

# **Paradigmaváltás a roncsolásmentes vizsgálatban – Úton az NDE 4.0 felé**

Dr. Trampus Péter

**XIII. Roncsolásmentes Anyagvizsgáló Konferencia és Kiállítás**

**Eger, 2023. 03. 21–23.**

# Korunkat meghatározó folyamatok

## Globalizáció

Világ méretű rendszereket létrehozó folyamatok összessége a gazdaság, a technika, a pénzügy, a politika és a kultúra területén

## Digitalizáció

Az információs (*kommunikáció által vezérelt*) társadalom és gazdaság kialakulása

## Technológia forradalma (*Ipar 4.0*)

A fizikai és a digitális világ közötti híd (*hálózatot alkotó kiber-fizikai rendszerek*) kiépítése és az internet alapú gazdaság megteremtése

# A technológia forradalmai

	<b>Forradalmi innováció</b>	<b>Legfontosabb eszköz</b>	<b>Technológia alapja</b>
(0.0)	(Kézművesség)	Tűz, szerszám	Izomerő
első	Gépesítés	Gőzgép, megújuló energia	Szén, vas
második	Tömeggyártás	Kémiai és fizikai felfedezések, gyártósor	Villamosság
harmadik	Automatizálás	Digitális technológia, robot	Mikroelektronika
negyedik	Hálózatépítés	Információ	Számítógép tudomány

# Az ipari forradalmak elnevezéséről

- Az első három ipari (technológiai) forradalmat történészek deklarálták – *utólag*
- A negyedik ipari forradalom a szoftverek frissítésének megkülönböztetésére használt **4.0** jelölést használja
- A folyamatok természete miatt illik rá a negyedik ipari (technológiai) forradalom kifejezés

**A történelem fogja eldönteni az elnevezés használatának a jogosságát!**

## Ipar 4.0

- **Definíció** (Európai Parlament, 2016):

*A termelési folyamatok olyan szervezése, amelynek keretében az eszközök önállóan kommunikálnak egymással az értéklánc mentén: a jövő olyan „okos gyárat” hozva létre ezzel, amelyben a számítógép-vezérelt rendszerek nyomon követik a fizikai folyamatokat, létrehozzák a fizikai valóság virtuális mását és decentralizált döntéseket hoznak önszervező mechanizmusok alapján.*

- **Célja:**

*A technológia olyan alkalmazása, ami a gazdasági fejlődéshez és a társadalmi problémák megoldásához egyidejűleg járul hozzá  
(a japán kormány definiálta a **Society 5.0** fogalmat, mint az Ipar 4.0 célját!)*

# Az Ipar 4.0 kisugárzása

- Szakági koncepciók követik – ezek egyike az **NDE 4.0**

**NDE = Non-Destructive Evaluation** (NDT = Non-Destructive Testing)

- Intenzív, koordinált tevékenység folyik a világ roncsolásmentes vizsgáló közösségében → az irány: **NDE 4.0**

## **Paradigmaváltás:**

*Adott korszakban általánosan elfogadott elveken, megoldási módszereken való változtatás, amely hatékonyabb, jobb, az új kihívásoknak megfelelőbb, eredményesebb megoldásokhoz vezet; átlépi a korábbi határokat, új megközelítési és szemléleti módot vezet be.*

# Paradigma váltás – NDE 4.0

- Az **NDE 4.0** a roncsolásmentes vizsgálat új útja
- Nem lehetőség, hanem **szükségyszerűség**
- Nagy adattömeg feldolgozása, mesterséges intelligencia alkalmazása
- Meglévő elemek fejlett hálózatának kialakítása a digitális kor eszközeivel és az információk felhasználásával a jövő piaci igényeinek a kielégítésére
  - Vigyázat: a jövő piaci igényei nem azonosak a jelenével (pl. az additív gyártás lehet: „egyedi tömeggyártás” is)!
- Megváltoztatja a gazdaságot
- Megváltoztatja magát a roncsolásmentes vizsgálatot
- Változást igényel több területen, pl. a vizsgálók és a mérnökök képzésében
- **Mind a három meghatározó folyamat szerepet játszik benne**

# Az NDE 4.0 története

## 2017:

- Fogalom bevezetése (*Iowa State University, USA*)
- Német Roncsolásmentes Vizsgálati Társaság (*DGZfP*) „ZfP 4.0” bizottságot alapított

## 2019:

- Amerikai Roncsolásmentes Vizsgálati Társaság (*ASNT*) „NDE 4.0” bizottságot alapított

## 2019:

- Nemzetközi Roncsolásmentes Vizsgálati Bizottság (*ICNDT*) „NDE 4.0” nemzetközi szakértő csoportot hozott létre

## 2020:

- Európai Roncsolásmentes Vizsgálati Szövetség (*EFNDT*) „NDE 4.0” munkacsoportot hozott létre



# Az NDE 4.0 definíciója

MI ?

- **Kíber-fizikai roncsolásmentes vizsgálati rendszer,**  
*ami*

HOGYAN?

- **az Ipar 4.0 digitális technológiái, a hagyományos, fizikai NDE eljárások és üzleti modell összefonódásából keletkezett,**  
*hogy*

MIÉRT?

- **a vizsgálat teljesítőképességét, a szerkezeti megbízhatóság elemzés és általában a biztonsággal és a minőséggel kapcsolatos döntéshozatalt javítsuk,**  
*valamint*
- **a tervezés, a gyártás, az üzemeltetés és a fenntarthatóság céljainak megfelelő adatokat szolgáltatassunk**

*(munkaverzió)*

# Az Ipar 4.0 / NDE 4.0 megvalósulásának feltételei

- A folyamatok információ nyelvére történő „lefordítása” (*informatization*)
- Digitalizálás (*digitization, digitalization*)
- A digitális adatok átláthatósága (adatok formája)
- Hálózat építés
- Nyílt, szabványos interfészek
- Szemantikai átjárhatóság
- Ezek teszik lehetővé
  - a gépek, a rendszerek és a komplex létesítmények közötti akadálytalan adatforgalmat,
  - az adatok újra felhasználását,
  - a trendelemzést,
  - a mesterséges intelligencia alkalmazását

# NDT / NDE forradalmak

	Forradalmi innováció	Legfontosabb eszköz	Technológia alapja
(0.0)	(Megfigyelés)	Egyszerű szerszám	Érzékelés
első	Eljárások (nem írott)	Optikai elemek, korom, olaj, kréta	Eljárások
második	Az anyag belsejébe nézés	Kémiai és fizikai felfedezések, pl. ultrahang, elektromágneses hullám	Villamosság
harmadik	Számítógép és automatizálás	Digitális technológia, robot	Mikroelektronika
negyedik	Hálózatépítés, adat forgalmazás	Információ	Számítógép tudomány

4.0

Bonyolultság foka

3.0

**NDE**

2.0

**Ipar**

1.0

**(0.0)**

**1.0**

**2.0**

**3.0**

**4.0**

**Gépesítés kora**

**Információ kora**

**Intelligencia kora**

**Érzékelés**  
(szem, fül, kéz)

**Érzékelés javítása eszközökkel**  
(VT, PT)

**Érzékelés kiterjesztése**  
(analóg ET, MT, RT, UT)

**Digitális érzékelés, vizualizálás**  
(RTD, CT, PAUT, TFM, FMC)

**Összekapcsolt kiber – fizikai rendszerek**  
(dolgozók internete, információ átláthatósága, autonómia, mesterséges intelligencia, gépi tanulás, digitális iker,...)

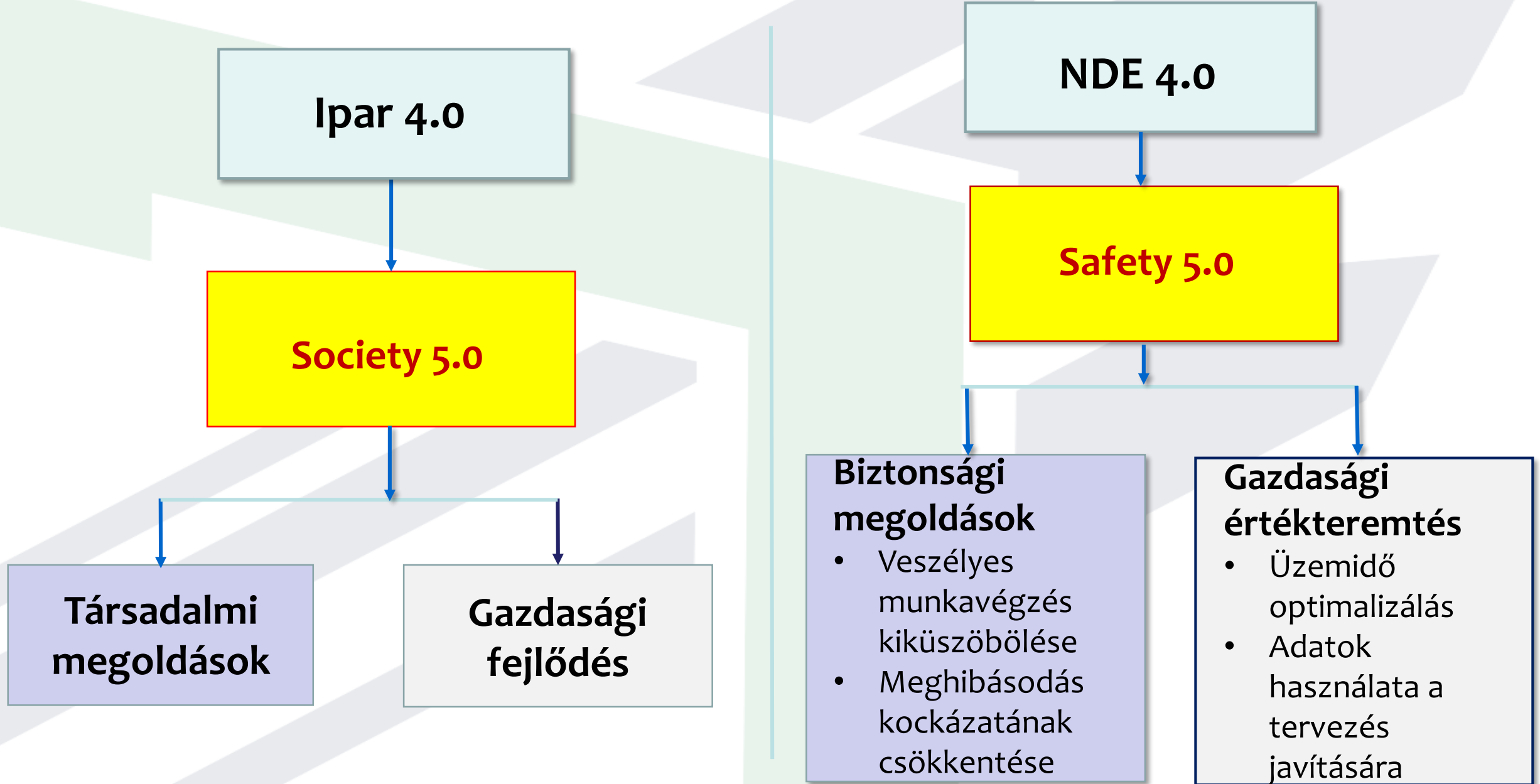
**Kézművesség**

**Gépesítés**  
(víz-, gőzenergia)

**Tömeggyártás**  
(villamos energia)

**Automatizálás**  
(elektronika, információs technológia)

# Az Ipar 4.0 és a NDE 4.0 analógiája



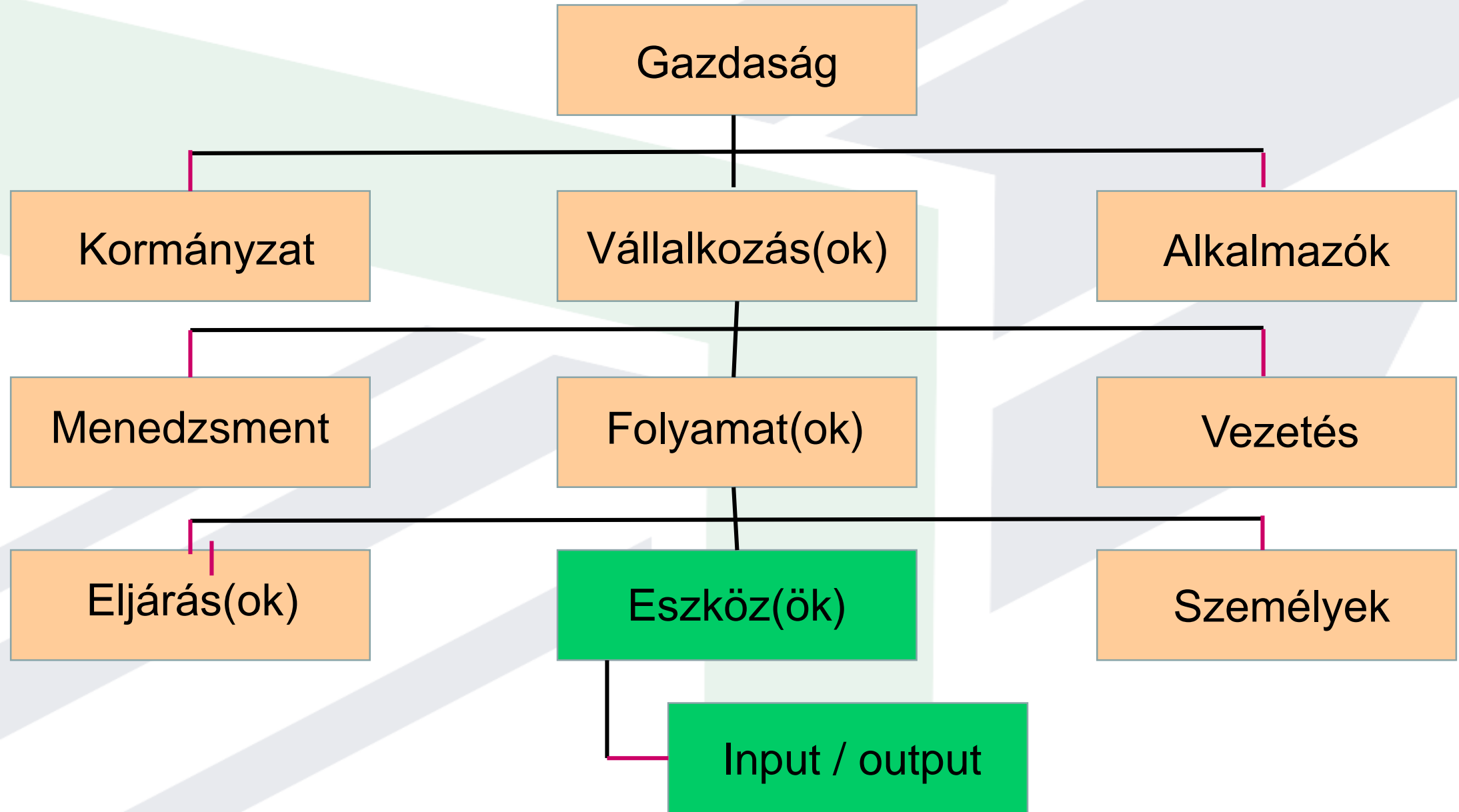
# Digitalizáció

## *Digitization, digitalization, digital transformation, digital eco-system*

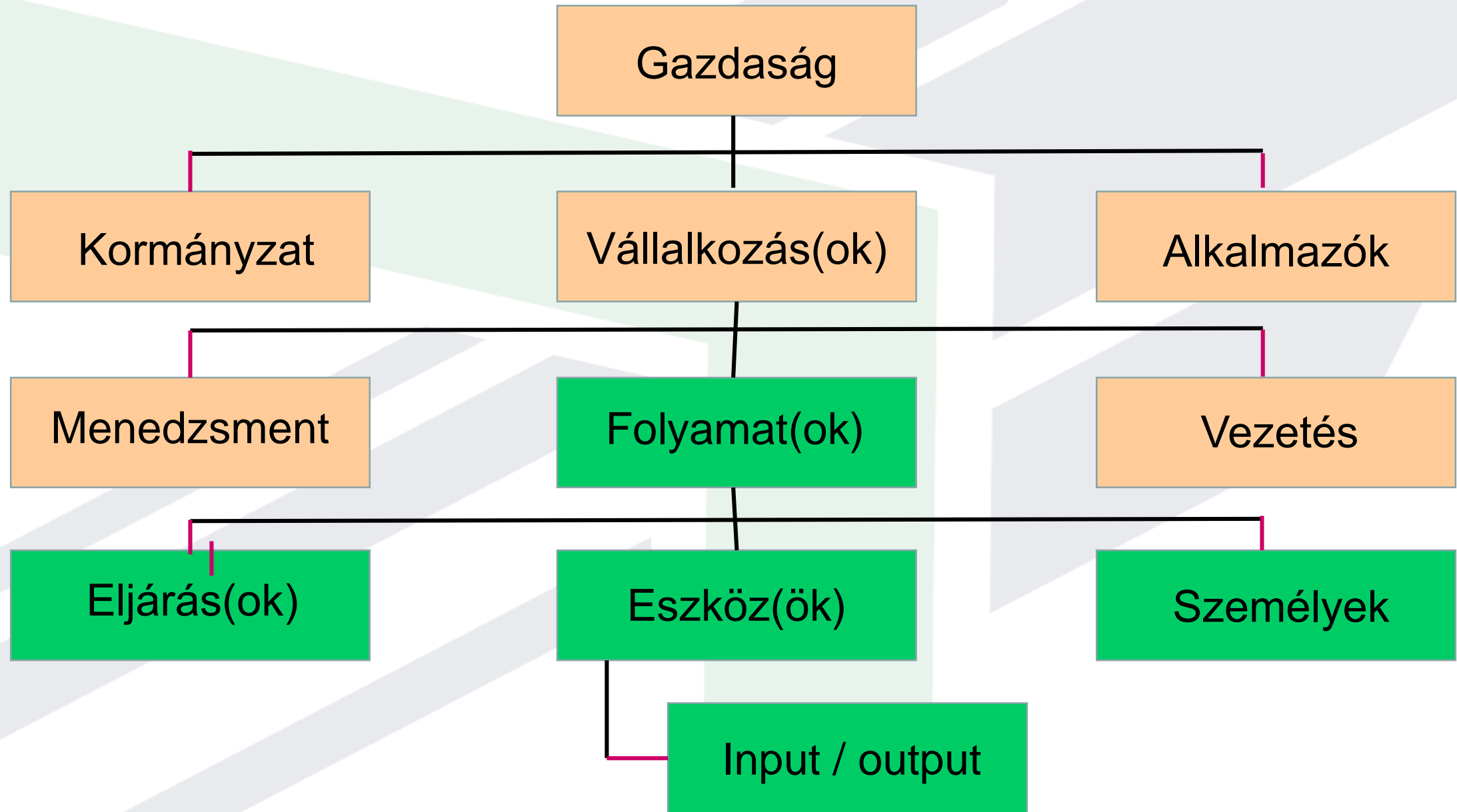
Nyelvek (német, spanyol, japán,...,magyar) nem különböztetik meg az első kettőt – legfeljebb körülírással

- **Digitization** – átmenet az analógból digitálisba (digitalizálás)
- **Digitalization** – digitális információ alkalmazása adott műveletek egyszerűsítésére
- **Digital transformation** – digitális infrastruktúra alkalmazása
- **Informatization (digital eco-system)** – gazdasági / szociális kapcsolatok átalakítása IT eszközökkel a köztük lévő korlátok minimalizálására

# Digitization – Analóg-digitális átalakítás

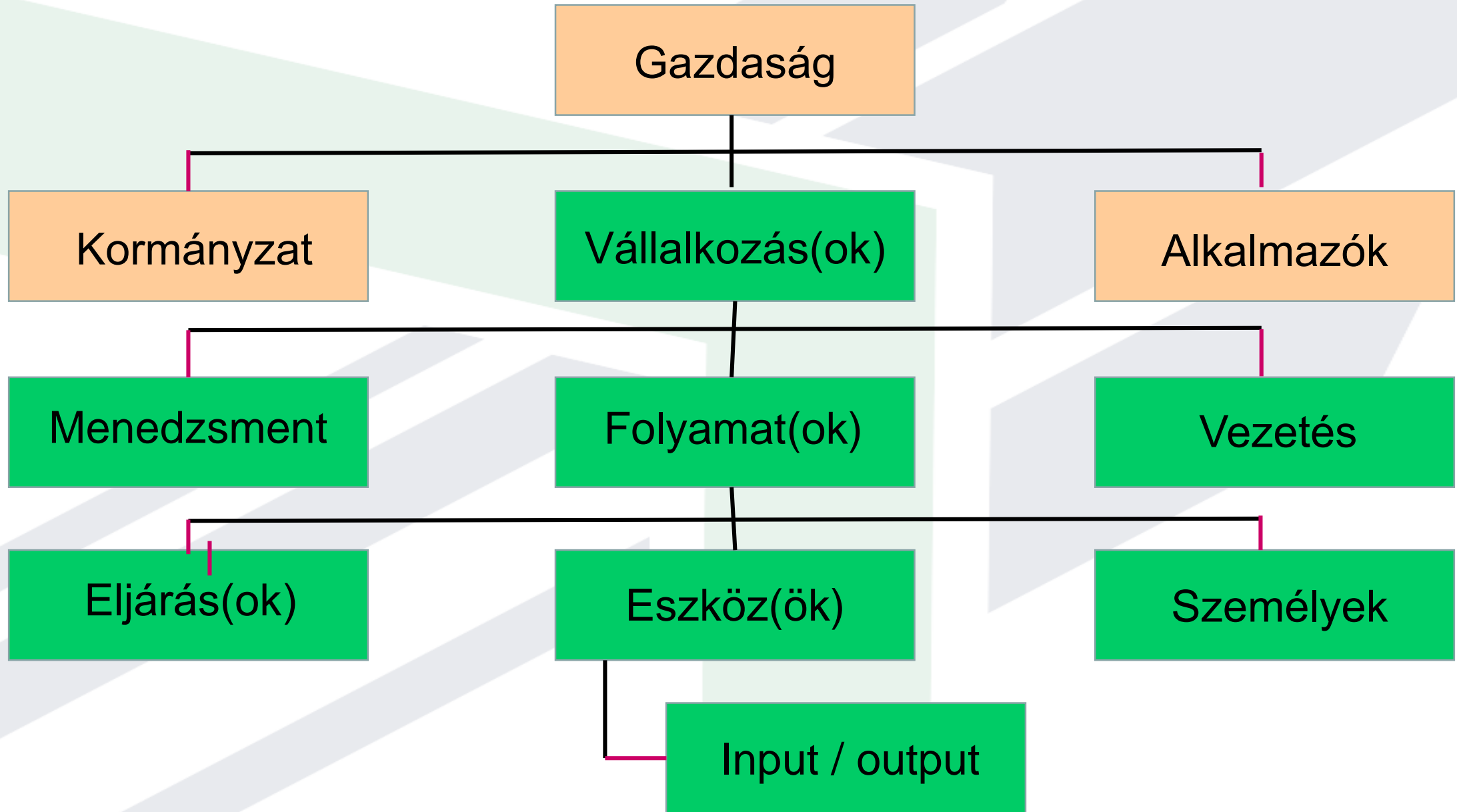


# Digitalization – Digitális információ alkalmazása

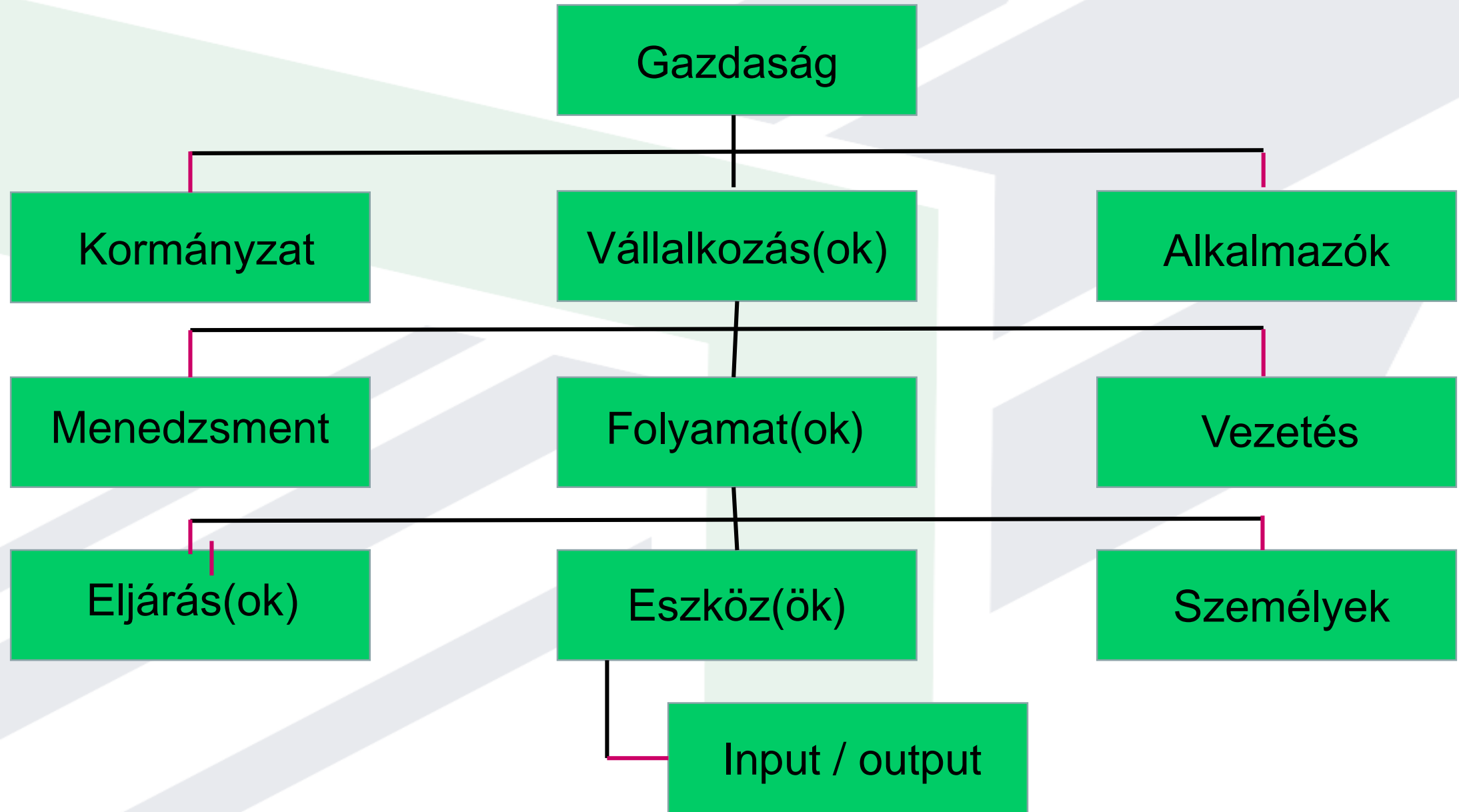




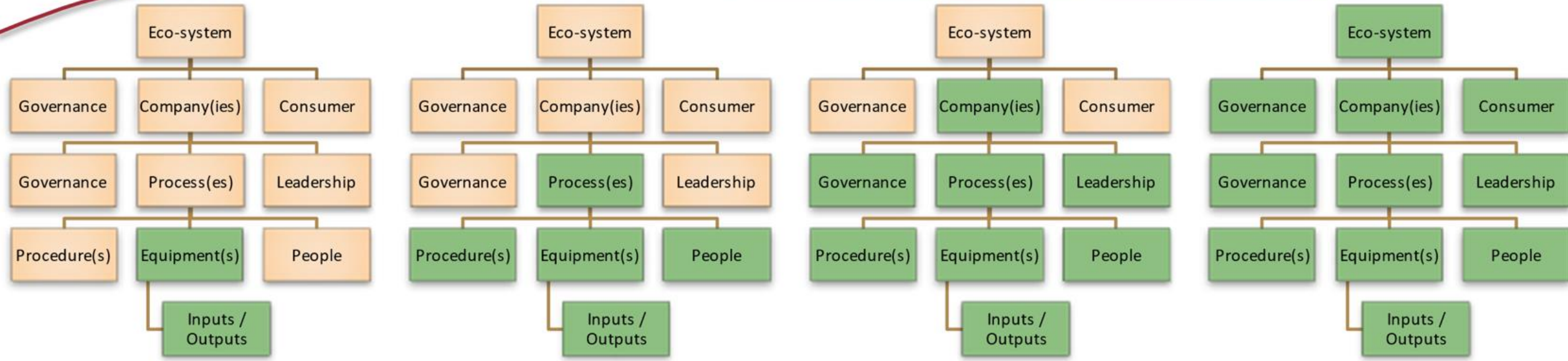
# Digital transformation – Digitális átalakítás



# Digital eco-system – Digitális öko-szisztéma



# Az NDE 4.0 stratégiai útiterve



Today

Visible

Possible



# Az NDE 4.0 kihívásai

- **Nyilvánvaló kihívások**

A technológiával, a tehetséggel és a folyamatokkal kapcsolatosak (ismertek, elemezhetőek és kezelhetőek)

- **Kevésbé megfogható kihívások**

A kulturális változás és a vezetői gondolkodás

- **Egyelőre ismeretlen kihívások**

Az ember feltételezhetően változó szerepe a kiber-fizikai rendszerrel történő együttműködésben *(Jó hír: az Ipar 4.0 már küzd ezekkel)*

- **Néhány példa:**

- technológia szabványosítása (adatok cseréje, biztonsága, analitikája, szintézise, értelmezése) – *data exchange protocol*
- szervezetek új tudásbázisa **(tudomásul kell venni, hogy amit ma tudsz, az valószínűleg elavul, amikorra szakértő leszel az adott területen)**
- szervezeti szintű vezetői magatartás átértékelése
- szervezet kultúrájának / működésének az átalakítása

# Az NDE 4.0 „nagyköveteinek” víziója

A következő 50-100 évben a „*big data*” feldolgozás és az AI szolgáltatotta digitális adatok gyűjtésének és kezelésének teljesítménye nő.

Ennek eredménye lesz, egyebek mellett, hogy

- minden (vagy csaknem minden), hatékonyan tárolható információt digitalizálnak,
- az információs hálózatok nemcsak valós idejű kommunikációra lesznek képesek, hanem folyamatok vezérlésére is – bárhol és bárhonnán a világon,
- az okos robotok együtt fognak működni az emberrel és nemcsak billentyűzetről vezérelve,
- a gépek képesek lesznek tanulni és önálló döntéseket hozni,
- az atomok, bitek, qubitek, neuronok, gének konvergenciája gyorsul, ami a **kíber-fizikai** és a **biológiai** rendszerek összeolvadásához is vezet



Norbert Meyendorf



Johannes Vrana



Ripi Singh

- **N. Meyendorf** et al: NDE 4.0 – NDE for the 21st Century – The Internet of Things and Cyber Physical Systems will Revolutionize NDE, 15th Asia Pacific Conference for Non-Destructive Testing (APCNDT2017), Singapore
- **J. Vrana**: NDE Perception and Emerging Reality: NDE 4.0 Value Extraction, Materials Evaluation, 2020, 78 (7) 835-851
- **R. Singh**: Purpose and Pursuit of NDE 4.0, Materials Evaluation, 2020, 78 (7) 785-793
- **N. Meyendorf, P. Hellmann, L.J. Bond**: NDE 4.0 in Manufacturing: Challenges and Opportunities for NDE in the 21st Century, Materials Evaluation, 2020, 78 (7) 794-803
- **N. Meyendorf, N. Ida, R. Singh, J. Vrana** (eds.): Handbook of Nondestructive Evaluation 4.0, Springer Nature Switzerland, 2022
- **Proceedings of the 1st International Conference on NDE 4.0**, Berlin, Germany, October 24-26, 2022, [NDE 4.0 > Programme and Papers \(nde40.com\)](https://nde40.com)

# Mire készülünk mi, itthon?

- A világ folyamatosan változik – a változás sebessége elképesztő
- A változás – saját, szűk területünkön – az *Ipar 4.0* és az *NDE 4.0 szimbiózisában* valósul meg

**Ebből nem szabad kimaradni!**

**A MAROVISZ – együttműködve az ESIS Nemzeti Bizottsággal – előadás sorozatot hirdet a közeljövőben:**

- Téma: úton az *NDE 4.0* felé
- Előadók: Erdei Réka, Kocsis Imre, Pór Gábor, Szávai Szabolcs, Tóth László, Trampus Péter
- Helyszínek: Budapest, Debrecen, Dunaújváros, Győr, Miskolc (egyetemek, MTA székházak)

**Fontos: az Ipar 4.0 szereplők bevonása**