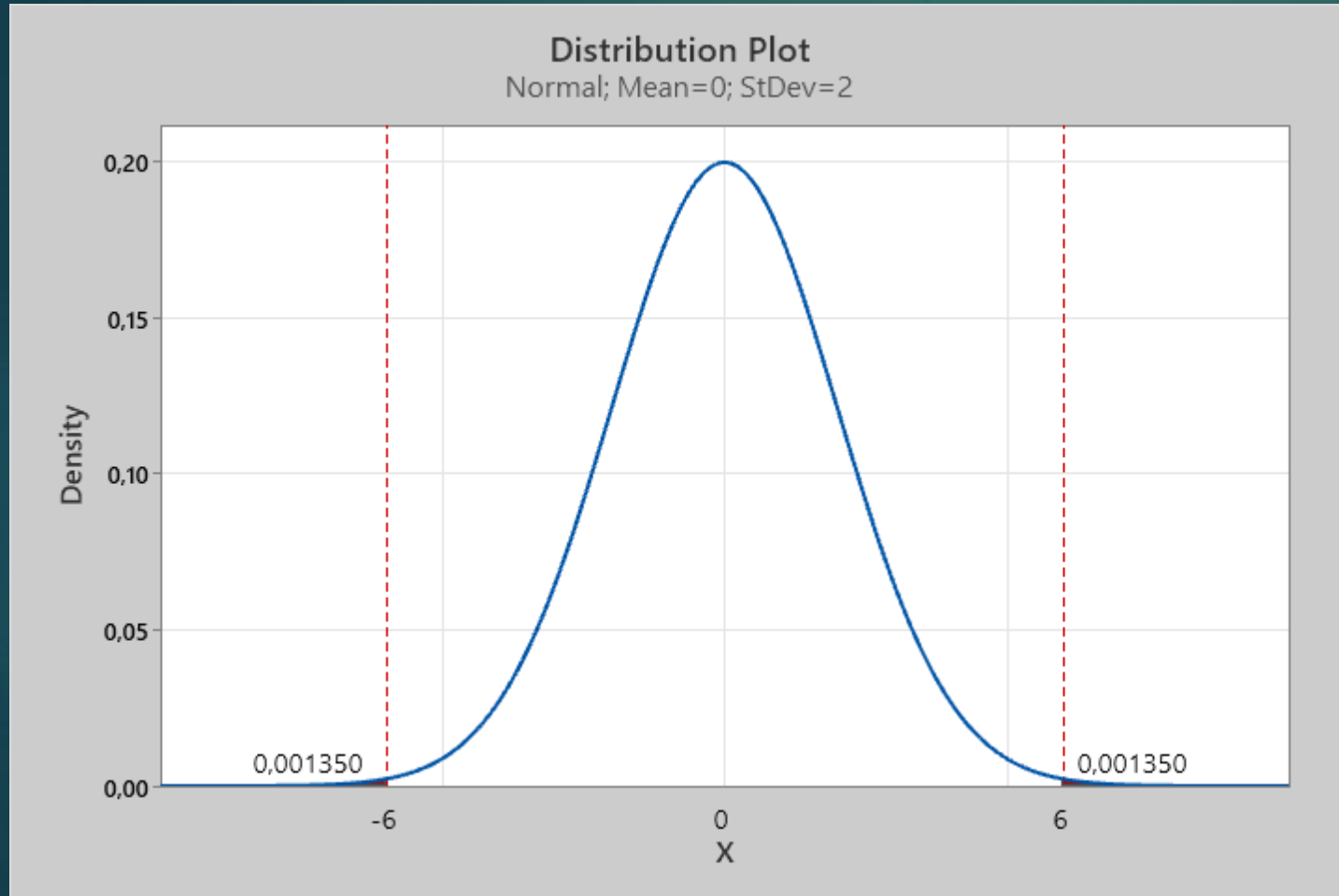
Hibaarány:
31,7%

A minőségartalék



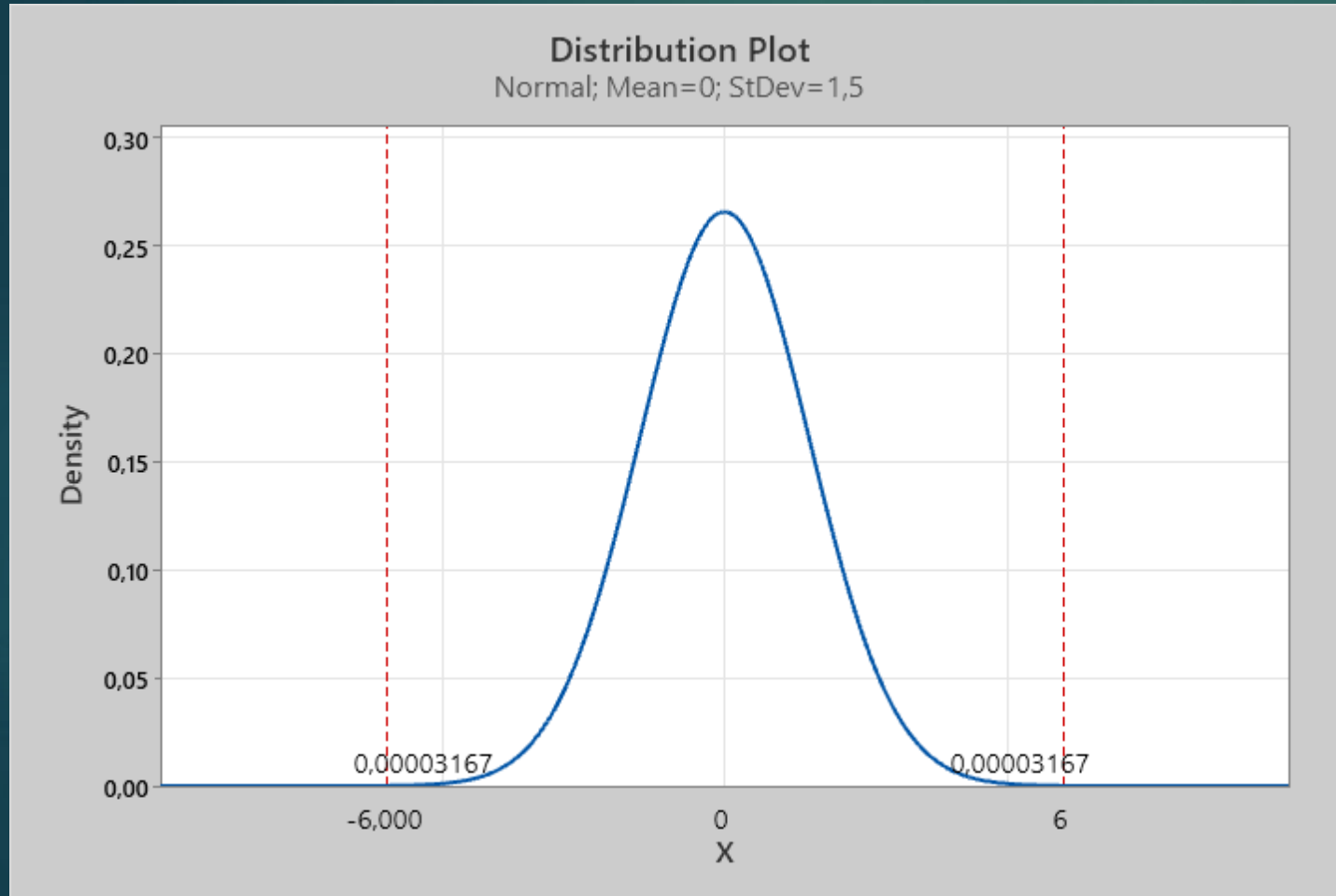
Hibaarány:
4,6%

A minőségartalék



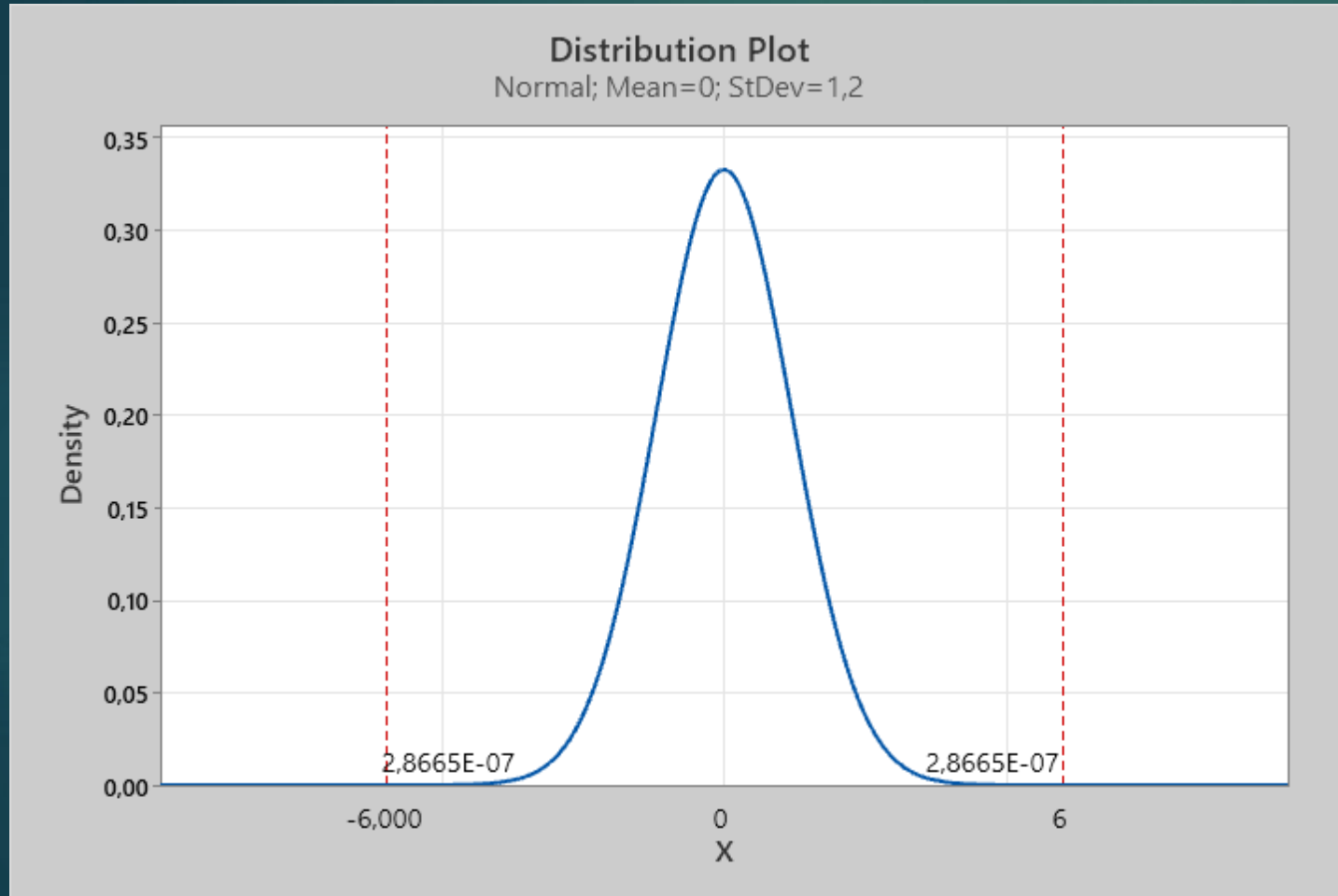
Hibarány:
0,27%

A minőségartalék



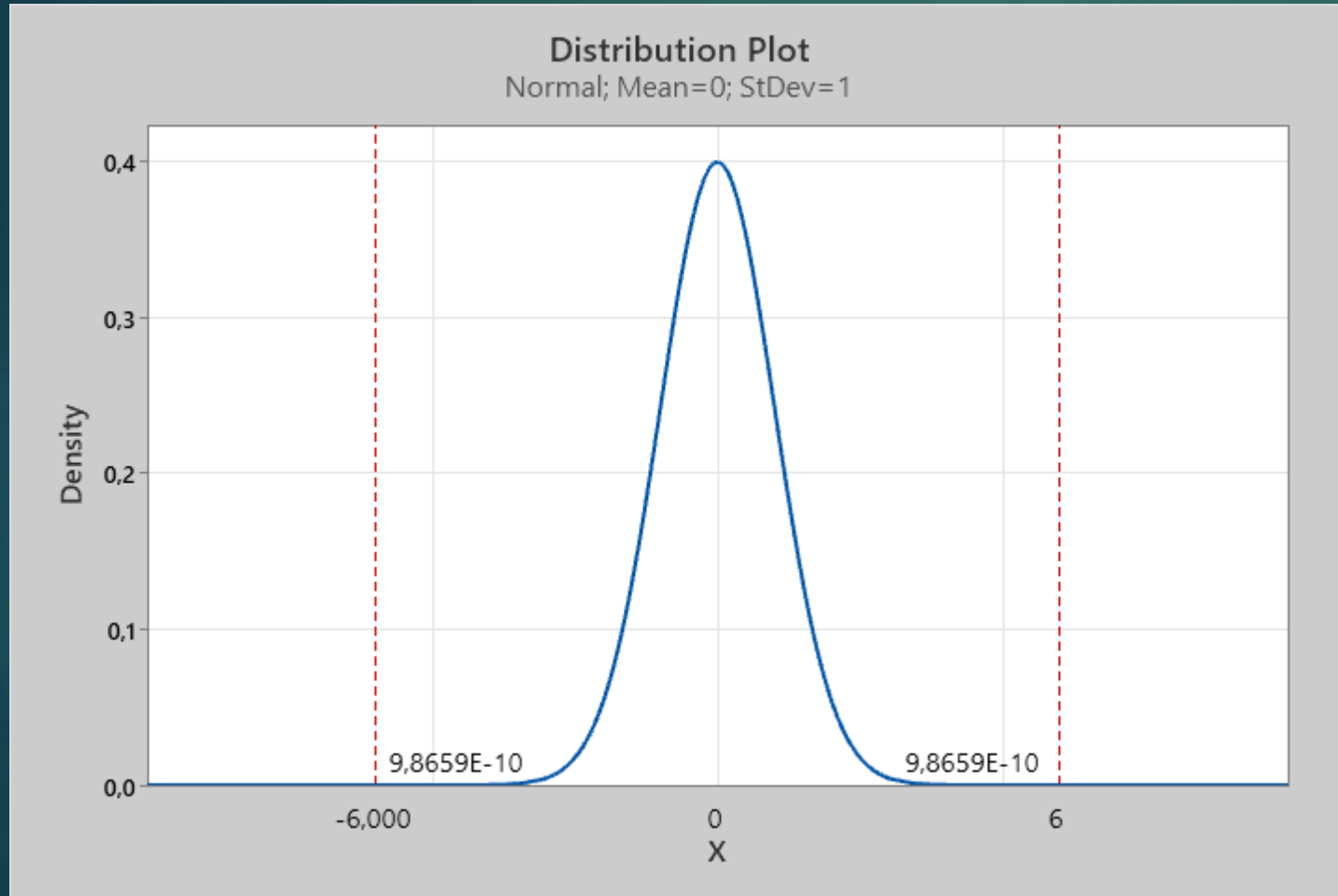
Hibaarány:
63,3ppm

A minőségartalék



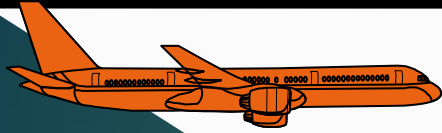
Hibaarány:
0,57ppm

A minőségartalék

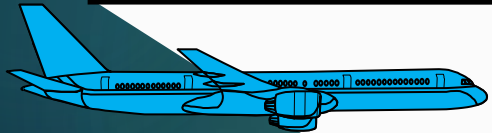


Hibaarány:
2ppb

Két folyamat összehasonlítása

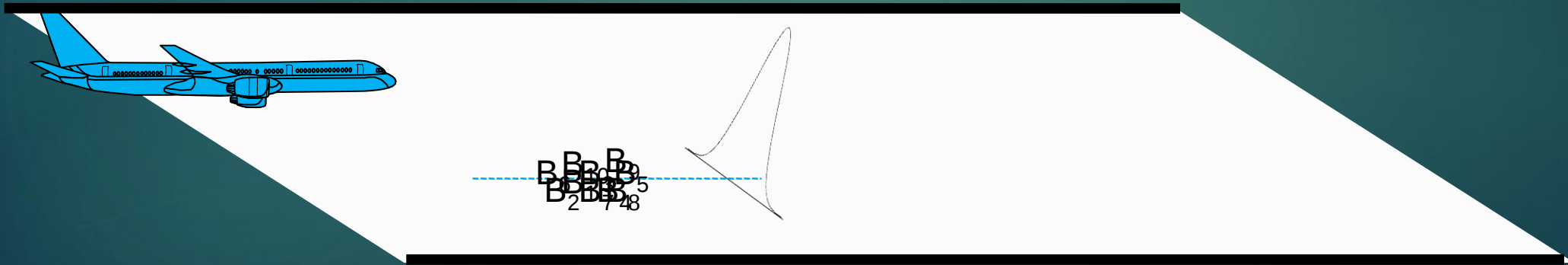
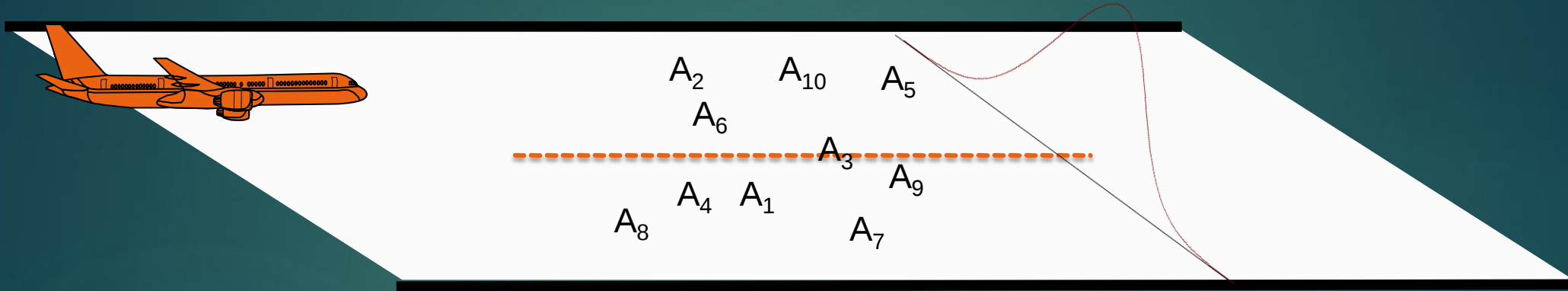


A_2 A_{10} A_5
 A_6
 A_3 A_9
 A_8 A_4 A_1 A_7

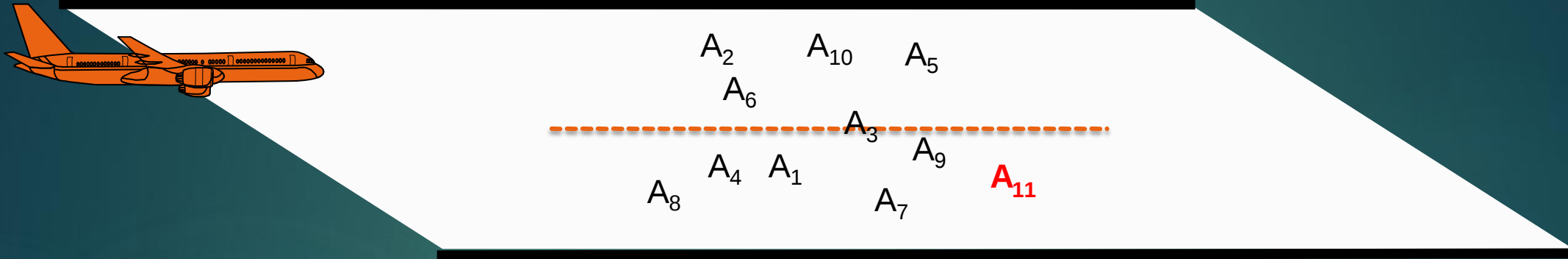


B_1 B_2 B_3 B_4 B_5
 B_6 B_7 B_8

A véletlen ingadozás



Mi a változékonyság oka?



- A folyamat saját, belső ingadozása
- Közöséges, hétköznapi okok
- (Common cause)

Mi a változékonyság oka?

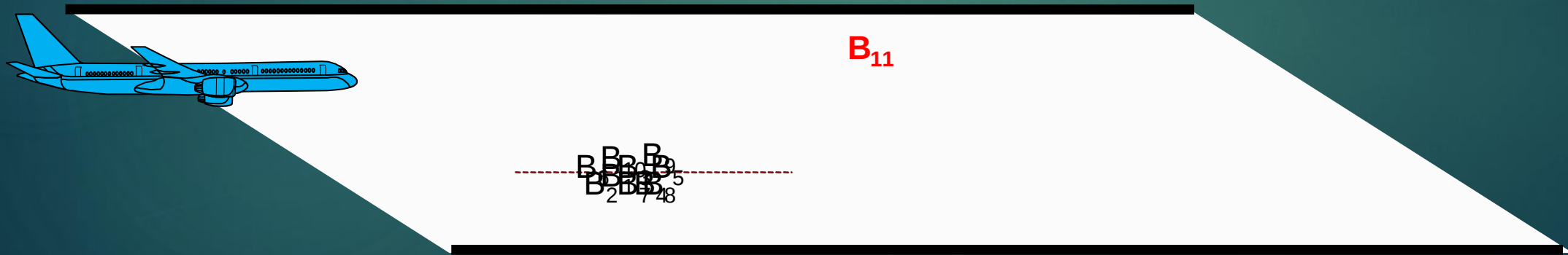


Veszélyes zavar:

annyira eltér, hogy ez „biztosan nem a véletlen műve”*

→ Oka van, amit feltárhatunk

*: Annyira kicsi a valószínűsége annak, hogy ilyen érték spontán, külső behatás nélkül történik, hogy már nem fogadjuk el azt, hogy ez csak a véletlen műve lenne. Helyette feltételezzük, hogy meghatározott oka van.



Veszélyes zavar – az ok feltárása

Miért?

- meghibásodott a ...

Miért?

- a tervezett karbantartás ... lett kicserélve

Miért?

- nem volt készleten, de a ... g üzemképes volt, ezért megtartottuk

Miért?

- elfelejtettünk rendelni

Miért?

- nem volt automatikus rendelés beállítva...

5 why?

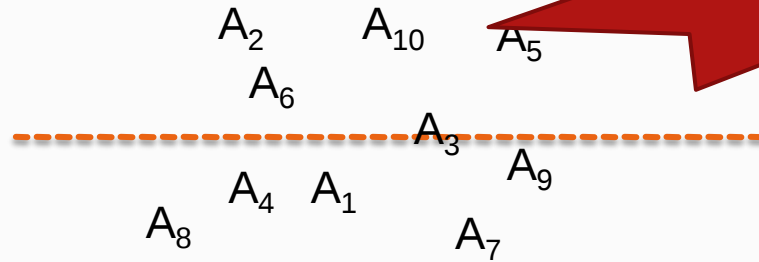
Legyen logikus visszafelé is

Akcióképes
felismerés

Problémamegoldás

Ez a Six Sigma
projektek fő fókusza

Csökkenteni
az ingadozást



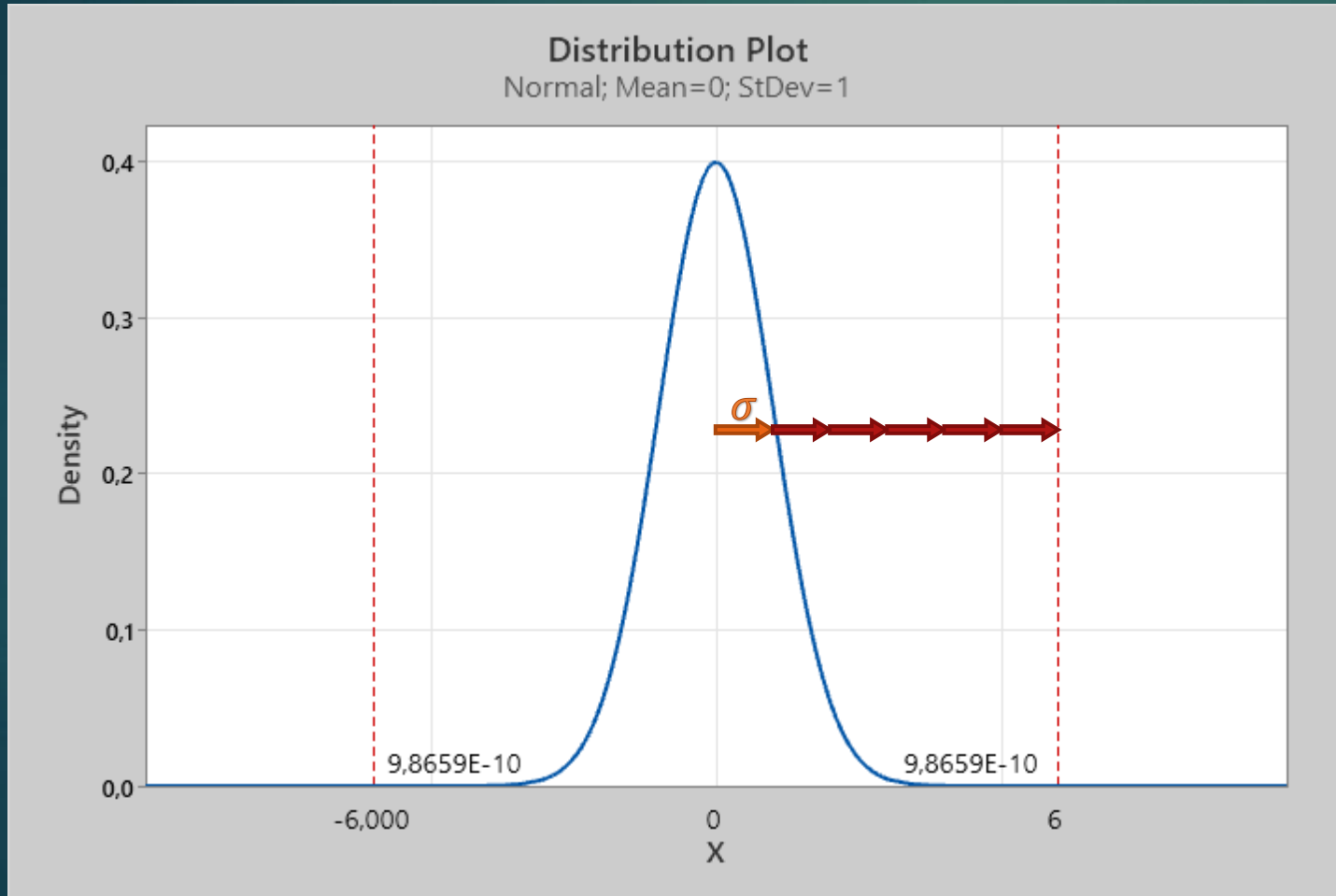
Elhárítani a
veszélyes zavart

B₁₁

Központosítani
a folyamatot

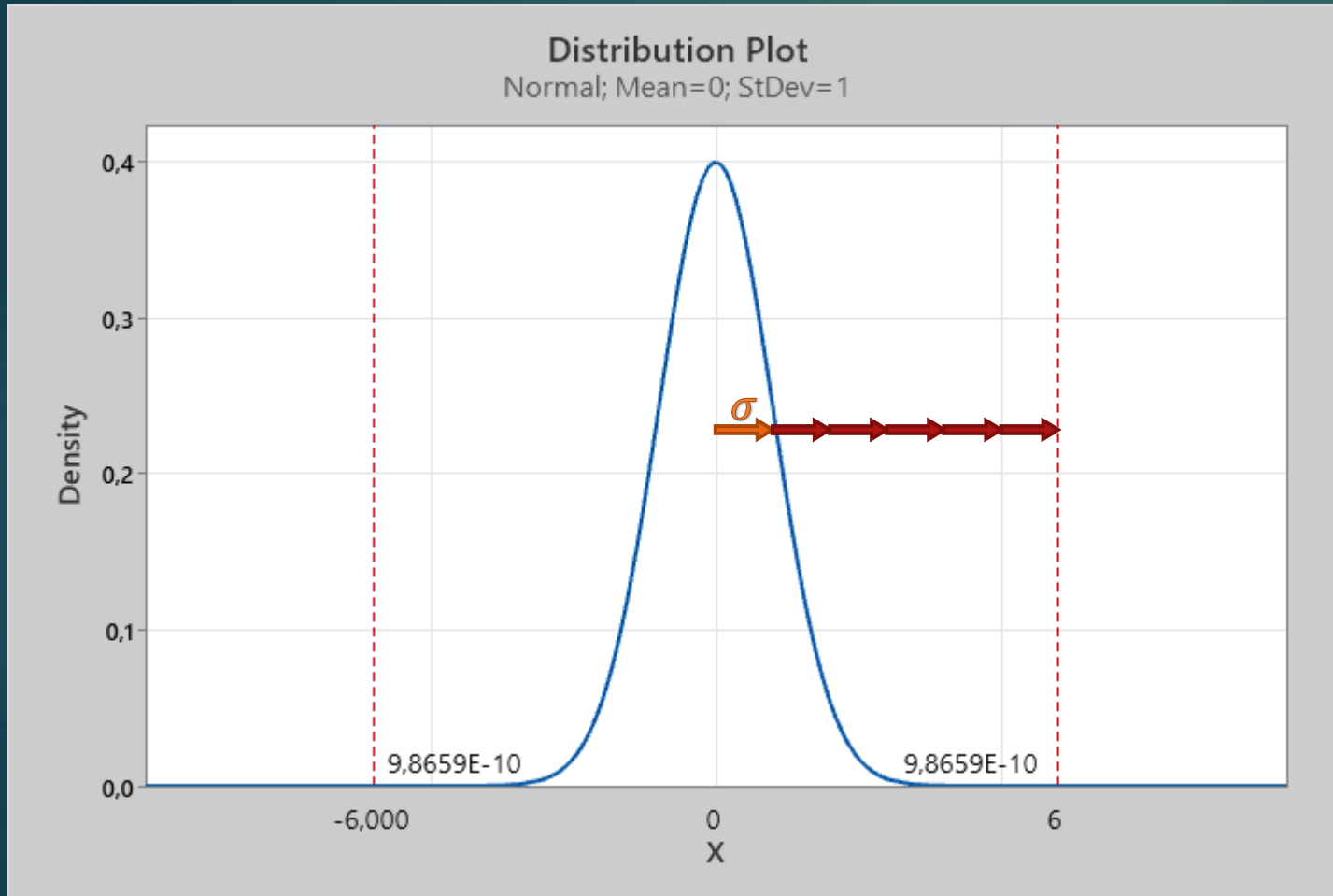


A Six Sigma folyamat



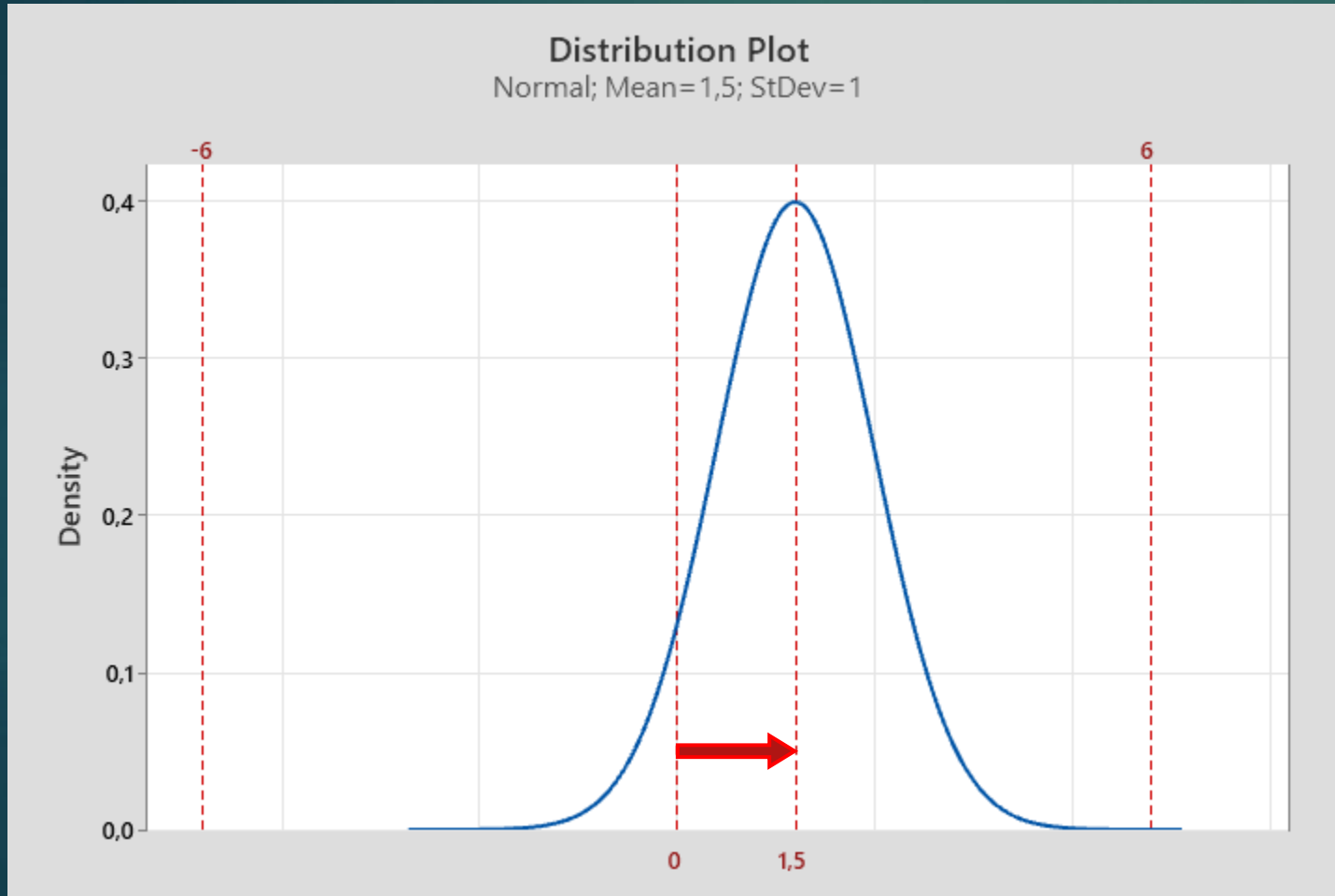
- Praktikusan soha nem hibázik
- Az elvárt célhoz közeli, szinte egyforma eredményt szállít mindig
- Ingadozása kicsi a tűréstartományhoz képest

A Six Sigma folyamat



- Praktikusan soha nem hibázik
- Az elvárt célhoz közeli, szinte egyforma eredményt szállít mindig
- Ingadozása kicsi a tűréstartományhoz képest
- Z-érték: hány szigma távolságra van az elfogadási határ (tűrés)
- $Z = \frac{FTH - \bar{x}}{\sigma}$ vagy $Z = \frac{\bar{x} - ATH}{\sigma}$

A valóságban...



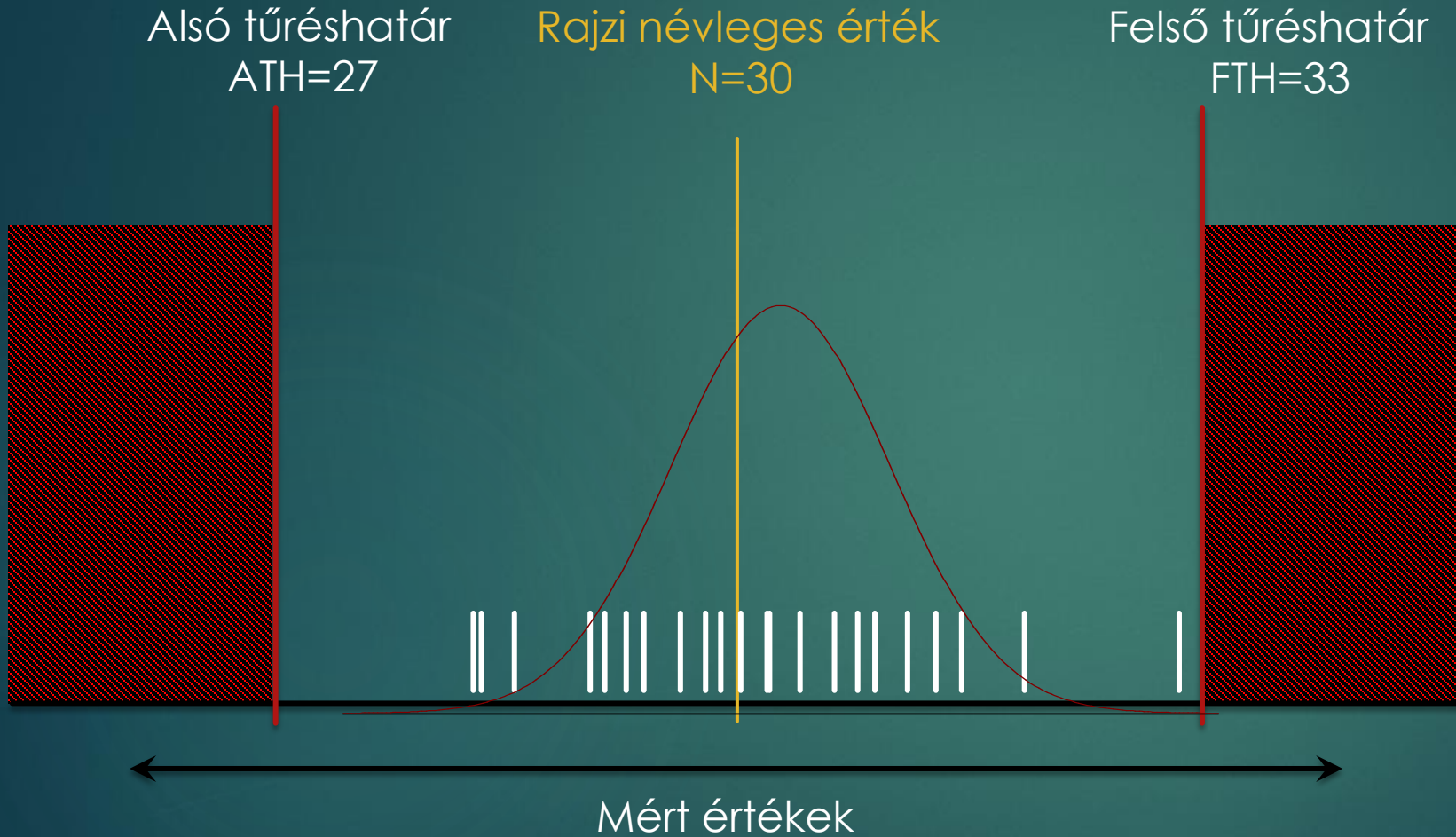
Hosszú távon:

- ▶ Zavarok, elhasználódás, stb
 - ▶ A közép eltolódása ($\sim 1,5\sigma$)
- Várható hibaarány: 3.4ppm

Definíció:

egy Six Sigma folyamat képes (lenne) $Z = 6$ szinten is működni, és hosszú távon is legalább $Z = 4,5$ szinten üzemel

Példa szigma szint számolására



A mérések átlaga:
 $\bar{x} = 30,4$

A számított szórás:
 $s = 0,9$

A Z-érték:

$$Z = \frac{FTH - \bar{x}}{s} = 2,89$$

Történelmi háttér



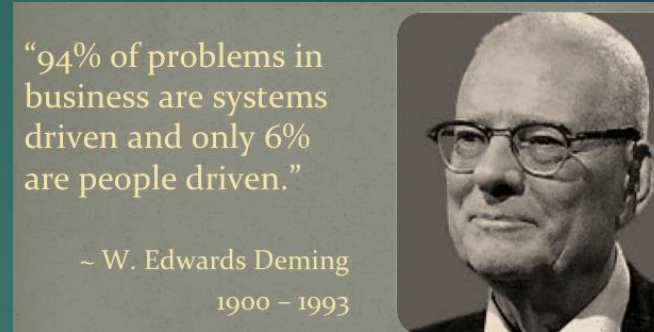
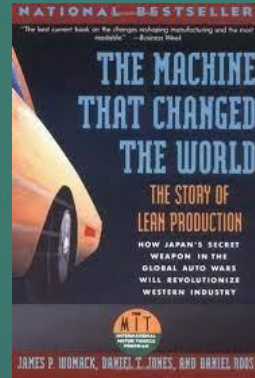
Long Term Development of the U.S. Trade Balance

U.S. trade balance in goods and services in percent of GDP (1960-2016)



Történelmi háttér

- ▶ Total Quality Management
 - ▶ W.E.Deming: Out of the Crisis



- ▶ Lean management

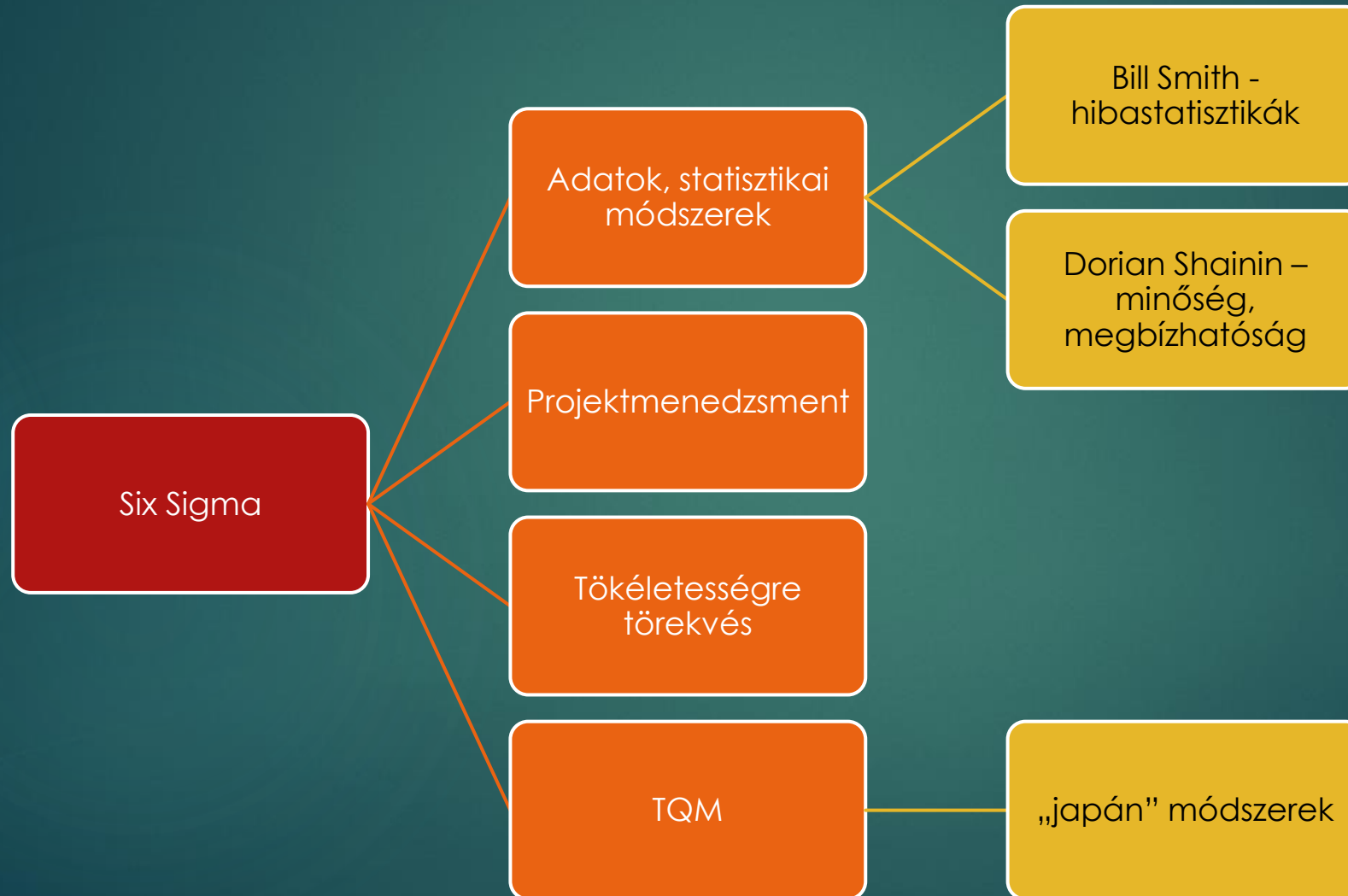
- ▶ Malcolm Baldrige National Quality Award
 - ▶ Eszközök és kritériumok a szervezet önértékeléséhez
 - ▶ Tudás



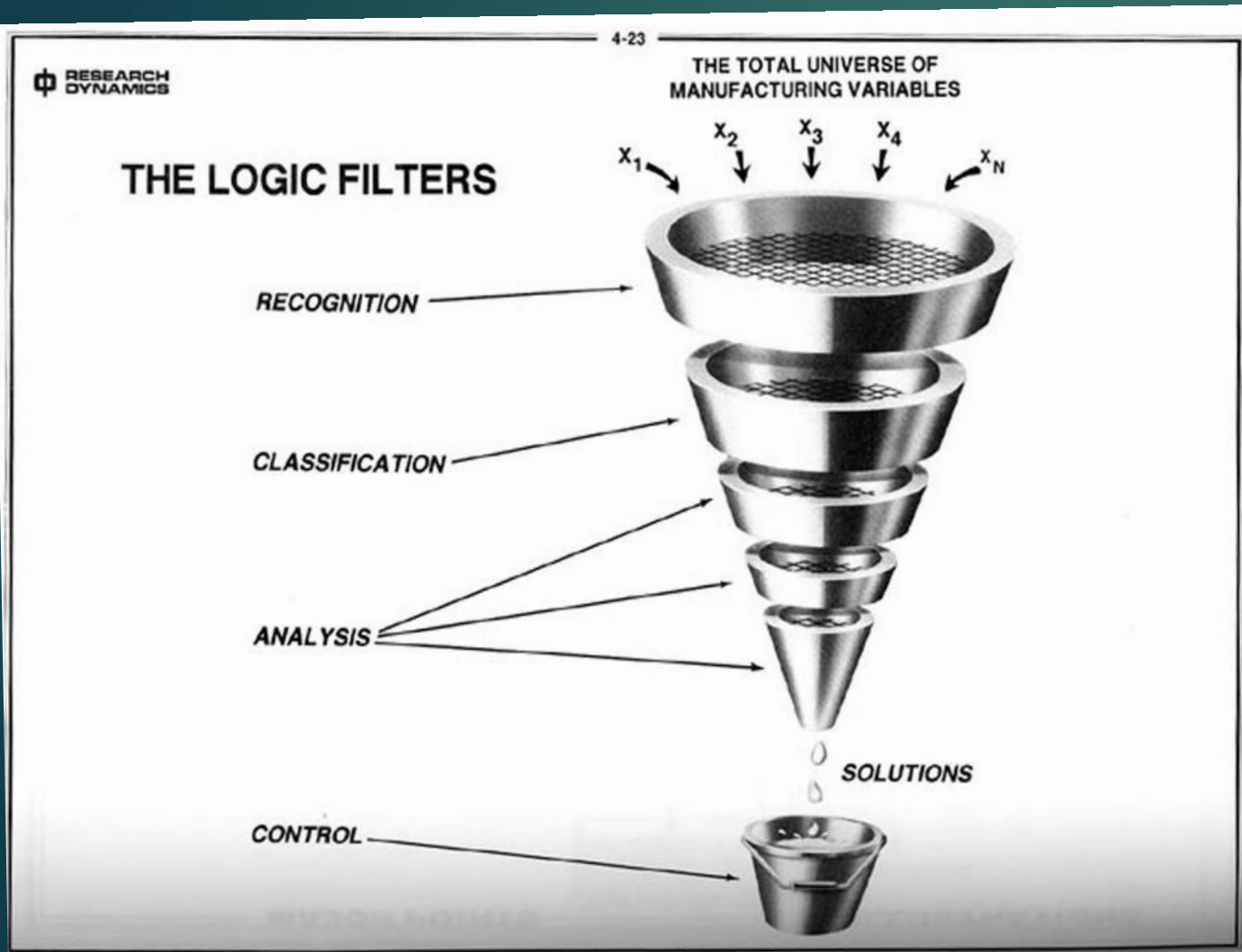
A Six Sigma történelme



Dr. Mikel Harry
1951-2017



A logikus problémamegoldás



Define

Measure

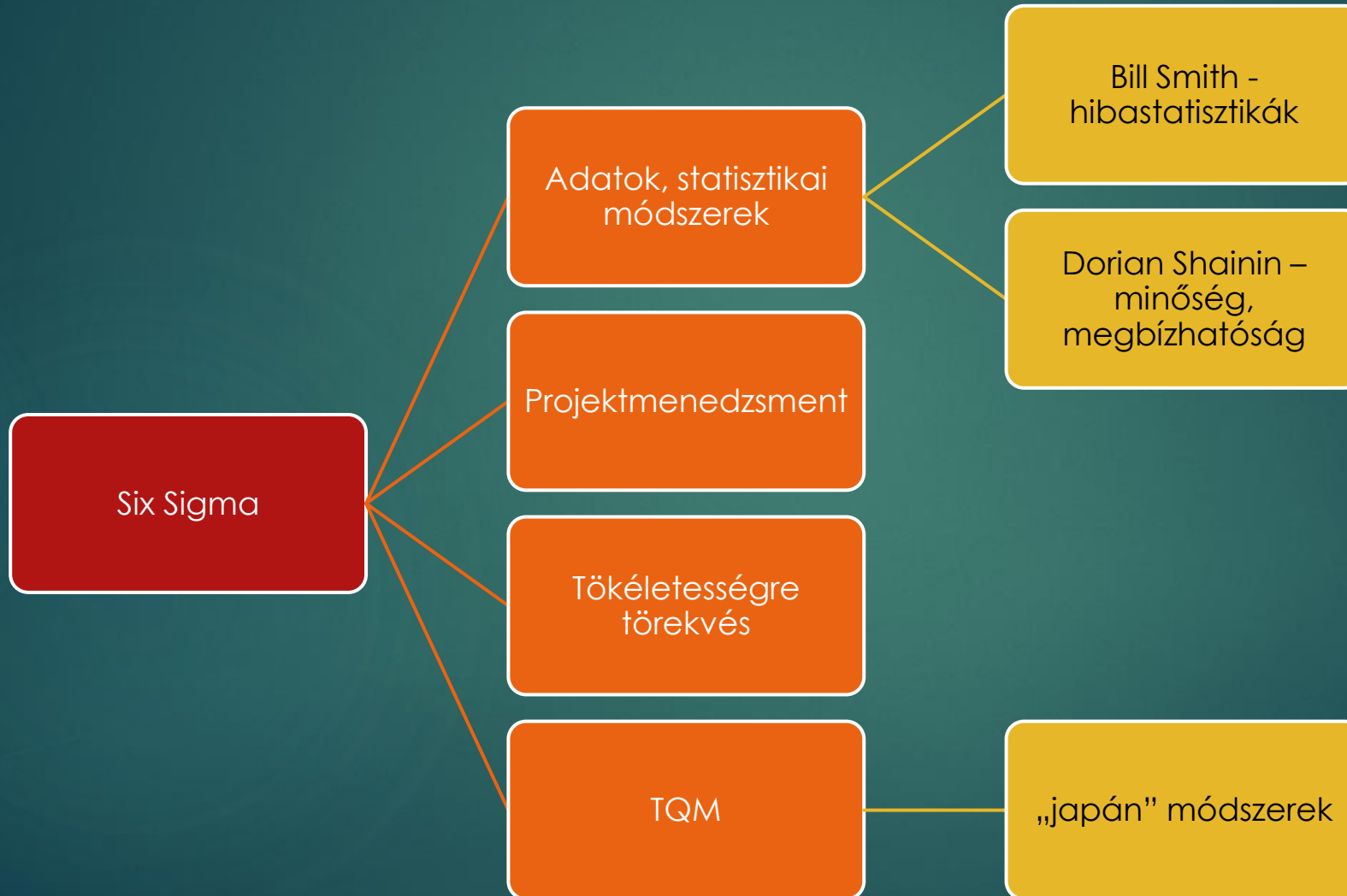
Analyze

Improve

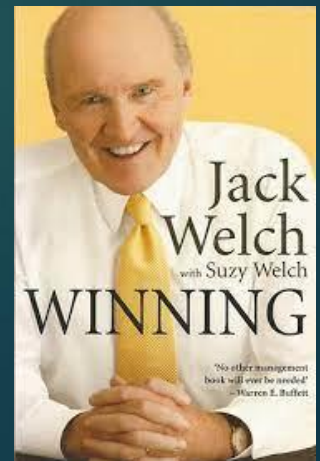
Control

$$y = f(x)$$

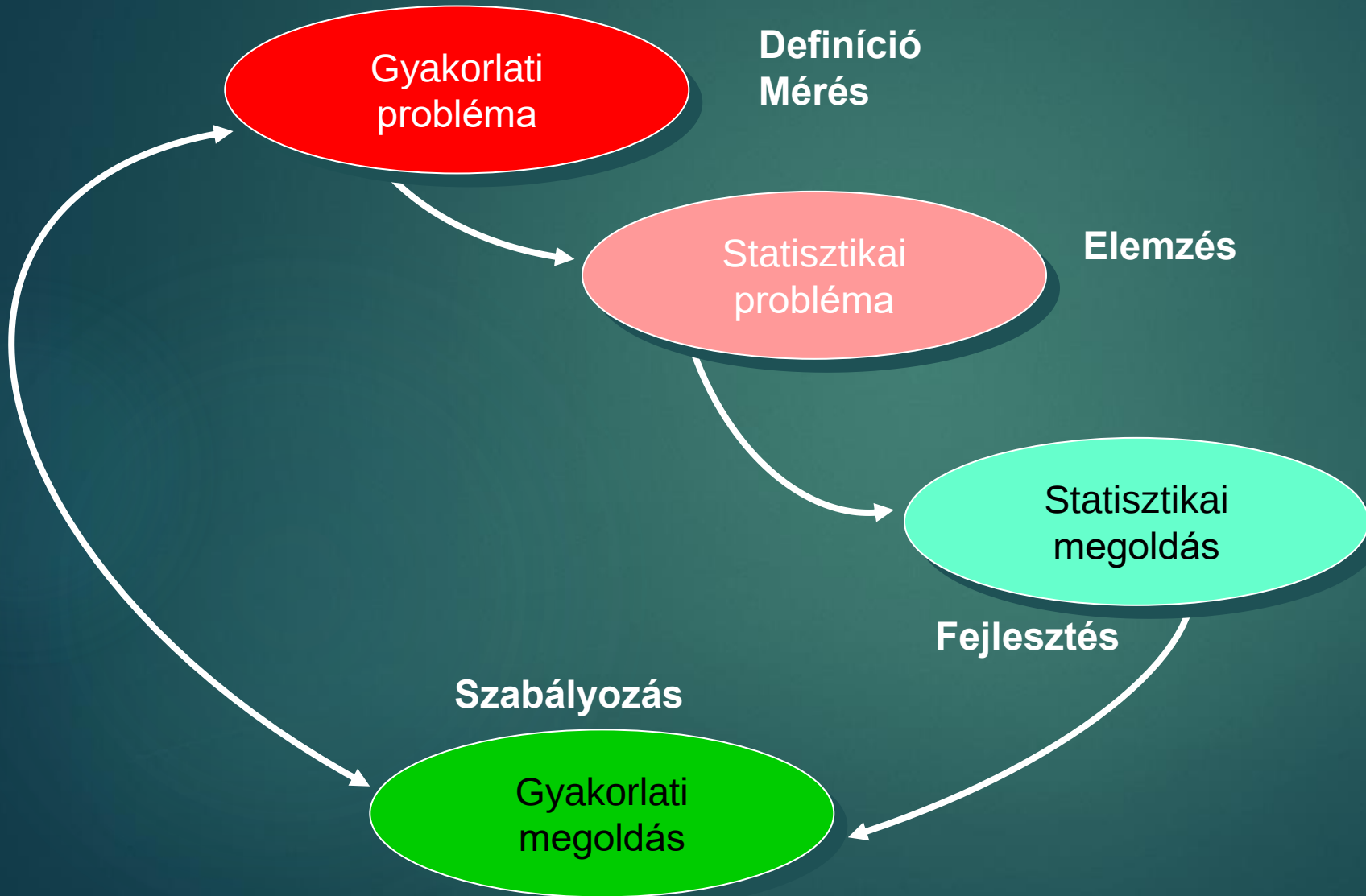
A Six Sigma történelme



Dr. Mikel Harry
1951-2017



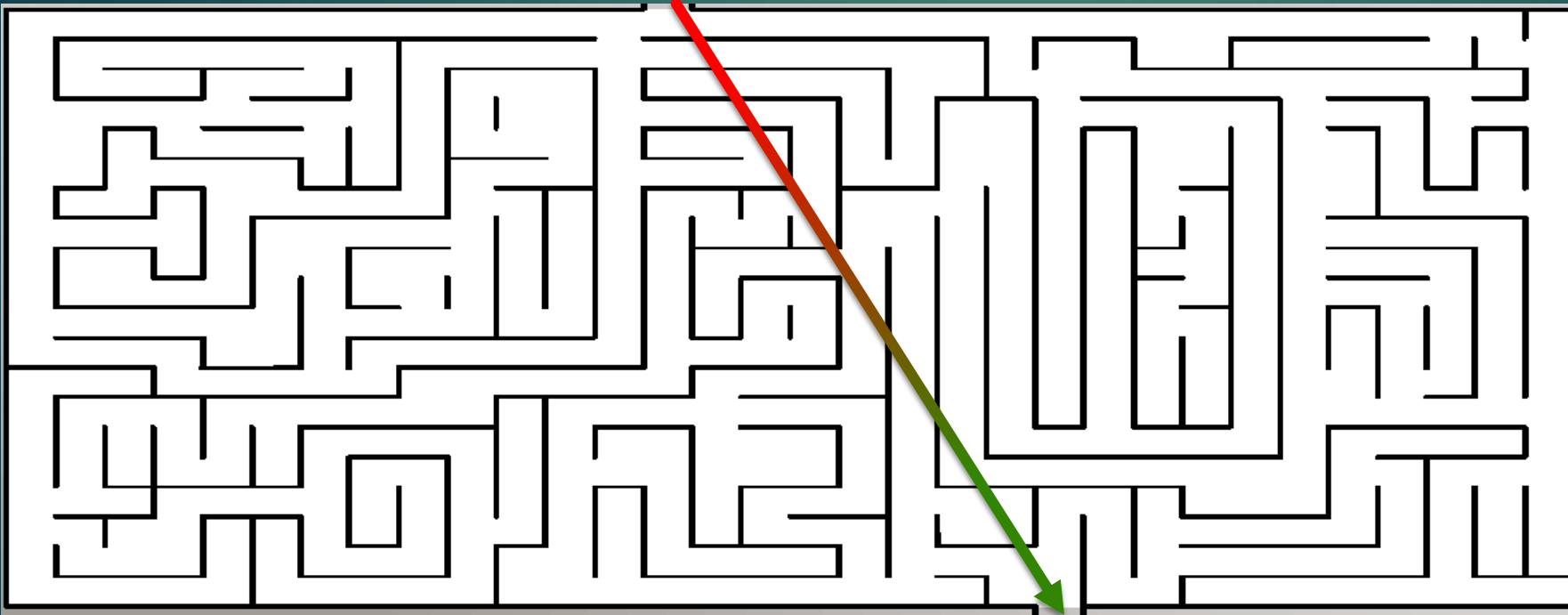
A Six Sigma stratégia



Hogyan segít a stratégia?

- ▶ Labirintus
 - ▶ Nincs segédeszköz
 - ▶ Biztosan tudjuk, hogy van kijárat

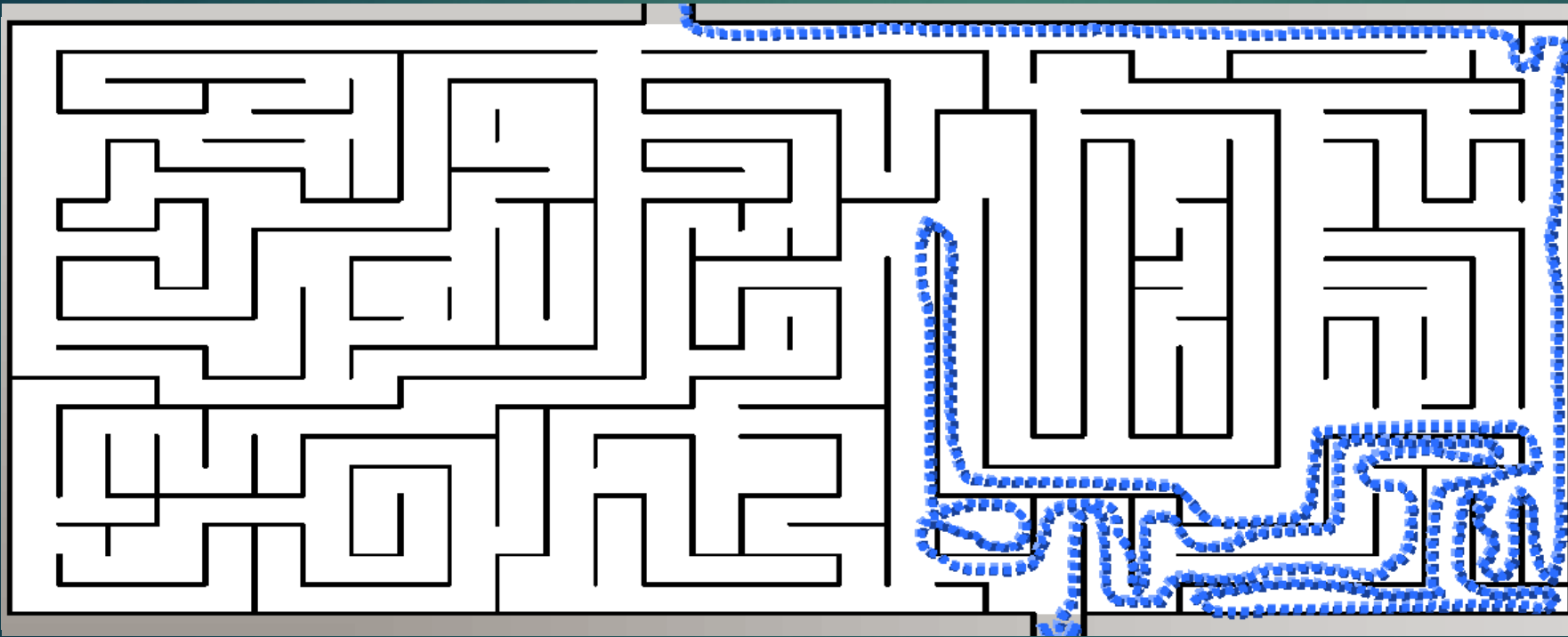
Itt vagy most



Ide akarsz eljutni

Hogyan segít a stratégia?

- ▶ Szisztematikus
- ▶ Eredményre vezet



A fekete öves mester

Black Belt
Projekt vezető
Mentor, tréner



101 things a Black Belt should know

<https://www.pyzdekstitute.com/blog/six-sigma/101-things-a-black-belt-should-know.html>

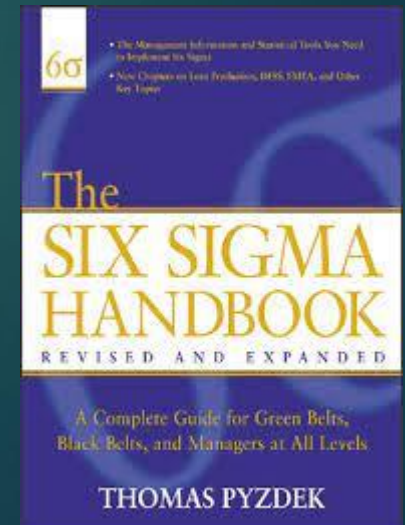
101 Things a Black Belt Should Know

By Thomas Pyzdek / in Six Sigma / 3 Comments

1. In general, a **Lean Six Sigma Black Belt** should be quantitatively oriented.
2. With minimal guidance, the Six Sigma Black Belt should be able to use data to convert broad generalizations into actionable goals.
3. The Six Sigma Black Belt should be able to make the business case for attempting to accomplish these goals.
4. The Six Sigma Black Belt should be able to develop detailed plans for achieving these goals.



98. The Six Sigma Black Belt will demonstrate the ability to create and read a fault tree.
99. Given distributions of strength and stress, the Six Sigma Black Belt will be able to compute the probability of failure.
100. The Six Sigma Black Belt will be able to apply statistical tolerancing to set tolerances for simple assemblies. He will know how to compare statistical tolerances to so-called "worst case" tolerancing.
101. The **Six Sigma Black Belt** will be aware of the limits of the Six Sigma approach.



Szereplők

Menedzsment

Célkitűzés
Nyomon követés
Erőforrások

Master Black Belt

Tanácsadó
Mentor/coach

Black Belt

Projekt vezető
Mentor, tréner
Főállású
problémamegoldó

Green Belt

Tény alapú döntés
Biztonság, stabilitás
Kisebb projektek

White/Yellow Belt

Adatok megértése
A módszer ismerete
Részvétel projektekben



Így működik egy Six Sigma projekt



DEFINÍCIÓ

- Mi a projekt célja?
- Ki a vevőm?
- A jelenlegi helyzet
- Az elvárt helyzet
- A projekt működési területe
- Megoldandó feladatok
- Határidő



SZABÁLYOZÁS

- Az új folyamatképesség meghatározása
- Minőségrendszer kiépítése
 - Szabályozótervek (SPC) meghatározása
 - Folyamatutasítások leírása
 - Hosszútávú mérőeszköz terv
 - Karbantartási tervek
 - Változtatások szabályozása



MÉRÉS

- Melyek a kulcs mérőszámaim?
- Milyen mérőrendszert használok?
- Hogyan szerzek adatokat?
- Hogyan fogom mérni a fejlődést?

ELEMZÉS

- Mi a jelenlegi teljesítményem?
- Mire lennék képes?
- Erőforrás szükségletek
- Gyökérok elemzés
- Mik a lényeges bemeneti változók?
- Statisztikai hipotézisvizsgálatok

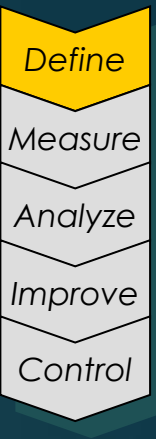
FEJLESZTÉS

- A kulcsbemenetek véglegesítése
- A fő és kereszthatások elemzése
- A kulcsbemenetek optimalizálása
- Az elvárt helyzet
- A kulcsbemenetek türesezése
- Az optimalizálás kísérleti elemzése



Projekt definíció

Üzleti probléma



- ▶ Mi a probléma üzleti háttere?
 - ▶ Kik a vevők? Mik az előírásaik, elvárásaik a termékkel kapcsolatban? (CTQ, VOC)
 - ▶ Miről szól a projekt? A projekt határai?
 - ▶ Mit és mikorra kell teljesíteni?
 - ▶ A javítandó folyamat? Mely folyamatparamétereket vizsgálunk?
-
- ▶ Belemenni a probléma részleteibe! (VOC)
 - ▶ Feladatkiírássá konvertálni a problémaérzetet!



COPQ – a gyenge minőség ára

- ▶ Cost of Poor Quality
- ▶ A hibák feltárásának, javításának, megelőzésének költségein túl:
 - ▶ A vevőnek nem megfelelés rejtett költségei
 - ▶ A rejtve maradó hatékonyság fejlődés
 - ▶ A nagyobb profit rejtve maradó lehetősége
 - ▶ Rejtett munkaerő költségek (pl. anyagrendelés)
- ▶ „Ahol nincs kimutatva a COPQ, ott az általában magasabb, mint a profit margin”

A gyenge minőség ára

A megelőzés költségei

- Minőség tervezés
- Beszállító ellenőrzés, fejlesztés
- Új termék felülvizsgálat
- Poka-yoke módszerek
- Képesség fejlesztés
- Minőségfejlesztő projektek
- Minőségfejlesztő oktatások

Az ellenőrzés költségei

- Bejövő áru ellenőrzés
- Folyamat-tesztek
- Végtermék teszt
- Auditok
- Mérő- és gyártóeszközök kalibrálása

Belső hibák költségei

- Újramegmunkálás
- Selejt
- Újratervezés
- Hiba analízisek
- Újra tesztelés
- Leminősítés
- Leállítás

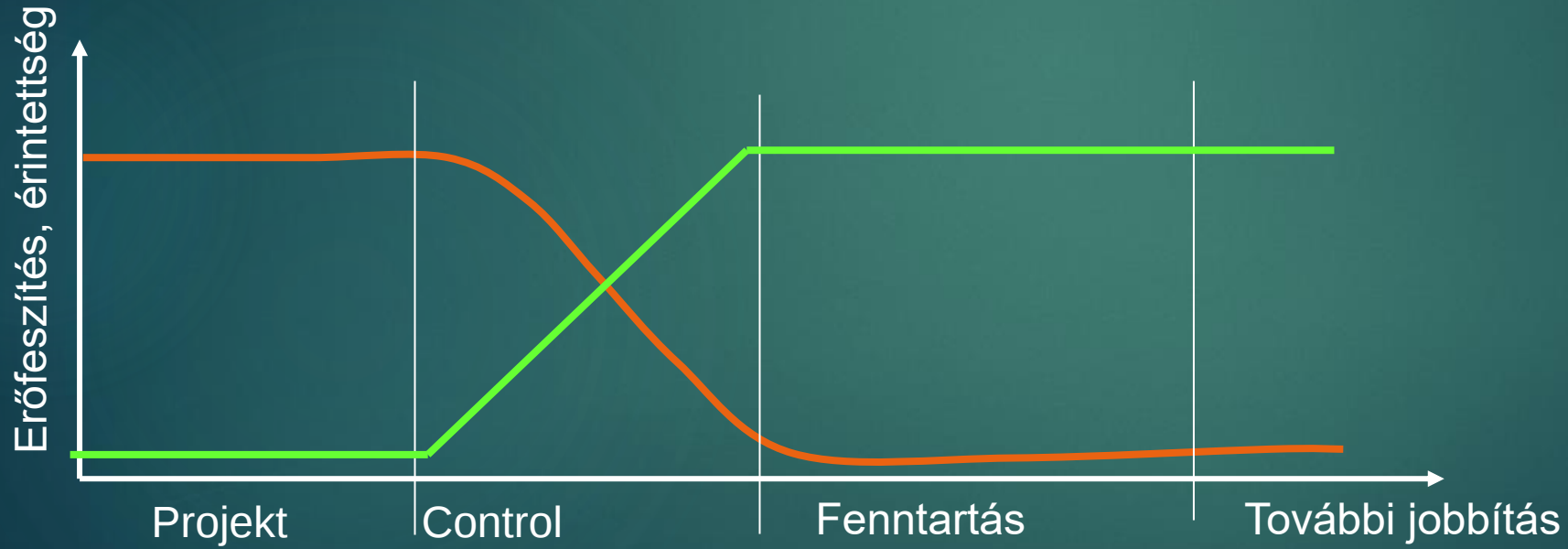
Külső hibák költségei

- Reklamációk (garancia alatt)
- Reklamációk (garancia után)
- Javítási költségek
- Termékfelelősség
- Vásárlói elégedetlenség
- Elvesztett eladások

Feladatok és szerepek

**Green Belt /
Black Belt**

**Process
Owner**



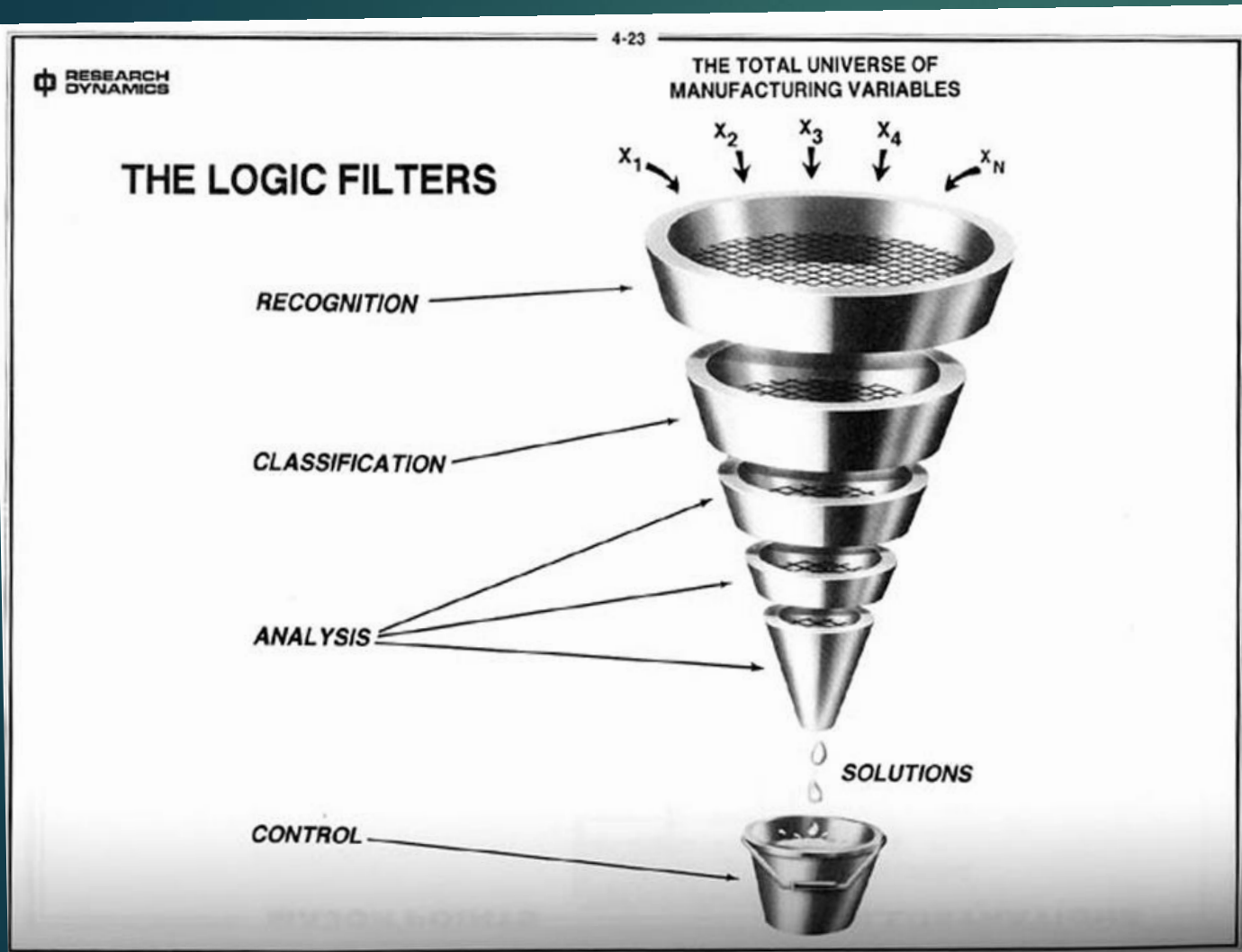
Adatgyűjtés, mérés

Gyakorlati probléma



- ▶ Mi a kiindulási állapot? (probléma: aktuális vs elvárt)
- ▶ Honnan tudjuk, hogy valóban ez a probléma? (másodlagos mérőszám)
- ▶ A mérőszámok mennyire hitelesek és megbízhatóak?
- ▶ A folyamatot tudjuk megfelelő adatokkal jellemezni?
 - ▶ A folyamatra vonatkozó adatgyűjtés megtervezése
 - ▶ Sokféle adat gyűjtése a hibák és mutatók meghatározása céljából (demográfia)
- ▶ Hogy fogom mérni a projekt előrehaladtát, sikerét? (elsődleges mérőszám, sikerkritérium)
- ▶ Pontos, technikai szemléletű probléma meghatározás az adatok elemzése után
- ▶ **Potenciális X-ek halmaza ($y=f(x)$)**

A logikus problémamegoldás



Define

Measure

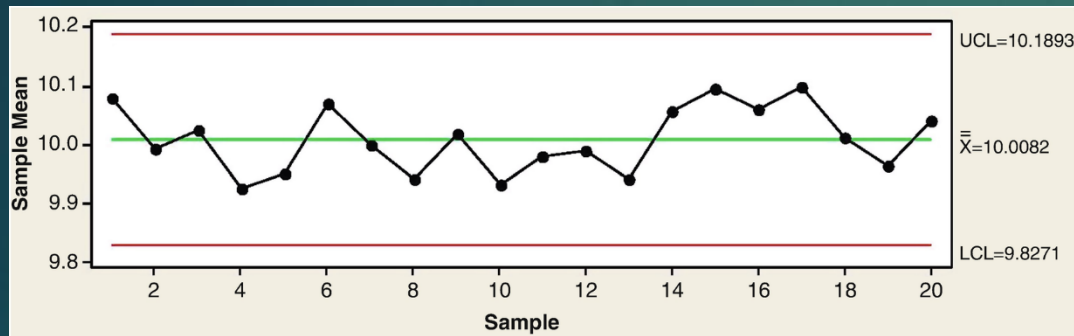
Analyze

Improve

Control

$$y = f(x)$$

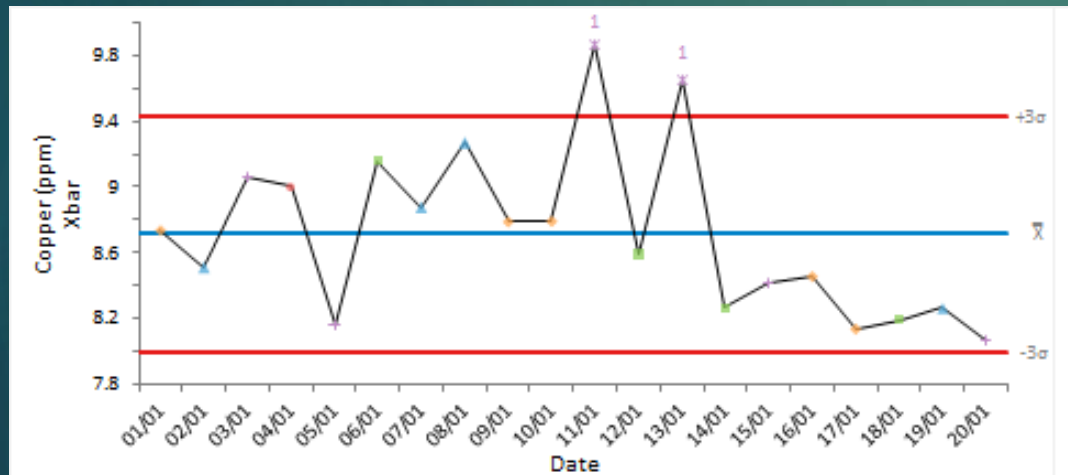
Milyen a folyamat ingadozásképe?



„**Stabil**” = Statisztikai értelemben szabályozott

Feladat:

- **Beállítani a középpontot**
- **Csökkenteni a szórást**



Nem stabil = veszélyes zavarokkal terhelt

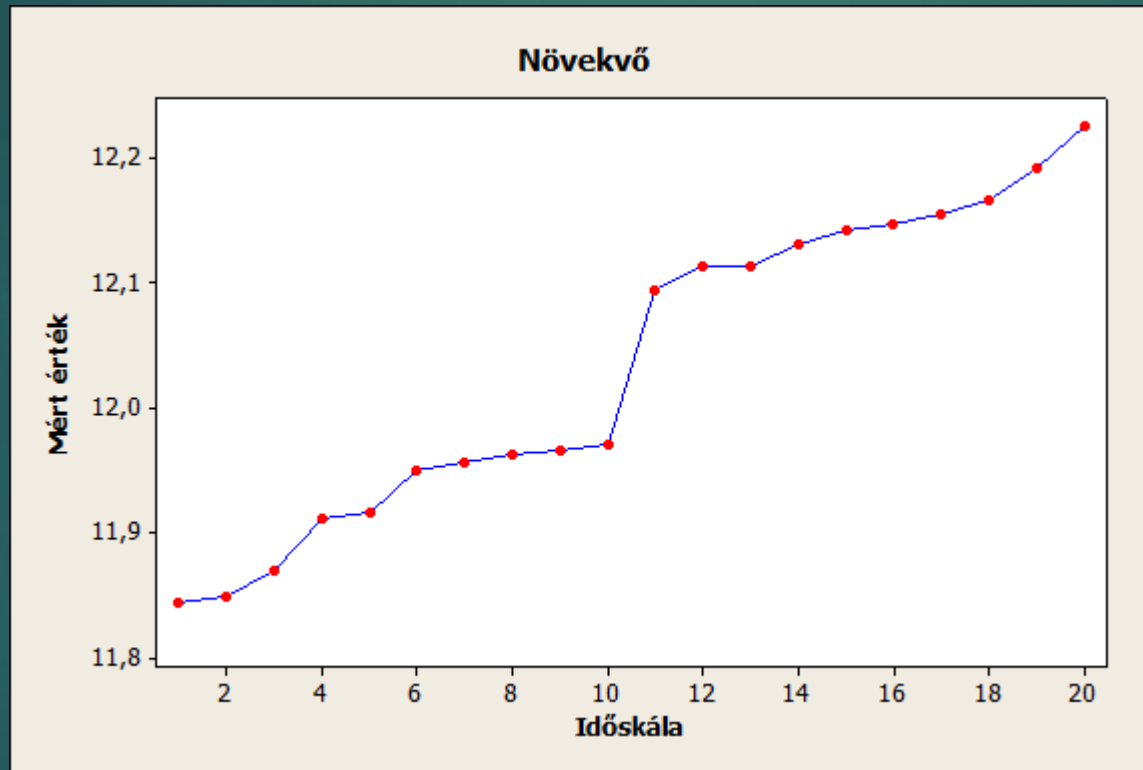
Feladat: Feltárni és megszüntetni a zavart

Hogyan okoskodott Shewhart?

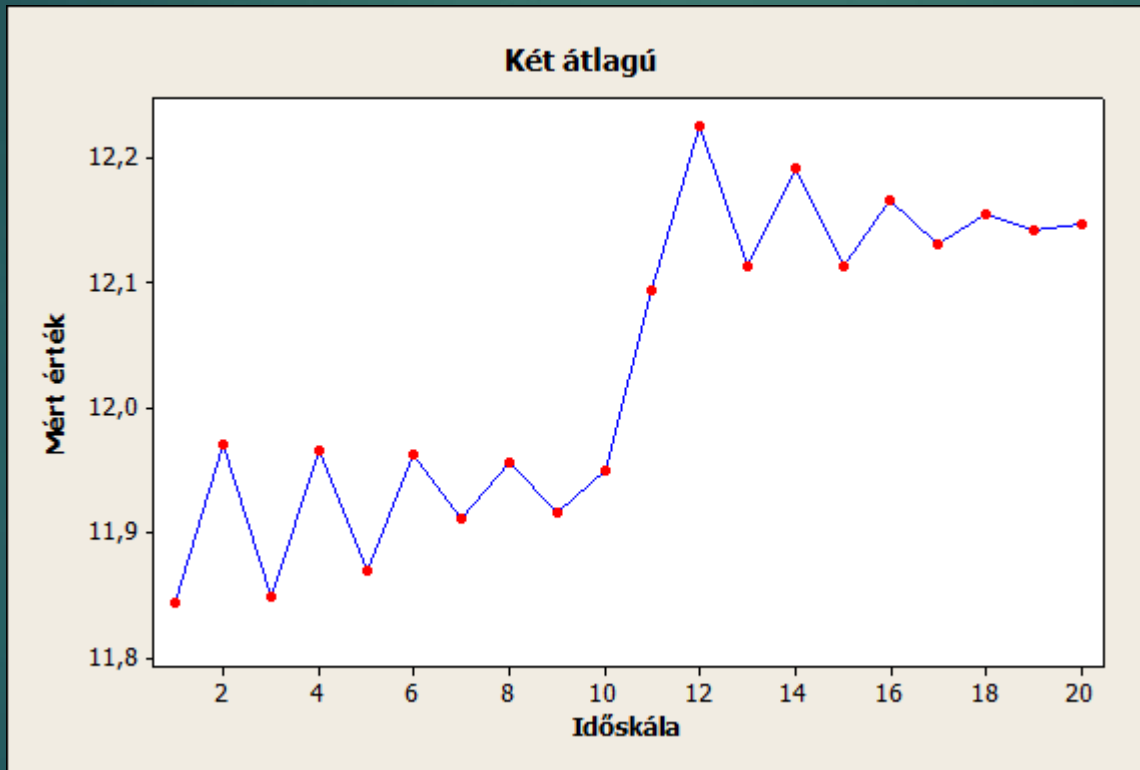
- ▶ „Egy folyamatot akkor nevezünk stabilnak, statisztikailag kézben tartottnak, „szabályozottnak”, ha az ingadozás
 - ▶ véletlenszerű,
 - ▶ időben állandó,
 - ▶ nincsenek jól felismerhető és megnevezhető okai,
- ▶ és a vizsgált jellemző jövőbeni értékei statisztikai módszerekkel megadható határok között ingadoznak.”



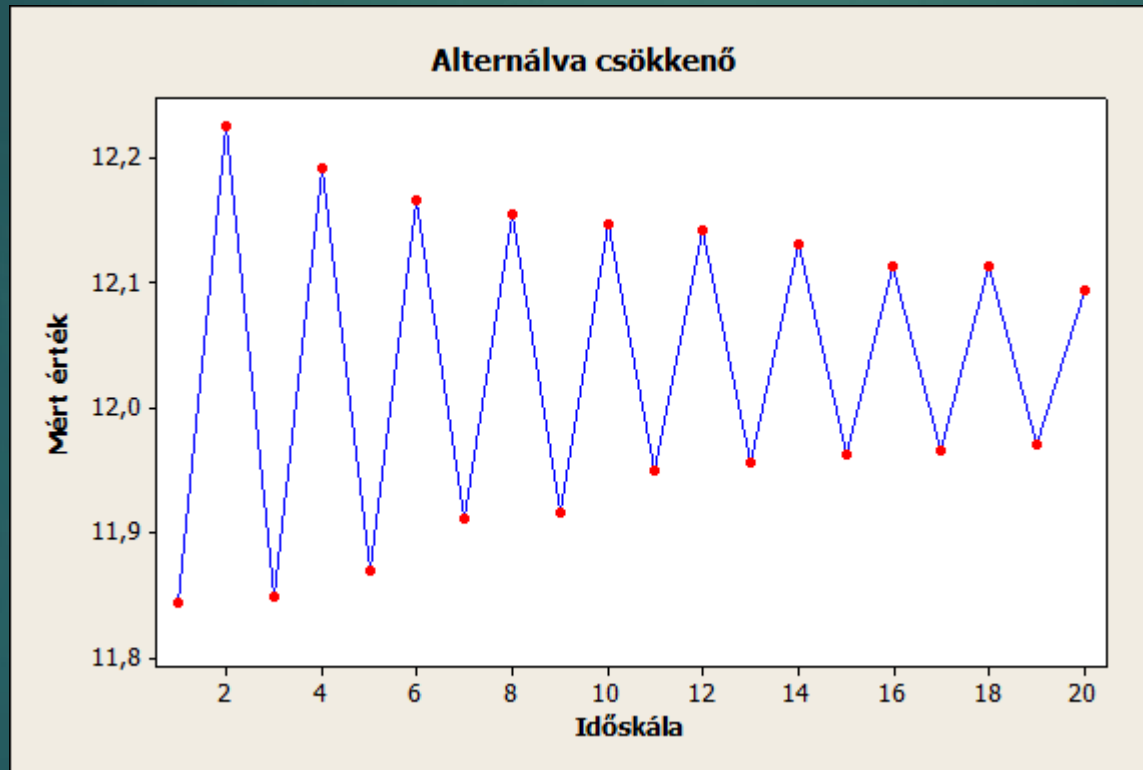
Milyen a folyamat időbeni lefutása?



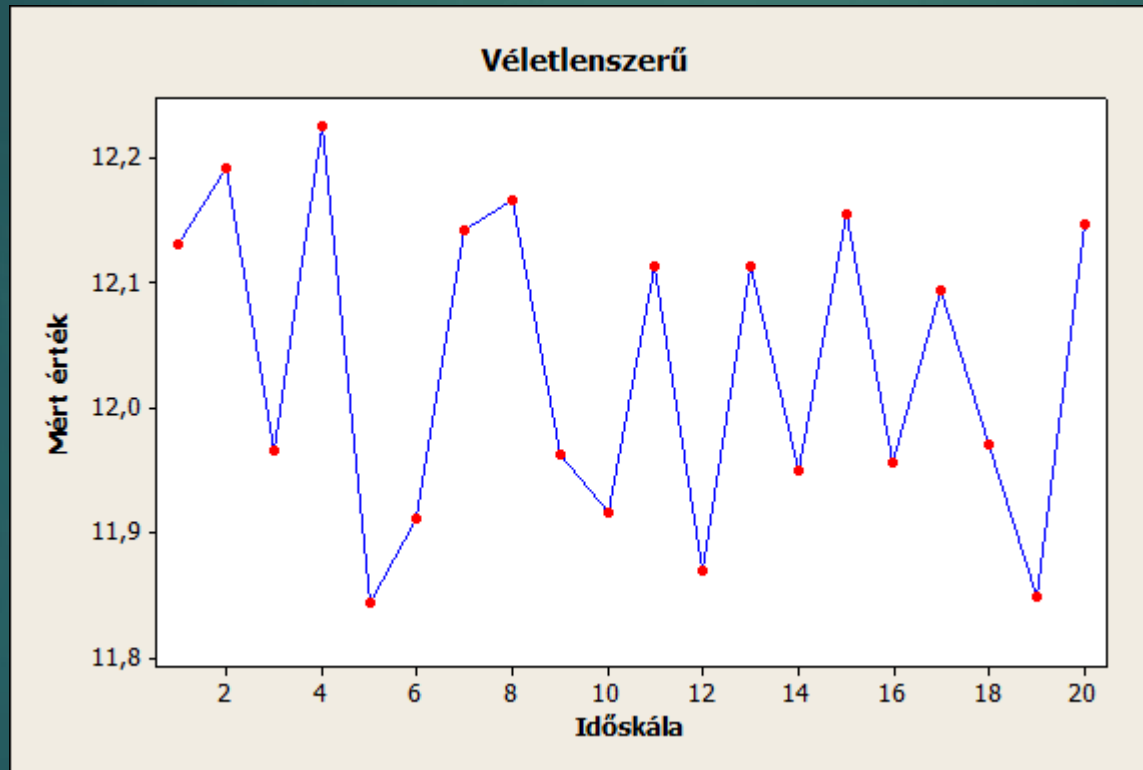
Milyen a folyamat időbeni lefutása?



Milyen a folyamat időbeni lefutása?



Milyen a folyamat időbeni lefutása?

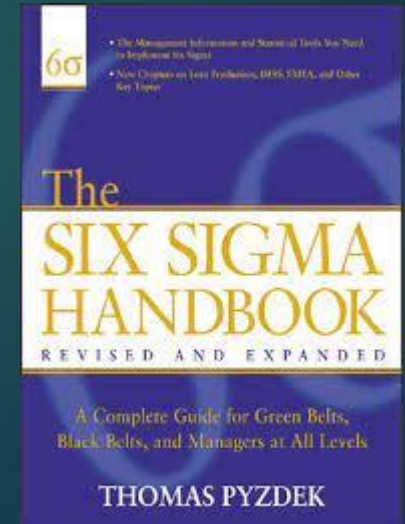


Mérési hiba

„Bármely adat, eredmény lehet rossz is!”

T. Pyzdek

Nem mindegy, mennyire rossz!

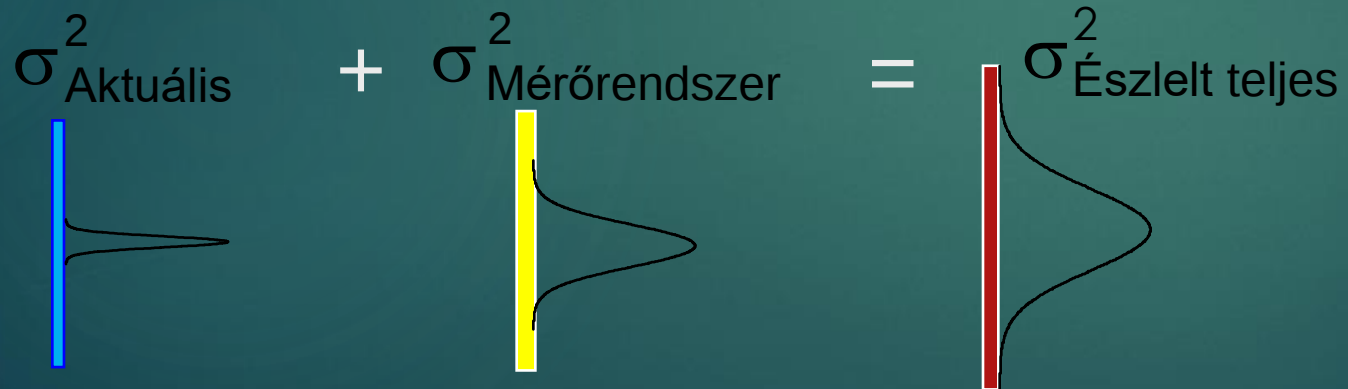


A mérésről

Pyzdek törvénye:

- ▶ „Bármely adat, eredmény lehet rossz is!”

Észlelt érték = valódi érték + mérési hiba



Mérési hiba

Észlelt érték = valódi érték + mérési hiba

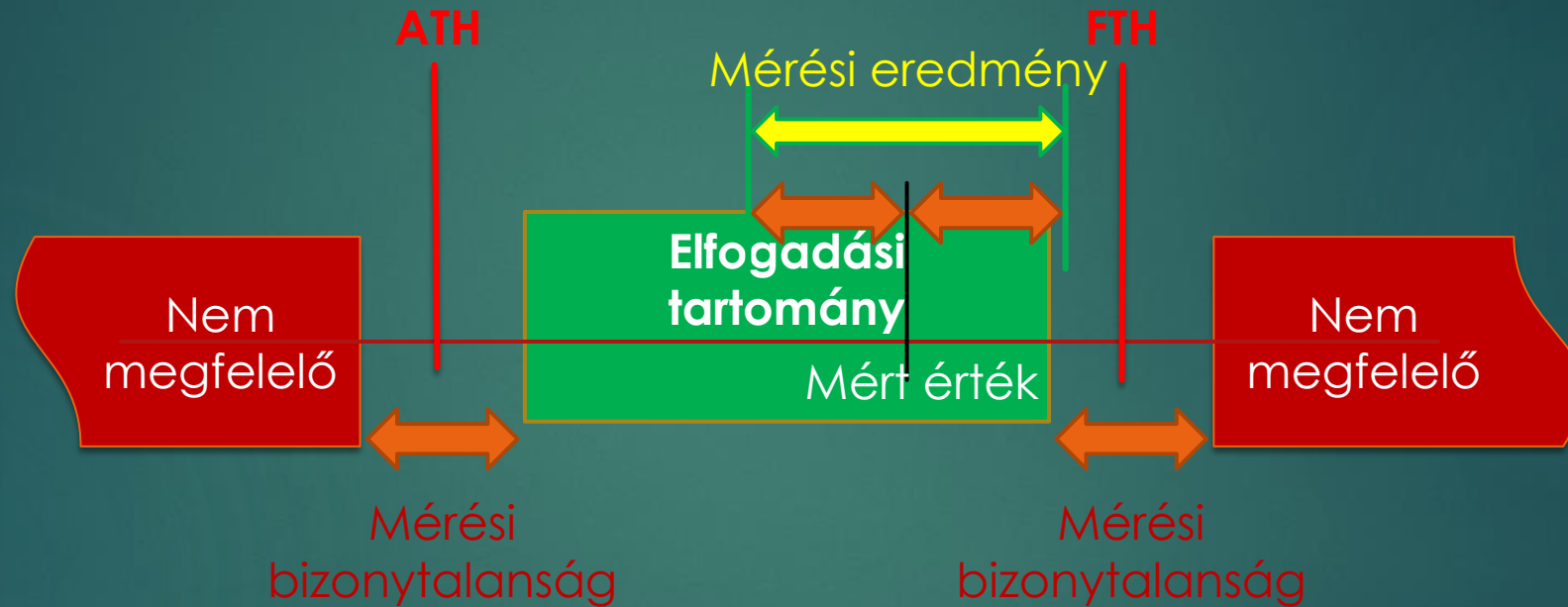
Teljes variancia = termék variancia + mérés variancia

Minimalizálás

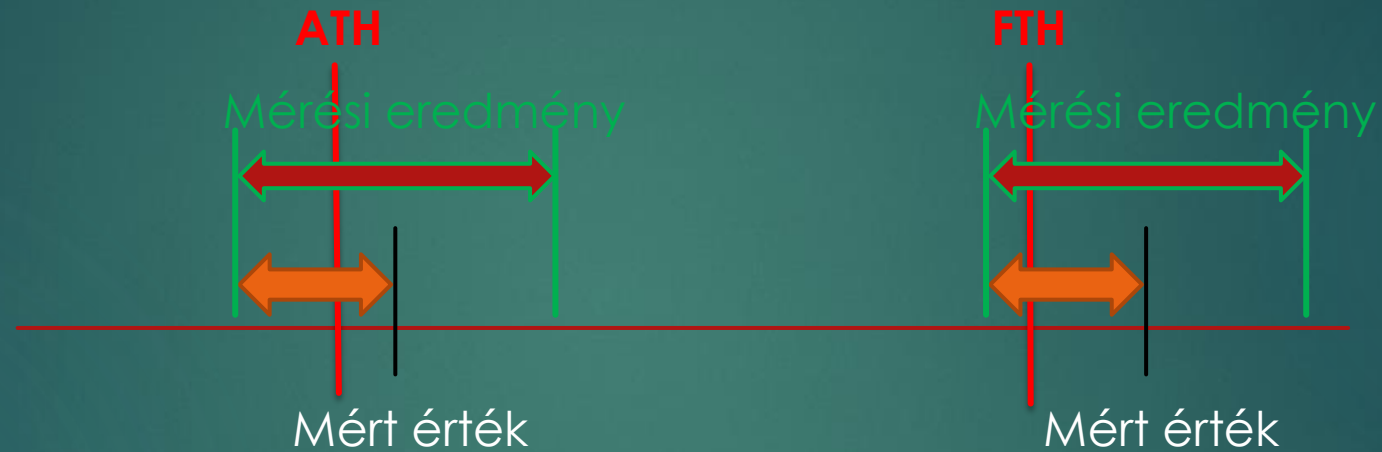
Eltérés = véletlen hiba + rendszeres hiba



A megfelelőség bizonyítása



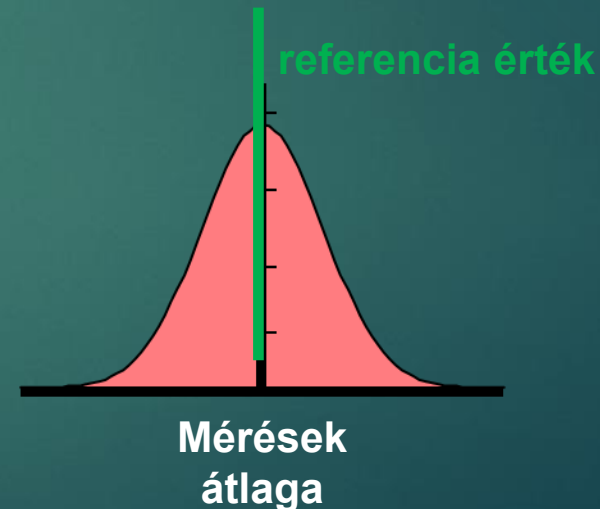
A bizonytalan tartomány



A mérési bizonytalanság vitatható döntésekhez vezet.

Ismétlőképesség

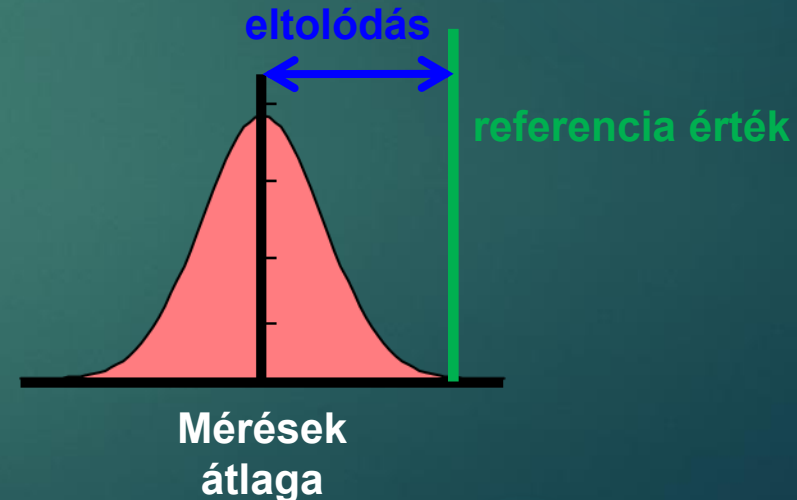
- ▶ Azonos használati és környezeti feltételek
- ▶ Azonos mérési módszer
- ▶ Azonos mérőszemély
- ▶ Azonos mérőeszköz
- ▶ Azonos mérési hely
- ▶ Rövid időtartamon belül
- ▶ 25+ mérés



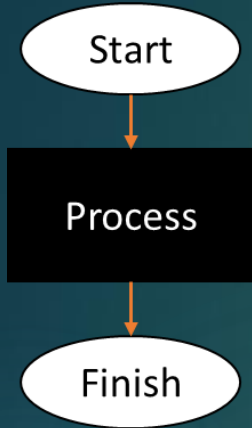
Torzítás, eltolódás (bias)

- ▶ Rendszeres hiba
- ▶ Azonos feltételek között végzett sok méréséből képezett középérték és a mérendő mennyiség valódi értéke közötti különbség.

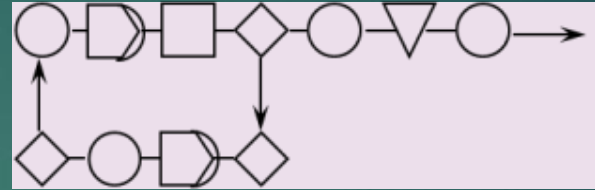
$$\mu_{teljes} = \mu_{folyamat} + \mu_{mérés}$$



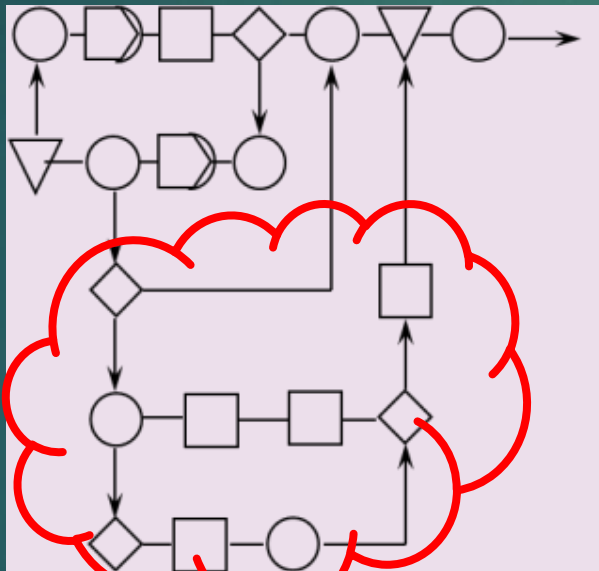
Folyamattérkép



Felbontjuk a fekete dobozt.
Azt reméljük, ilyen a folyamat:



bár csak ennyit dokumentáltak:



... és végül ilyennek találjuk.

A rejtett üzem

Teknősbéka – a folyamatelemek modellje

Milyen eszközökkel?

Erőforrások
Felszerelés

Ki hajtja végre?

Személyzet
Tudás, rutin

Inputok

Honnan?
Kitől?
Milyen
formában?

Hogyan hajtja végre?

Módszer
Előírások
Dokumentáció

Folyamat

Céltudatos
értékteremtő
tevékenységek

Kimenet

Hová?
Kinek?
Milyen
formában?

Milyen eredménnyel?

Teljesítmény-mutatók
Eredményesség
Hatékonyság mérés

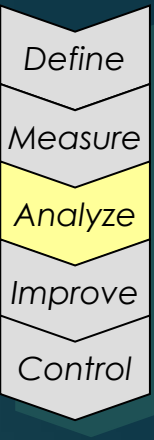
 A potenciális **X**-ek listája

Elemzés – az okok és faktorok keresése

Statisztikai probléma

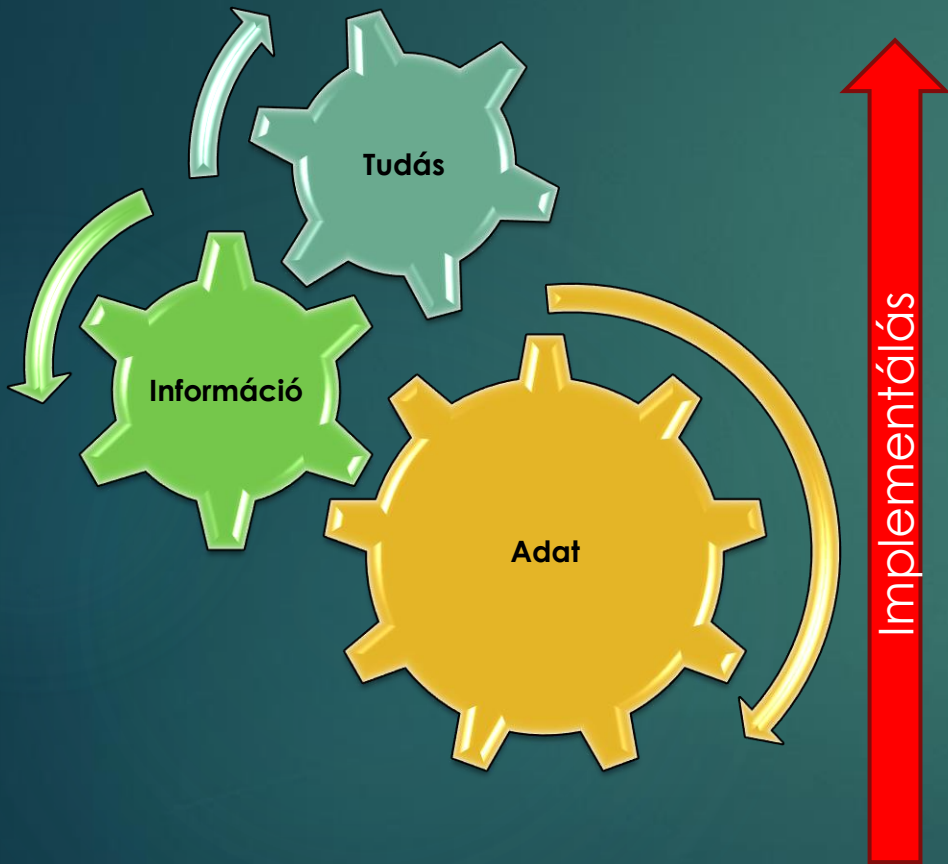
- ▶ Mik azok a lényeges tényezők, melyek eltérítik a folyamatot az ideális működésétől?
- ▶ A hibák (ingadozás) lehetséges és valódi okai és a fejlesztési lehetőségek
- ▶ Néhány fő okra koncentrálni
- ▶ A gyökér okok ellenőrzése – ki-be kapcsolható?
- ▶ Meghatározni az elérhető előnyöket (\$)
- ▶ **Valóban kritikus X felismerése**
- ▶ **Hatásvizsgálat**

$$y=f(x)$$



Kérdések – Tervezés

Hiba: csináljuk,
tervezés nélkül!

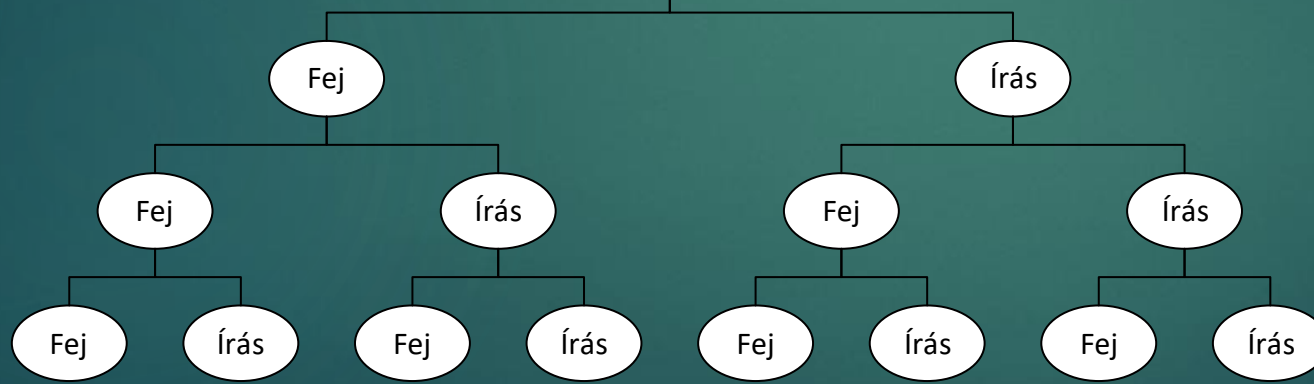


- ▶ Mit szükséges tudni?
- ▶ Hogyan teszed megismerhetővé?
- ▶ Milyen eszköz adja ezt az eredményt?
- ▶ Milyen adatokra van szükség az eszköz használatához?
- ▶ Hogyan és hol jutsz hozzá ezekhez az adatokhoz?

Hipotézis vizsgálatok

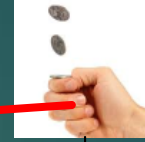
Példa: tudni akarom, hogy egy érme hamis vagy nem.

- Elhatározom, hogy 10 alkalommal feldobom az érmét és a fejek számát számolom.
- Azt feltételezem, hogy egy normális érme kb. 50% valószínűséggel esik mind a fej, mind az írás oldalára.

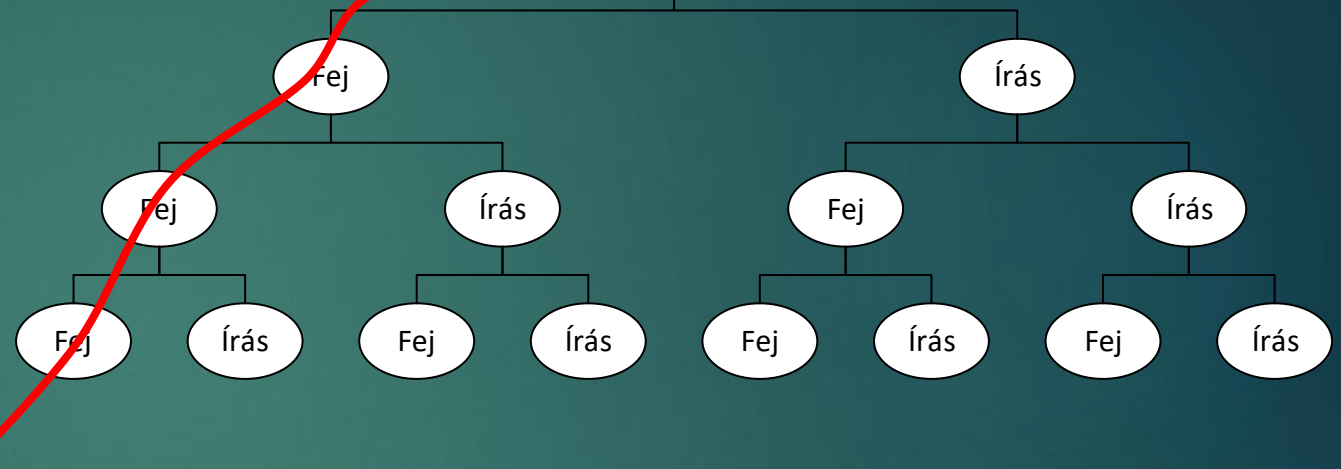


Hipotézis vizsgálatok

Példa: tudni akarom, hogy egy érme hamis vagy nem.



10 dobás $\rightarrow 2^{10}$ lehetséges kimenet



- Annak az esélye, hogy 10 dobásból mind a 10 fej, egy az 1024-ből, normál érme esetében.
- Ha ezt az eredményt kapom, azt mondhatom, hogy 99,9%-ban biztos vagyok abban, hogy az érme manipulált vagy azt, hogy 0,1% az esélye annak, hogy tévedek, amikor azt mondom, hogy az érme manipulált.

Hipotézis vizsgálatok

		A folyamat valamely tulajdonsága	
		megváltozott	nem változott meg
A minta alapján a változás tényét	elfogadjuk		
	nem fogadjuk el		

Jobbítás

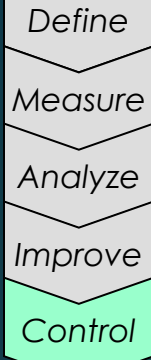
Statisztikai megoldás



- ▶ Milyen tevékenységek szükségesek a jobbításhoz?
- ▶ Mely tényezőket kell megváltoztatni?
- ▶ Hogyan optimalizálhatjuk a folyamatot?
- ▶ Mik azok a beállítások, amelyeknél a folyamat ideálisan működik?
- ▶ Mi lesz a jövőbeni állapot? A folyamattérkép aktualizálása a kívánatos/új állapotra
- ▶ Hogy vezetjük be?
- ▶ Költség elemzés
- ▶ **Megvalósítási terv**

Szabályozás, fenntartás

Gyakorlati megoldás



- ▶ Hogy gondoskodunk a jobbított állapot fenntartásáról?
- ▶ Egy folyamatosan követő ellenőrző rendszer kidolgozása, evolúciója
- ▶ Teljesítettük a Define fázisban megnevezett célokat?
(Határidő, minőség, költség, megtakarítás)
- ▶ Hogyan bizonyosodunk meg, hogy teljesült a projekttel szemben támasztott elvárás?
- ▶ Mi módon kontrolláljuk a kockázatot?
- ▶ Elkészült a projekt beszámolója? Kinek számolunk be?
- ▶ **Fenntartási terv**
- ▶ **Dokumentáció**

Algoritmikus problémamegoldás

- ▶ Végrehajtható lépések sorozata
- ▶ **Pontos végrehajtást igényel**
- ▶ Véges számú lépés
- ▶ A végrehajtó számára világos a lépés munkatartalma
 - ▶ Az elemi lépés “magáért beszél”
 - ▶ Képes is végrehajtani

Tervezhető az erőforrásigény

Eredményre vezet

Logikus, ellenőrizhető

Munkaigényes

Lassú?

Fegyelem, következetesség

Ha nincs megoldás...



Mit fog tenni a vezetőd?

- ▶ Meghallgat.
- ▶ Kérdez.
 - ▶ Hol tartunk most?
 - ▶ Mit jelent ez? Hogyan értelmezhetjük?
 - ▶ Ezt mi mutatta meg? Milyen evidenciánk van?
 - ▶ Honnan tudjuk? Mennyire lehetünk benne biztosak?
 - ▶ Mihez kezdünk ebben a helyzetben, ezzel a tudással?
 - ▶ Mit tervez most a csapat? Milyen eredményt vársz tőle?
 - ▶ A jövő héten miről fogsz beszámolni?
 - ▶ Van-e szükséged segítségre? Látsz-e kockázatot valamiben?



Heti beszámoló felépítése

Ezt terveztem

Ez lett az eredménye

Jövő hétre ezt az eredményt fogom hozni

Ebben kérek segítséget

Így működik egy Six Sigma projekt



DEFINÍCIÓ

- Mi a projekt célja?
- Ki a vevőm?
- A jelenlegi helyzet
- Az elvárt helyzet
- A projekt működési területe
- Megoldandó feladatok
- Határidő



SZABÁLYOZÁS

- Az új folyamatképesség meghatározása
- Minőségrendszer kiépítése
 - Szabályozótervek (SPC) meghatározása
 - Folyamatutasítások leírása
 - Hosszútávú mérőeszköz terv
 - Karbantartási tervek
 - Változtatások szabályozása



MÉRÉS

- Melyek a kulcs mérőszámaim?
- Milyen mérőrendszert használok?
- Hogyan szerzek adatokat?
- Hogyan fogom mérni a fejlődést?

ELEMZÉS

- Mi a jelenlegi teljesítményem?
- Mire lennék képes?
- Erőforrás szükségletek
- Gyökérok elemzés
- Mik a lényeges bemeneti változók?
- Statisztikai hipotézisvizsgálatok

FEJLESZTÉS

- A kulcsbemenetek véglegesítése
- A fő és kereszthatások elemzése
- A kulcsbemenetek optimalizálása
- Az elvárt helyzet
- A kulcsbemenetek türesezése
- Az optimalizálás kísérleti elemzése

