

MÉRNÖKI MENEDZSMENT SAROKPONTOK - 2

A DIGITALIZÁCIÓ EVOLÚCIÓJA

**A digitális technológia fejlődése,
a hajtóerő változásai és a fenntarthatóság**

Dr. Sallai Gyula

BME Távközlési és Mesterséges Intelligencia Tanszék

Budapest, 2025

Tartalom

- ❑ A digitalizáció megatrendje, fejlődési fázisai - áttekintés
- ❑ A digitális konvergencia fázisai
az infokommunikációig és a médiakonvergenciáig
- ❑ A tárgyak internete és a digitális ökoszisztémák
- ❑ Az internet következő generációja a Smart Internet:
a mesterséges intelligencia és a digitális valóság beépülése
- ❑ Az okos ökoszisztémák
- ❑ Gondolatok a fenntartható fejlődésről

A DIGITALIZÁCIÓ MEGATRENDJE

Alapja: a digitális technológia és az internet fejlődése,
az informatika, a távközlés és média digitális konvergenciája

A fajlagos költségek több mint 40 éve csökkennek:

Funkció	Fajlagos/bitenkénti költség
Tárolás	két évente felére csökken
Feldolgozás	két évente felére csökken
Átvitel	másfél évenként feleződik

Közös technológia és platform a 3 ágazatban

- beszéd, adat, AV tartalom számára egyaránt (e-tartalmak)
- szinergikus kombinációk, összefonódások
- integrált digitális értéklánc a tartalomtól a felhasználóig
- tartalomtér kiterjesztése (nyomtatott termékek, kognitív tartalmak, pl. gesztusok)
- ab ovo digitális médiatartalmak és újabb funkciók (tartalomkeresés) születése
- a társadalom intelligens infrastruktúráját képezi
- a konvergencia-folyamat tovább szélesedik (vertikumok)...

**De: a jövőt a termékek sikeressége, a piac szabja meg;
a szabályozás gátolhatja/elősegítheti....**

A hajtóerő a digitalizáció

A digitális átalakulást az információs, kommunikációs és média technológiák intenzív fejlődése és konvergenciája (szinergikus összefonódása, integrációja) váltja ki, amely **a közös digitális technológiára és az internetre épül:**

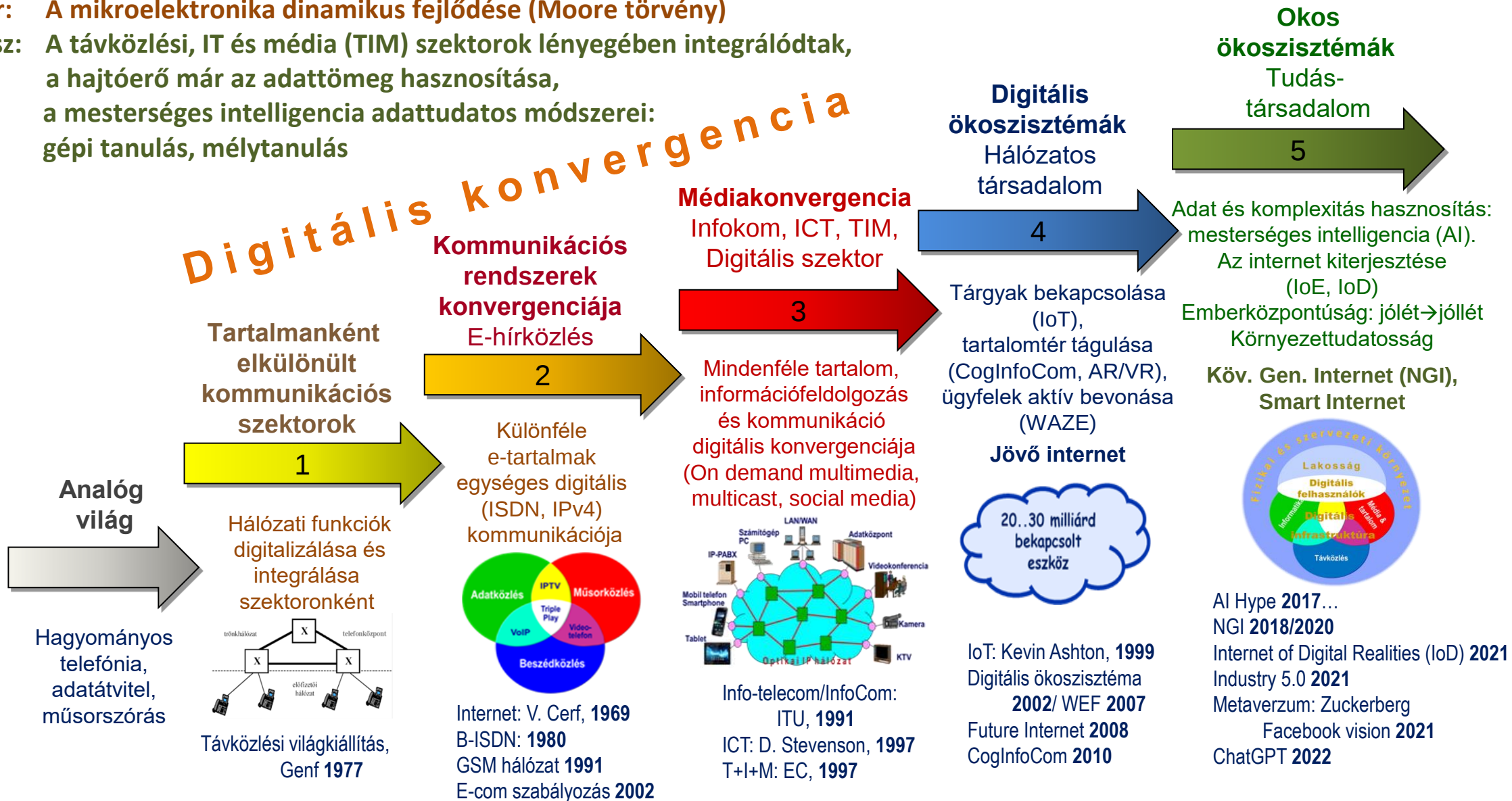
- ❑ Alap: mindenfajta információt (nemcsak az e-tartalmat, hanem a nyomtatott termékeket is) digitalizál (DigMédia), és digitálisan kezel, tárol, továbbít (IPv4).
- ❑ Kombinálják a számítógépet, a távközlést és a tartalom kezelését (szinergiák):
 - Szoftver-alapú megoldások a távközlésben
 - Hálózatba kötött és beágyazott számítógépek, adat-alapú kommunikáció
 - Internet, világháló/web: információkeresés, tartalomhozzáférés és menedzsment
 - Internet-alapú szolgáltatások: online tartalomszolgáltatások (pl. hírportálok), e-business, e-kormányzat, online video-játékok, okos város, távmunka, okos gyártás.....
 - Közösségi média, tartalom megosztása: Facebook, Twitter (X), YouTube, Netflix
 - Mesterséges intelligencia (AI): adatalapúság, gépi tanulás, mélytanulás, ChatGPT
- ❑ Fokozatosan valósul meg, átalakítja a termékpiacokat:
 - Szélesedő digitális tartalomtér, újabb irányok megjelenése (pl. tárgyak bekapcsolása: IoT; virtuális tartalom: AR/VR/DR), **integrálja a távközlési, informatikai és média szektort.**
 - Behatol és transzformálja a gazdaság és társadalom szinte minden területét, elősegíti a globalizálódást, egységesíti a szabályozást, alapja a tudástársadalom kiépülésének.

A digitalizáció fázisai

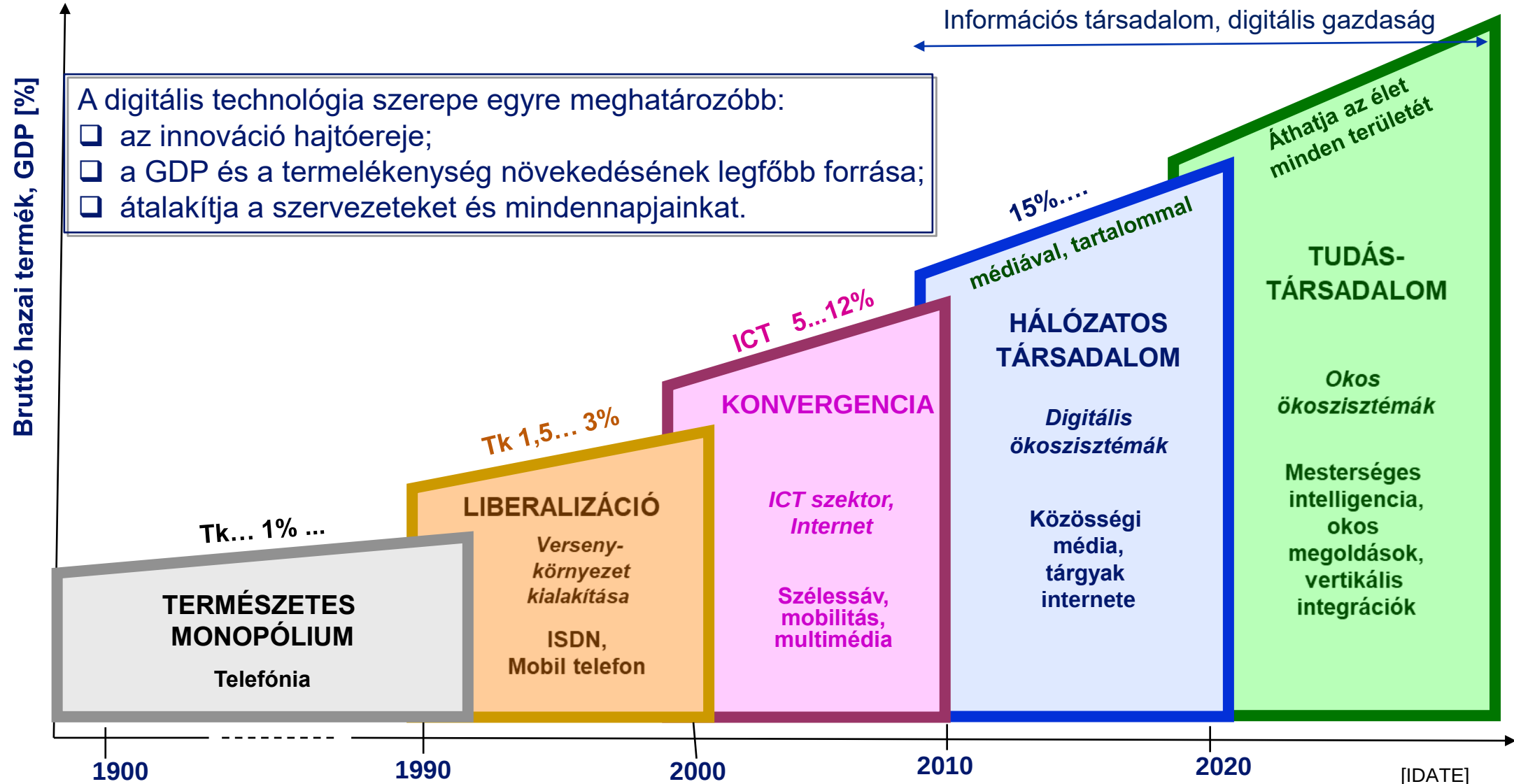
Háttér: A mikroelektronika dinamikus fejlődése (Moore törvény)

Státusz: A távközlési, IT és média (TIM) szektorok lényegében integrálódtak, a hajtóerő már az adattömeg hasznosítása, a mesterséges intelligencia adattudatos módszerei: gépi tanulás, mélytanulás

Digitális konvergencia



A TIM szektor gazdasági szerepének növekedése



Szolgáltatások szinergiája

Az elektronikus médiatartalmak (hang, kép, videó, adat) kommunikációs szolgáltatásainak digitális alapú konvergenciája új, internet (IP) alapú multimédia szolgáltatási lehetőségeket nyújt.



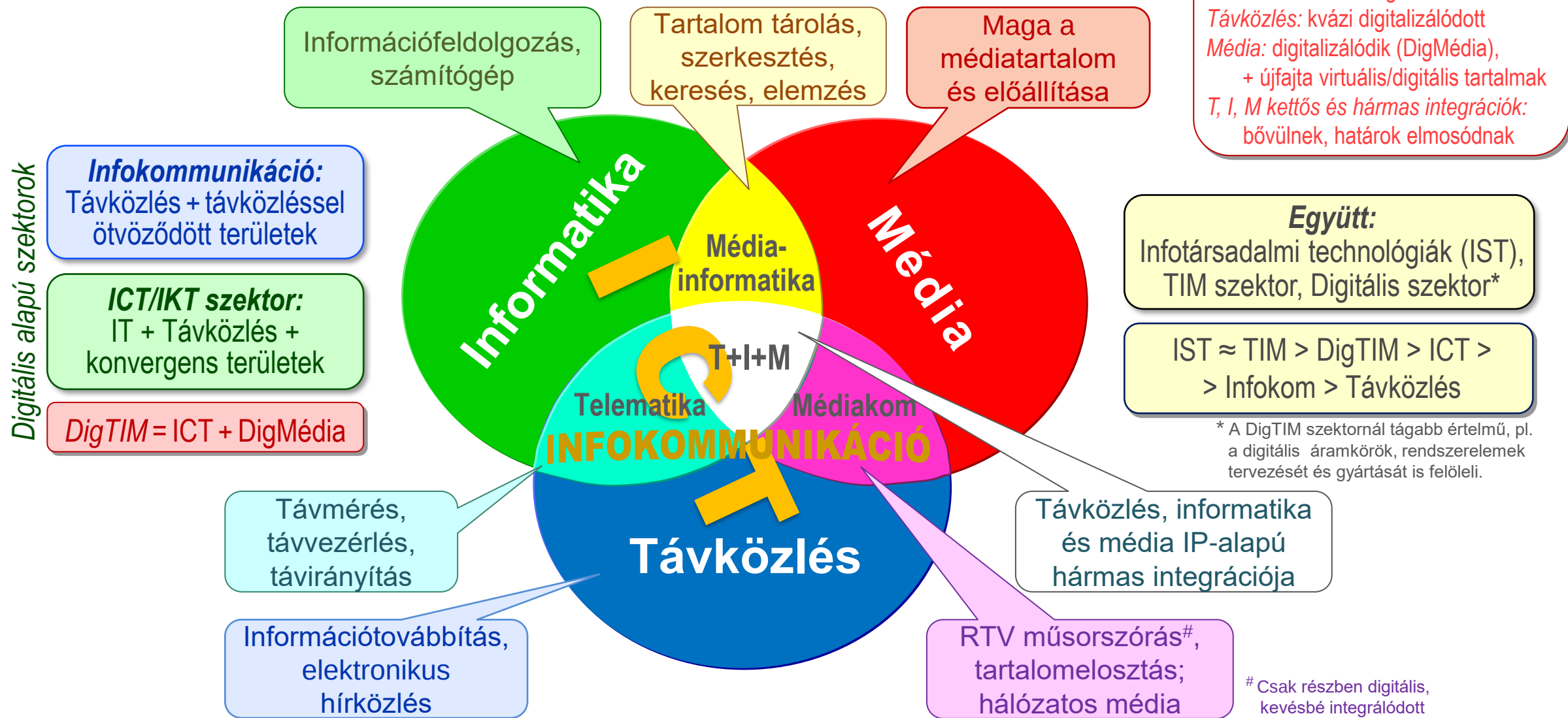
A digitális (TIM) konvergencia szintjei

Technológiák, piacok és szabályozások konvergenciája

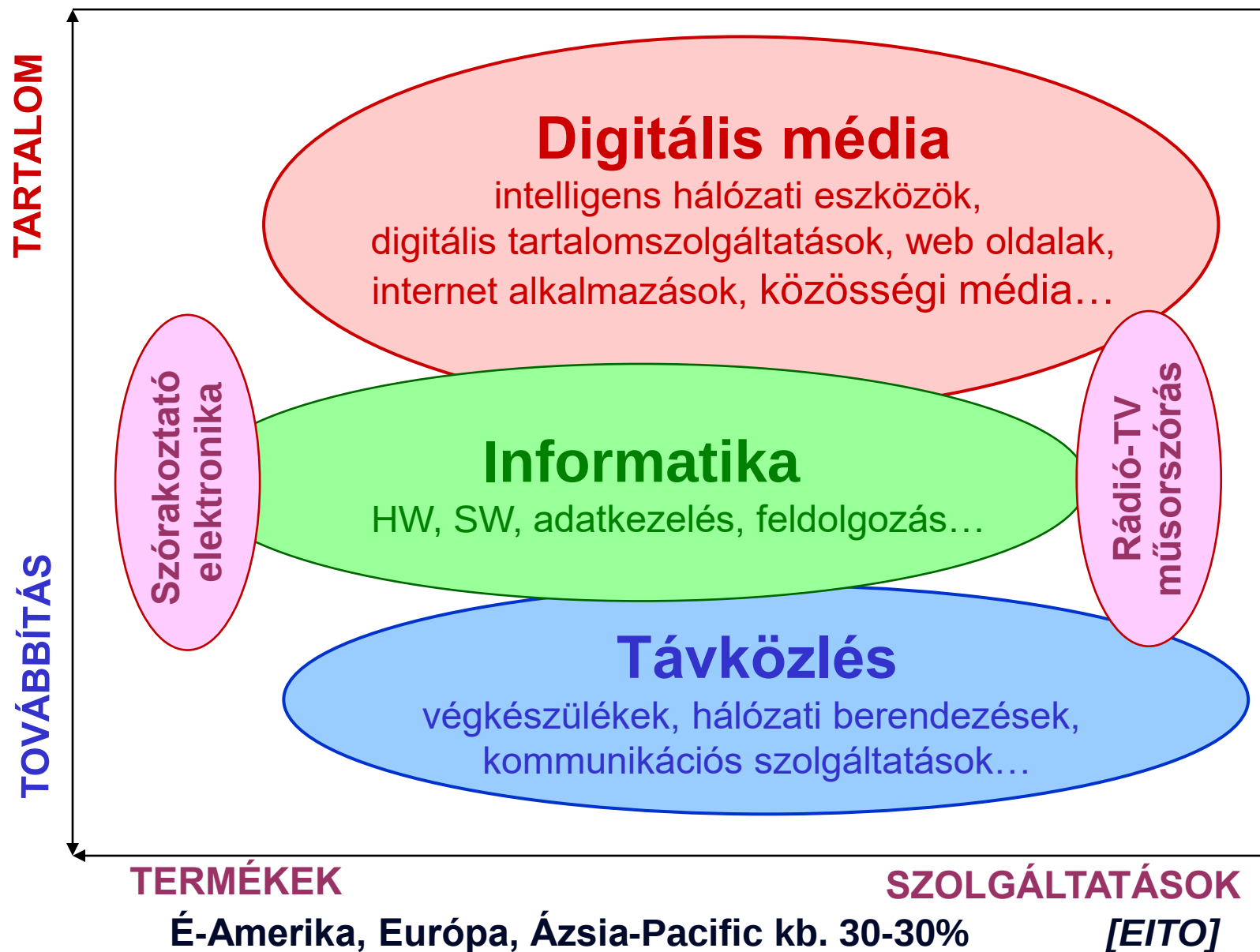


Távközlés, informatika és média (TIM) digitális konvergenciája

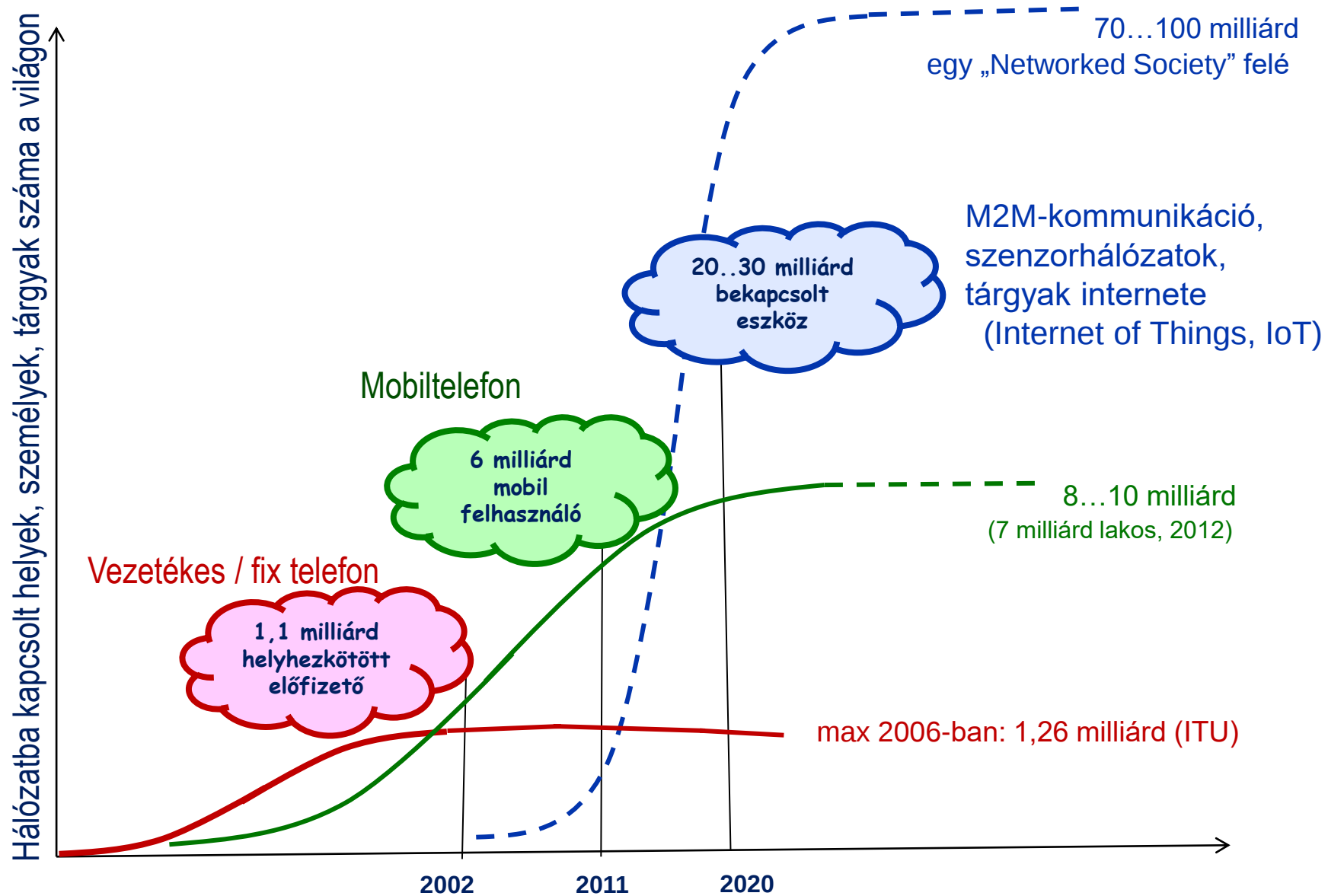
Funkciók szinergiája - Újabb fogalmak születnek



A TIM szektor (>5 billió €) világpiaci összetevői



A hálózatosodás fokozódása



Az internet kihívásai, a jövő internet kérdéskörei

- Klasszikus internet (IPv4) korlátai: címtér, mobilitás, QoS, biztonság
- Tartalomtér tágulása: tárgyak, 3D és kognitív tartalom

Társadalmi-gazdasági hatások

- Internet radikális növekedése méretben, elérhető tartalomban és alkalmazási lehetőségeiben
- Gyorsan növekvő energiafogyasztás

Nagymennyiségű, heterogén adat

Élő alkalmazások:
Okos város, otthon, iroda, közlekedés, e-egészségügy, e-közig, energia, oktatás, 3D média, Agri & Food ...

Energia hatékonyság

Emberek internete

Tárgyak internete

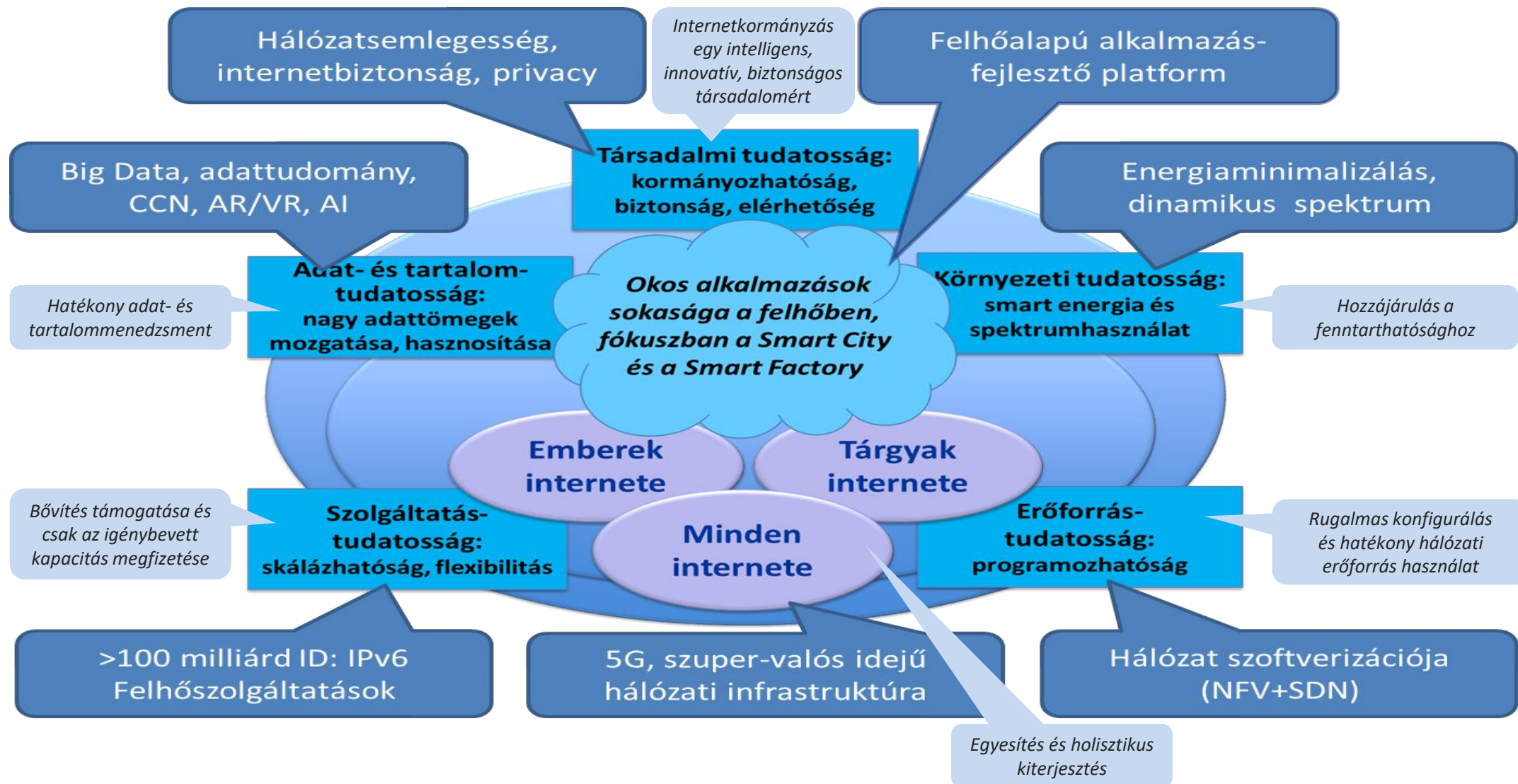
Tartalom tudatos hálózatok

Ambiens és szenzor hálózatok

Skálázható, biztonságos önmenedzselő hálózatok

A NICT jövőképe, FIA2011 Budapest és Poznan, FIA2012 Aalborg, FIA2013 Dublin és FIA2014 Athén alapján

Jövő internet célkitűzések (2011) és megoldások (2017)

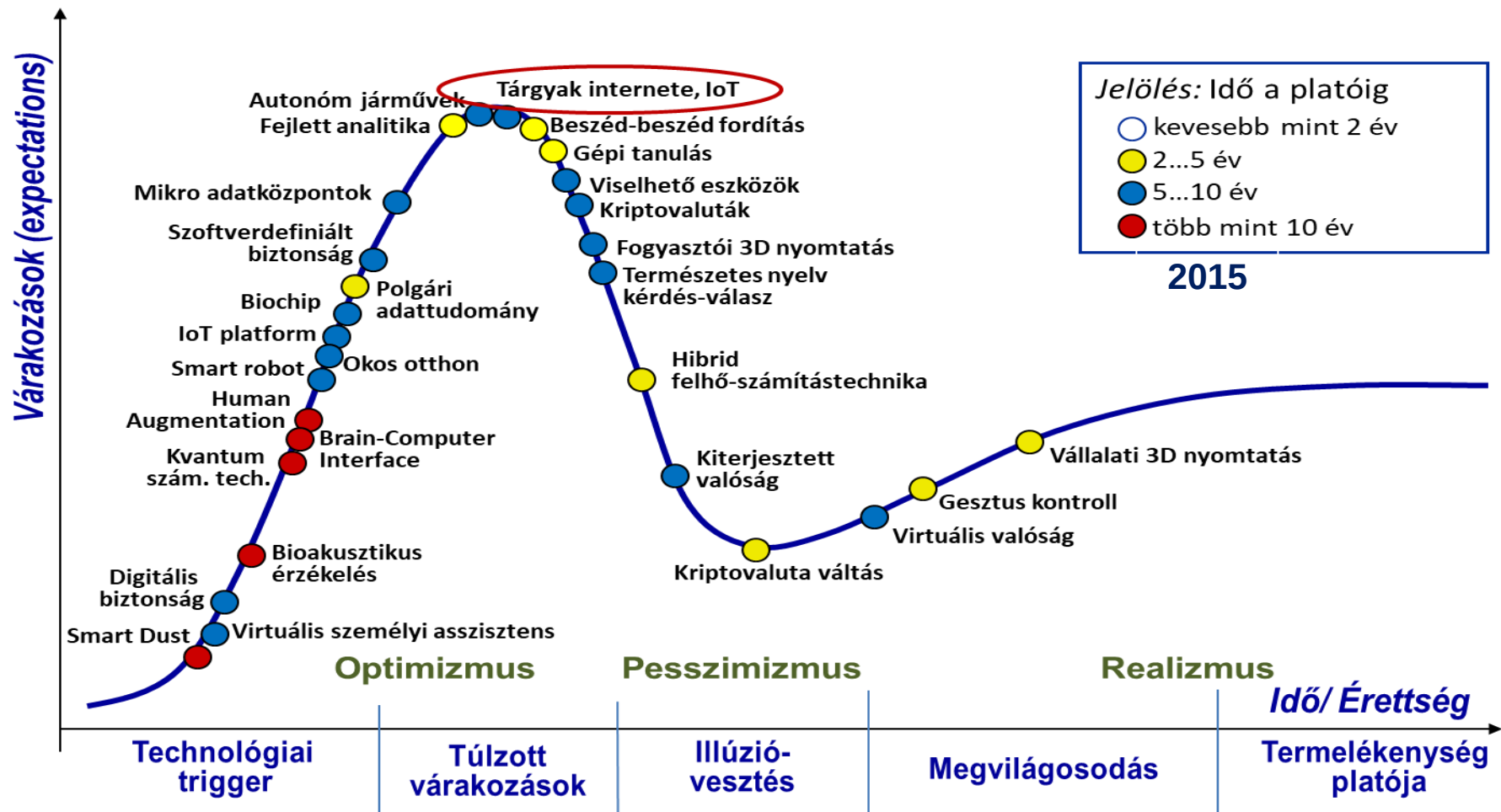


Jövő Internet célkitűzései a FIA2011 Budapest és Poznan és az ITU-T Y. 3000-es ajánlások alapján

Technológiai hajtóerők, 2015

A feltörekvő ICT innovációk életrajzgörbéje (Hype Cycle)

IoT, szenzorok, szenzorhálózatok, pl. LP-WAN (LoRa) [Gartner Hype Cycle, 2015]



Digitális ökoszisztémák

A digitalizáció következő fázisában jönnek létre, mint a digitális felhasználók és a digitális infrastruktúra dinamikus, kölcsönösen hasznos kapcsolatrendszerei: kiterjesztett intelligencia (pl. Google map, WAZE), online piacterek (pl. Amazon), vertikális integrációk (pl. pénzügy, egészségügy), okos városok, okos ipari és agrár rendszerek*

Digitális felhasználók:
digitális tartalmat fogyasztók,
előállítók, cserélők közössége;
a digitálisan elérhető személyek,
szervezetek, dolgok/tárgyak
(eszközök, szenzorok, aktivátorok)

***Okos ökoszisztémák:**
A digitális közösség
kiterjesztésével
(pl. virtuális valóság), illetve
a mesterséges intelligencia
(AI) bevonásával



Környezet, amelynek keretében
az ökoszisztéma működik és
amelyre működése hatással van

Fizikai környezet:
a természeti és az épített
környezet

Szervezeti környezet:
az üzleti, az állami/szabályozási
és a társadalmi/civil környezet

Digitális infrastruktúra: a digitális felhasználók között az interakciókat lehetővé teszi, segíti az adatok gyűjtését, feldolgozását, megosztását.

Digitális ökoszisztémák definíciója és modellje

Az ökoszisztéma a biológiában élőlények és környezetük dinamikus, kölcsönösen előnyös kapcsolatrendszer.

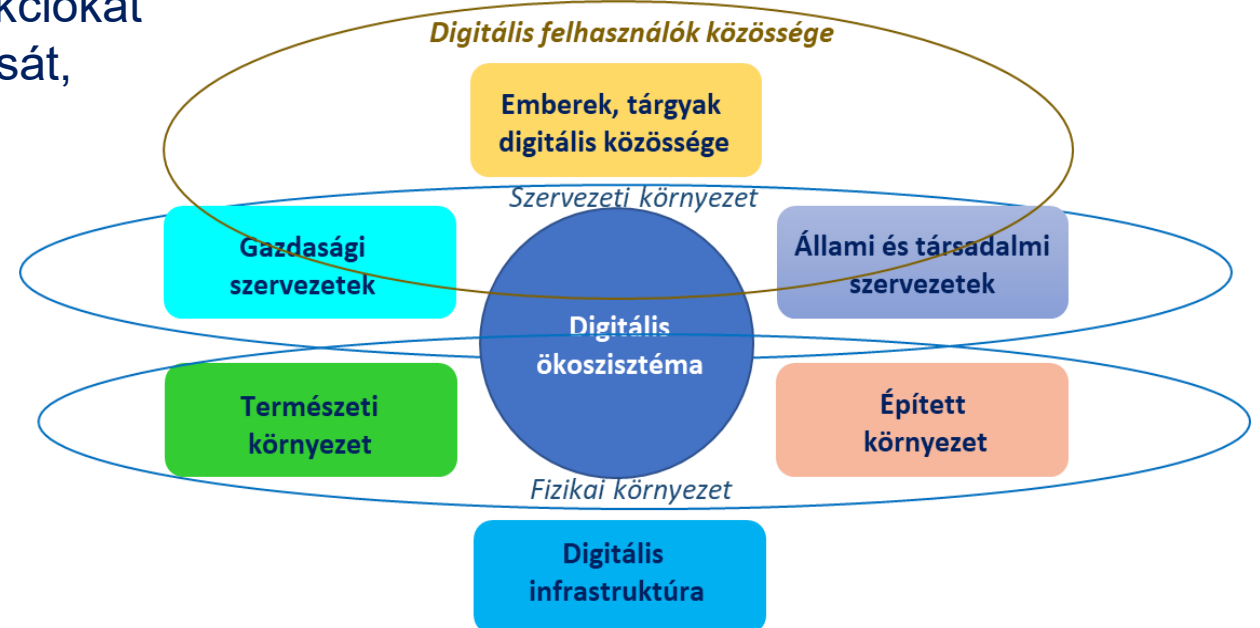
A műszaki világ és környezete összeforr. A digitalizáció – az élővilág ökológiai rendszereihez hasonló jellegű, önszerveződő, skálázható, fenntartható – **Digitális ökoszisztémák** kialakulásához vezet, amelyek *valamilyen hasznos cél érdekében* jönnek létre és fejlődnek, egymással összekapcsolódó összetevői pedig:

- **a digitális felhasználók:** a digitális tartalmat fogyasztó, előállító és cserélő egyedek közössége: az elérhető egyének, tárgyak/dolgok, gazdasági/üzleti, állami (közigazgatási...) és társadalmi (civil, sport, tudományos, vallási, ...) szervezetek (tkp. valós és mesterséges kognitív entitások, *a kognitív szféra*);
- **a digitális infrastruktúra**, amely köztük az interakciókat lehetővé teszi, az adatok gyűjtését, feldolgozását, megosztását segíti (*a technikai környezet*).

[World Economic Forum, 2007]

Digitális ökoszisztéma modellje:

Kiegészül a fizikai (természeti és épített) és szervezeti környezettel, amelyek keretében az adott cél érdekében az ökoszisztéma működik és amelyekre működése hatással van.



Közös digitális platformok

A felhasználók, felhasználói csoportok közötti interakciók
és alkalmazásfejlesztések megkönnyítése végett

Cél: gazdasági haszon, társadalmi érték

- Először **online piacterek** jelentek meg, pl. Amazon
- **Alkalmazássegítő platformok:**
 - **Flware:** felhőalapú, generikus és alkalmazási terület specifikus modulokból álló fejlesztő platform, 2015
Pl. FI-Content, FI-Space (közl.), FISTAR (eü.), FITMAN,
 - **Technológiai ökoszisztémák:** pl. IoT vagy AI ökoszisztéma;
egy-egy technológia köré csoportosított alkalmazások
 - **Okos otthon**
- **Vertikumok**, tkp. digitális ökoszisztémák:
Digitális átalakulás, mélyebb integráció egy-egy területen (5G hatása):
 - közlekedés, járműipar, logisztika, pénzügy
 - gyógyszeripar, egészségügy, oktatás, szórakoztatás, közbiztonság...
- **Egyetemleges kezdeményezések, megközelítések:**
 - **Digitális/Intelligens/Smart City:** válasz az urbanizációs kihívásokra
 - **Ipar 4.0/Smart Factory:** válasz az ipari termelés kihívásaira

A lehetőségek, fenyegetések új hulláma

❑ Élenjáró technológiák

- IoT, szenzorok, szenzorhálózatok
- **Mesterséges intelligencia (AI): gépi tanulás, mélytanulás (ANI)**
- Kiterjesztett/Virtuális/Kevert Valóság (Augmented/Virtual/Mixed Reality, AR/VR/MR)
- Human Augmentation, Wearable Computing
- Blokklánc (Blockchain, Distributed Ledger Techn., FinTech)
- 3D nyomtatás és szkennelés
- Kiberfizikai rendszerek (Cyber-Physical Systems, CPS), Industrial IoT (IIoT)
- Önvezető járművek, mobil robotika, drónok
- Műholdas kommunikáció, űrinternet, helymeghatározás, navigáció...

❑ Kombinatorikus értékteremtés: (platformok és alkalmazások)

❑ Az üzleti modellek innovációja: játékszabályok változása

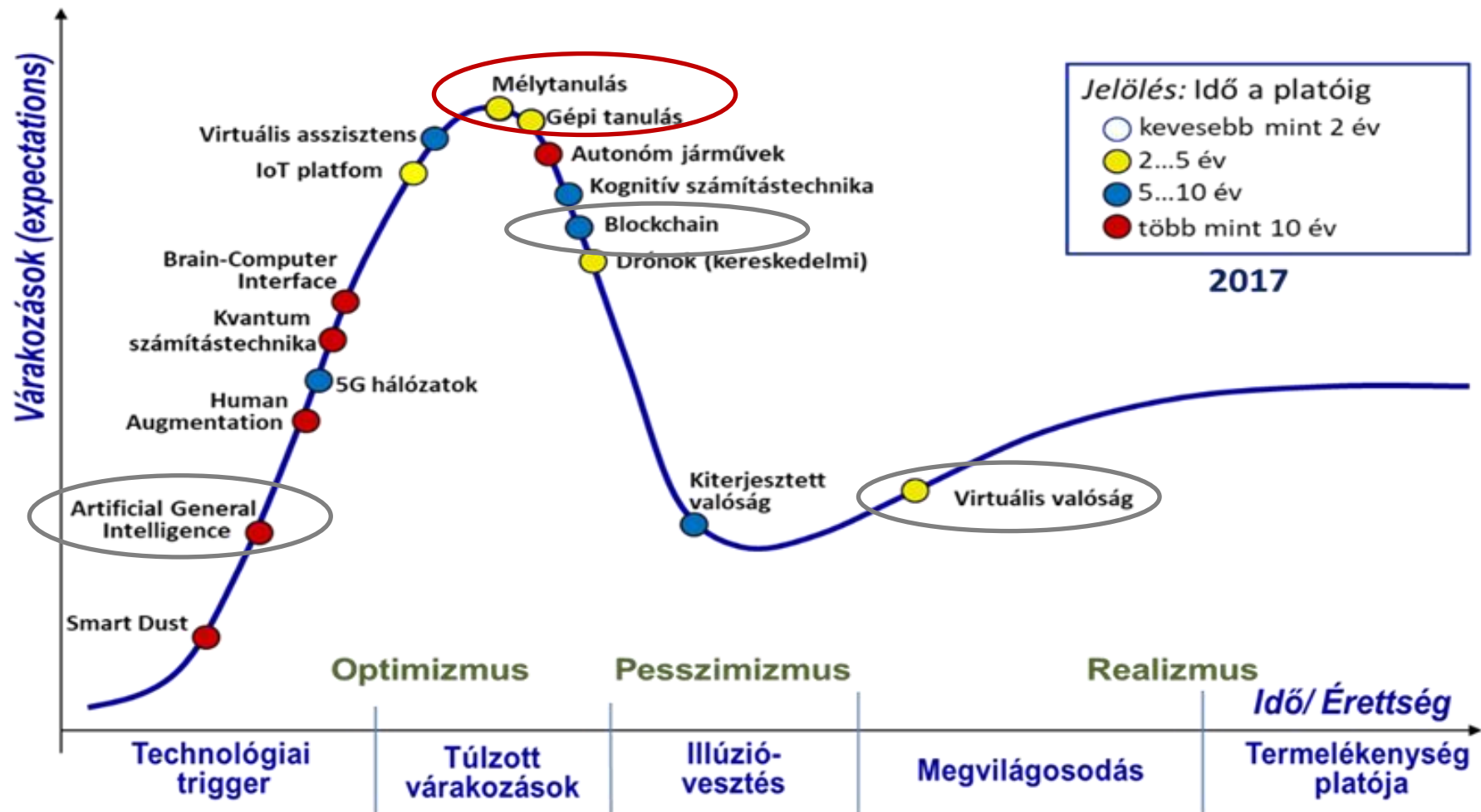
❑ Kiber fenyegetések (Cyber Threats):

- Kiber bűnözés (illegális pénzszerzés)
- Kiber hadviselés (kibertér az 5. hadszíntér)
- Kiber terrorizmus (félelem-, zavarkeltés)

Technológiai hajtóerők, 2017

Mesterséges intelligencia (AI), pl.: mélytanulás, gépi tanulás (ANI)

[Gartner Hype Cycle: 2017]



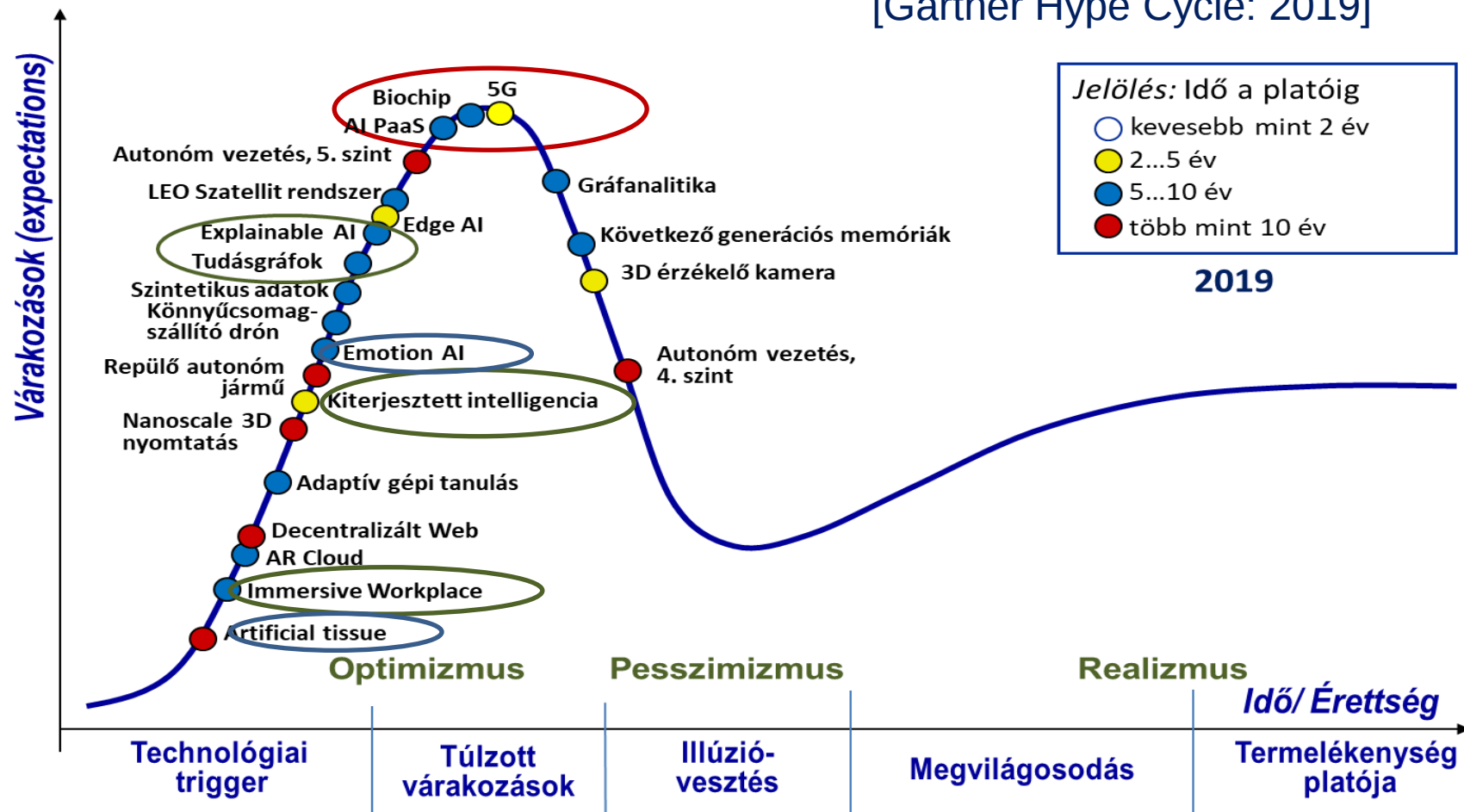
Technológiai hajtóerők, 2019

Mesterséges intelligencia (AI), AI PaaS, autonóm vezetés...

Augmented human, pl. biochip, kiterjesztett intelligencia (IA), emotion AI...

Digitális ökoszisztémát támogató technológiák, pl. tudásgráfok...

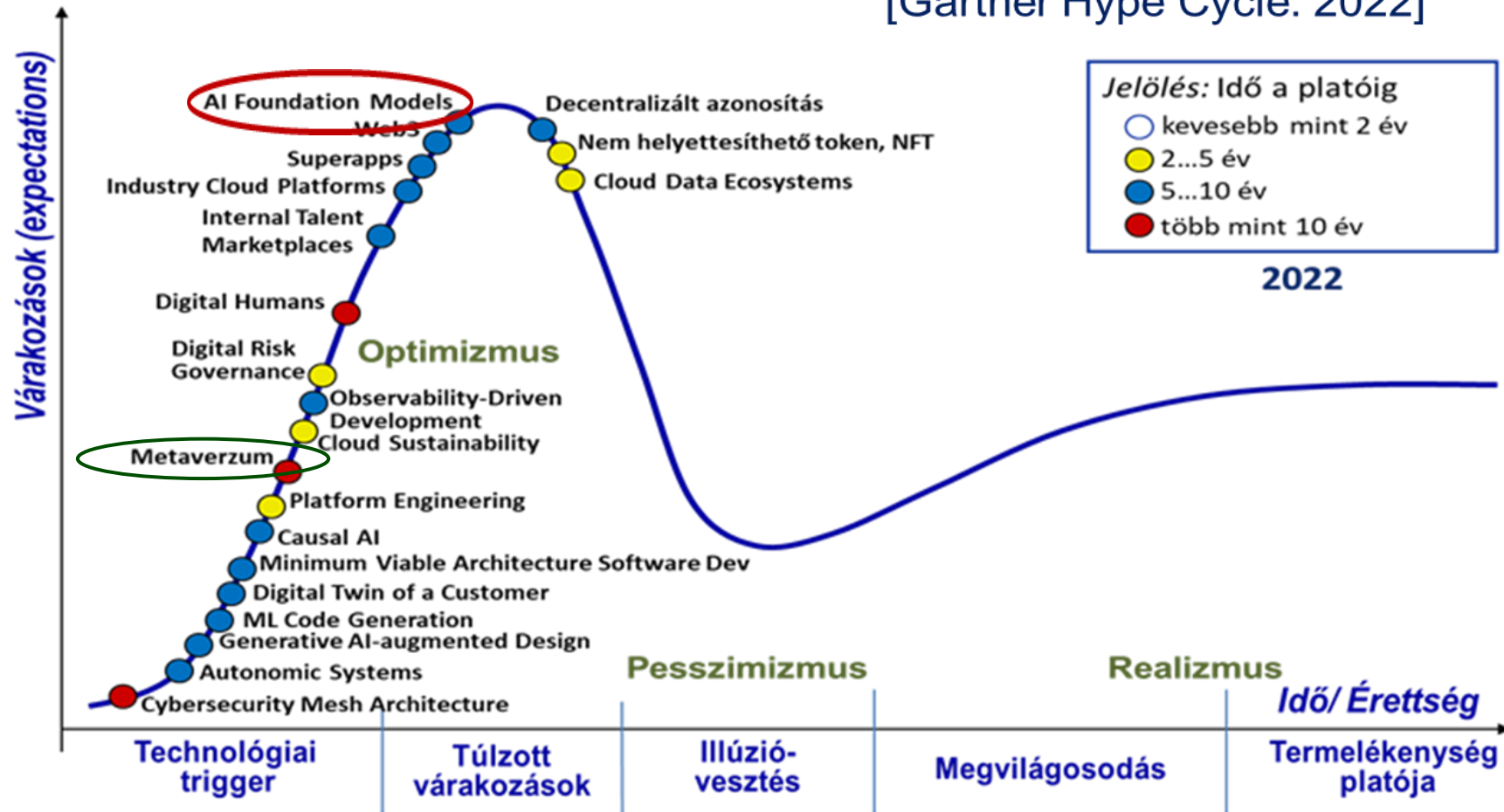
[Gartner Hype Cycle: 2019]



Technológiai hajtóerők, 2022

AI intenzív bevonása a termékfejlesztésébe: AI Foundation models, kauzális AI, ML kód generálás és a AI-augmented design

Az immerzív élményszerzés fokozása: Superapps, Digital Humans, Metaverzum
[Gartner Hype Cycle: 2022]



A digitalizáció ötödik fázisában vagyunk...

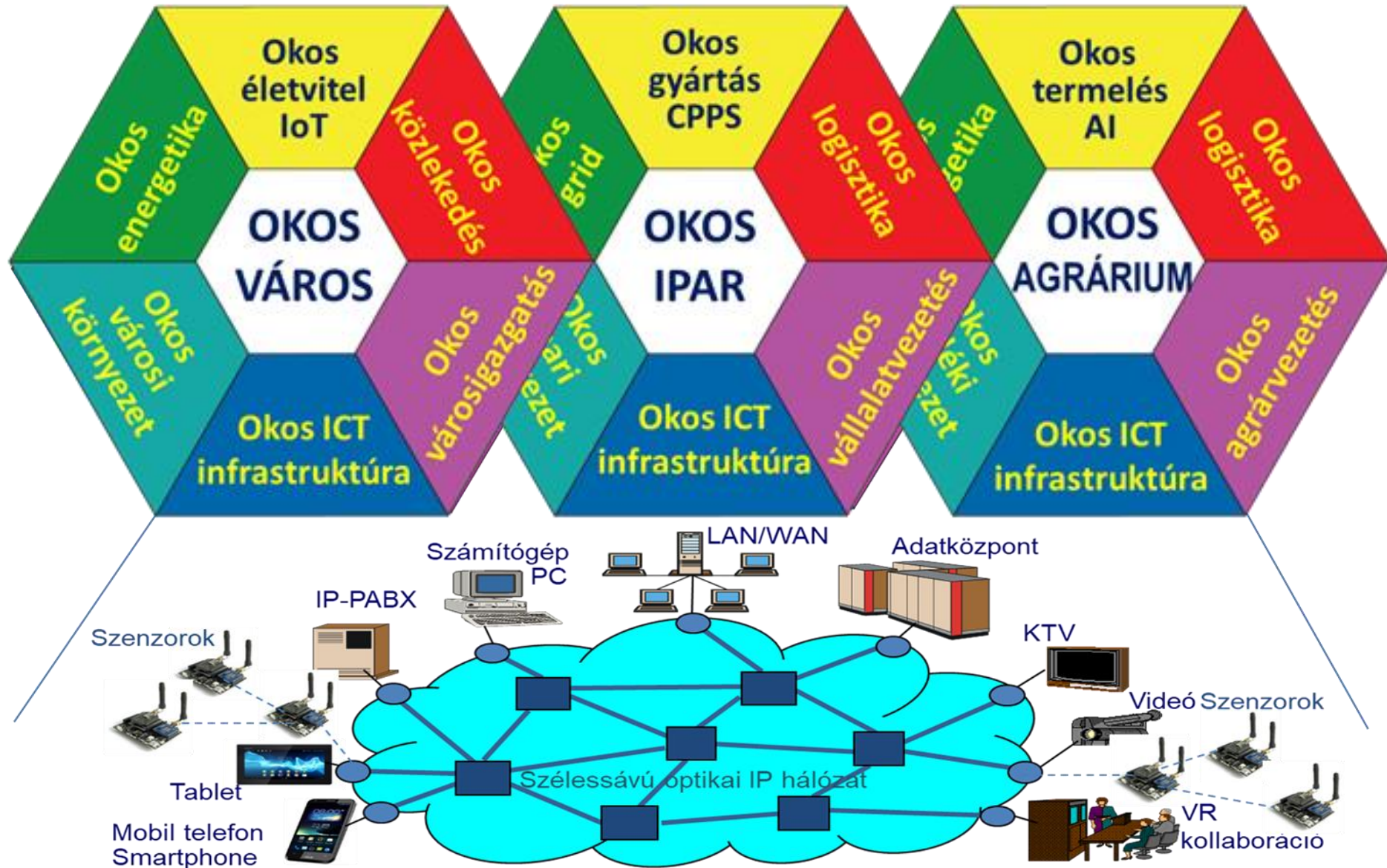
Követelmények, célkitűzések, trendek:

- **Emberközpontúság** (EU Next Generation Internet, 2017):
személyes adatok védelme (Privacy), kiberbiztonság (Cyber security)
- **Környezettudatosság:** Fenntartható fejlődési célok (ENSz 17 cél 2030-ig, 2015)
lebontása városokra (Okos fenntartható város, 2015), iparra (Ipar 5.0, 2021).
- **Legnagyobb hatású technológiák integrálása, az internet kiterjesztése:**
 - *AR/VR/MR, digitális ikrek technológiák:* a kognitív entitások körének kiterjesztése és integrálása: avatár, 3D kollaboratív terek, Digital Reality (DR: AR/VR... 2D dig. környezet, AI)
 - *Mesterséges Intelligencia (AI):* adatalapúság, mélytanulás, generatív módszerek...
AI-alapú ajánlások (ITU, 2020), ChatGPT 2022, transzformációs hatás:
az AI-alapú alkalmazások/rendszerek átszövik mindennapjainkat.
- # Internet of Digital (Digital & Cognitive) Realities (IoD: 2021)
- # **NGI ≈ Smart/Enhanced Internet** → 6G, Metaverzum
- **Válasz az urbanizációs és ipari termelési kihívásokra e képességekkel:**
Okos megoldások, okos egyetemleges/holisztikus alkalmazási platformok,
okos ökoszisztémák: Smart City, Smart Factory (Industry 4.0/5.0; Okos ipar)

Holisztikus megközelítések, okos ökoszisztémák

- ❑ **Okos városok** (Smart City, Smart Sustainable City and Community, SC, SSC, SCC): Urbanizációs kihívásokra válasz. A tárgyak hálózatba kapcsolásával (IoT) és az ügyfelek aktív bevonásával (közösségi érzékelés) jön létre, és az AI, AR/VR módszereinek alkalmazásával teljeseedik ki. Életünk minden területére, környezetére és fenntarthatóságára is kiterjed. Megvalósulóban.
- ❑ **Okos ipari rendszerek** (Smart Factory, Ipar/Industry 4.0/5.0): Az ipari termelés kihívásaira válasz. Az egymástól akár jelentős földrajzi távolságban elhelyezkedő vállalati egységek összekapcsolt hálózatként működnek, és a szervezeten belüli összes réteg összekapcsolódik a termelési szinttől az értékesítésig (horizontális és vertikális integráció). Ipar 5.0: fenntartható, emberközpontú és ellenálló ipar. Az érzékelők és beavatkozók árának csökkenésére, az ipari tárgyak internetének és a kiber-fizikai rendszerek elterjedésére (IIoT, CPS), az adattudomány, az AR/VR, az AI és a robotika fejlesztési eredményeire, valamint az 5G által nyújtott biztonságos információ-átviteli háttérre épít. A gyártás hatékonyságának növelésében a folyamatok digitális ikertestvérének megalkotása számos területen hoz átütő eredményt. Ma: gyógyszeriparban, járműiparban...
- ❑ **Okos agrárrendszerek** (Smart Farming, Agriculture 4.0/5.0): Hasonló átalakulás bontakozik ki a mezőgazdaságban, élelmiszeriparban: technológiai műveletek automatizálása, adatalapú, precíziós (helyspecifikus) megoldások, robotizáció. Mai példái: önvezető traktor, drón, okos vetőgép, öntöző, trágyázó, terményszedő stb.

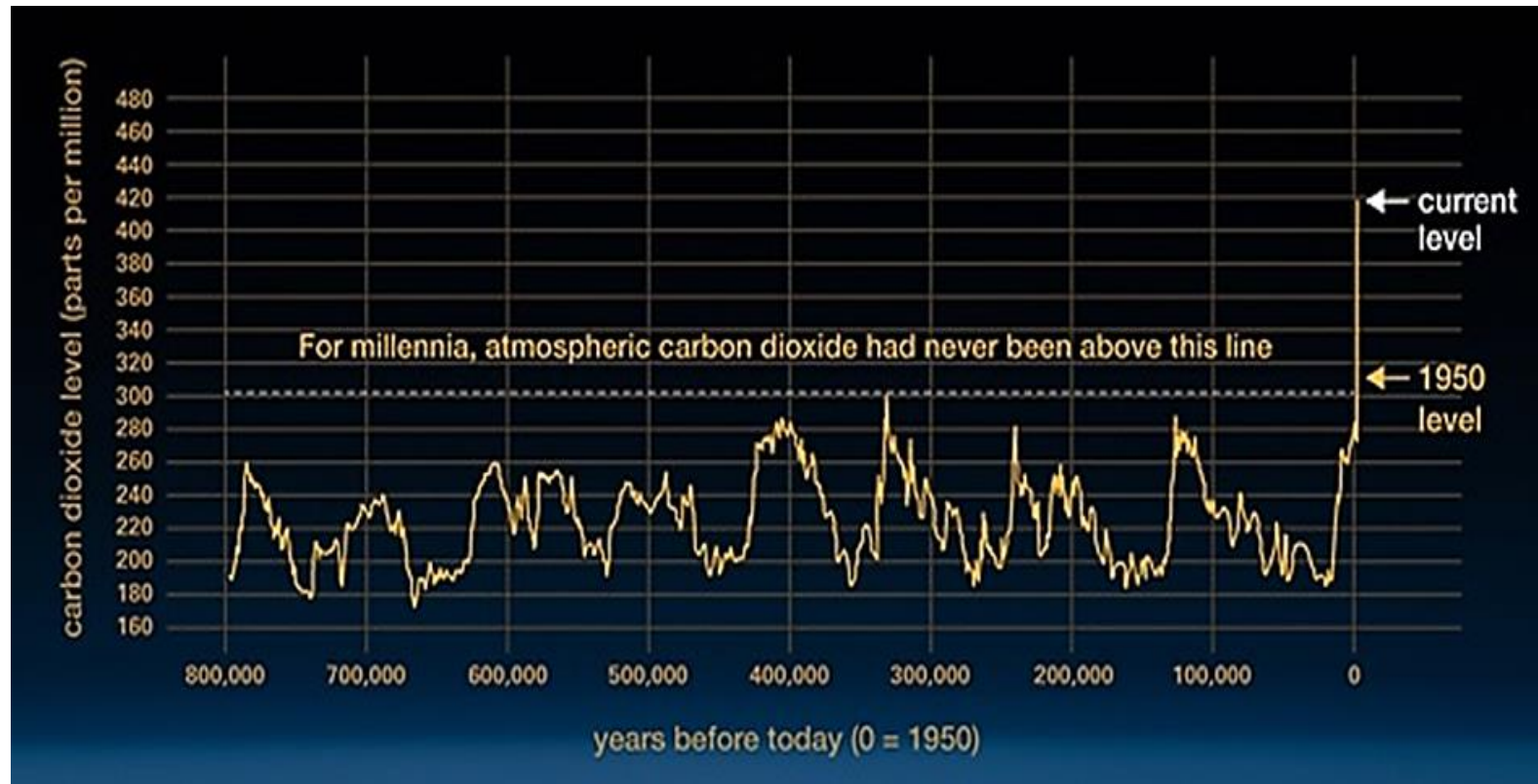
Holisztikus okos ökoszisztémák víziója



Gondolatok a fenntartható fejlődésről, a környezettudatosságról...

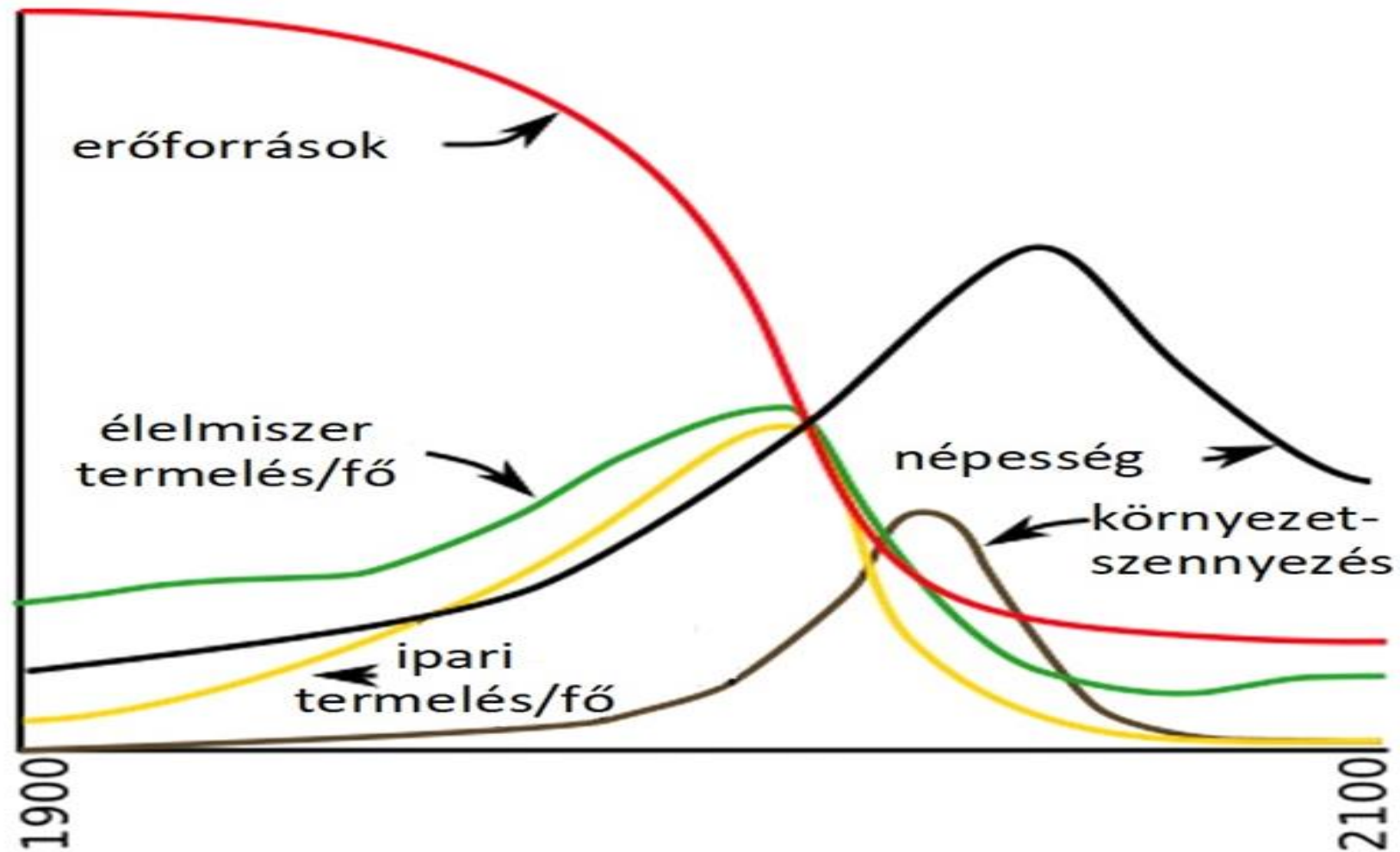
Az ember jelentősen megváltoztatta a Föld felszínét, légkörét, óceánjait és tápanyagciklus-rendszerét

Legmarkánsabb, hogy az ipari forradalommal megkezdődött az üvegházhatású széndioxid koncentráció folyamatos emelkedése.



A légköri széndioxid-koncentráció változása az elmúlt 800 ezer évben

Római Klub: A növekedés határai, 1972



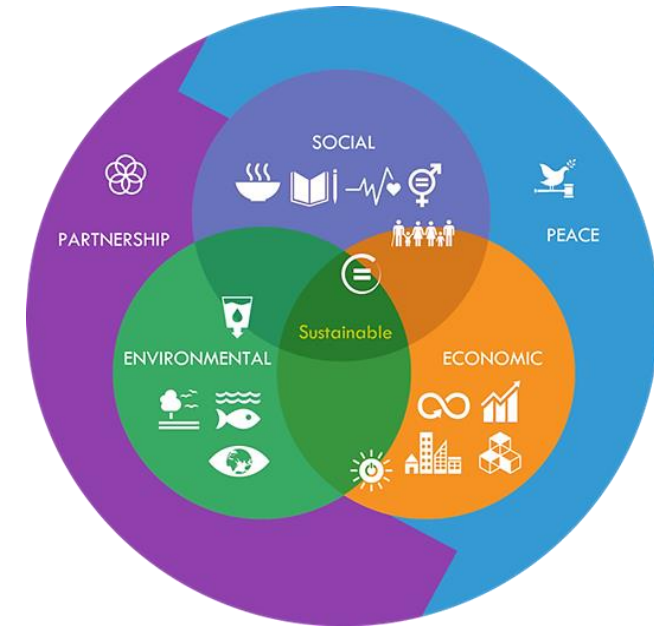
Ha a folyamatos növekedés közbeavatkozás nélkül folytatódna... (Standard világmodell)

Az ENSZ Fenntartható Fejlődés Csúcstalálkozója, 2015

Fenntartható fejlődési célok (SDGs) 2030-ig

A Fenntartható Fejlesztési Keretrendszer öt pillére, az 5P:

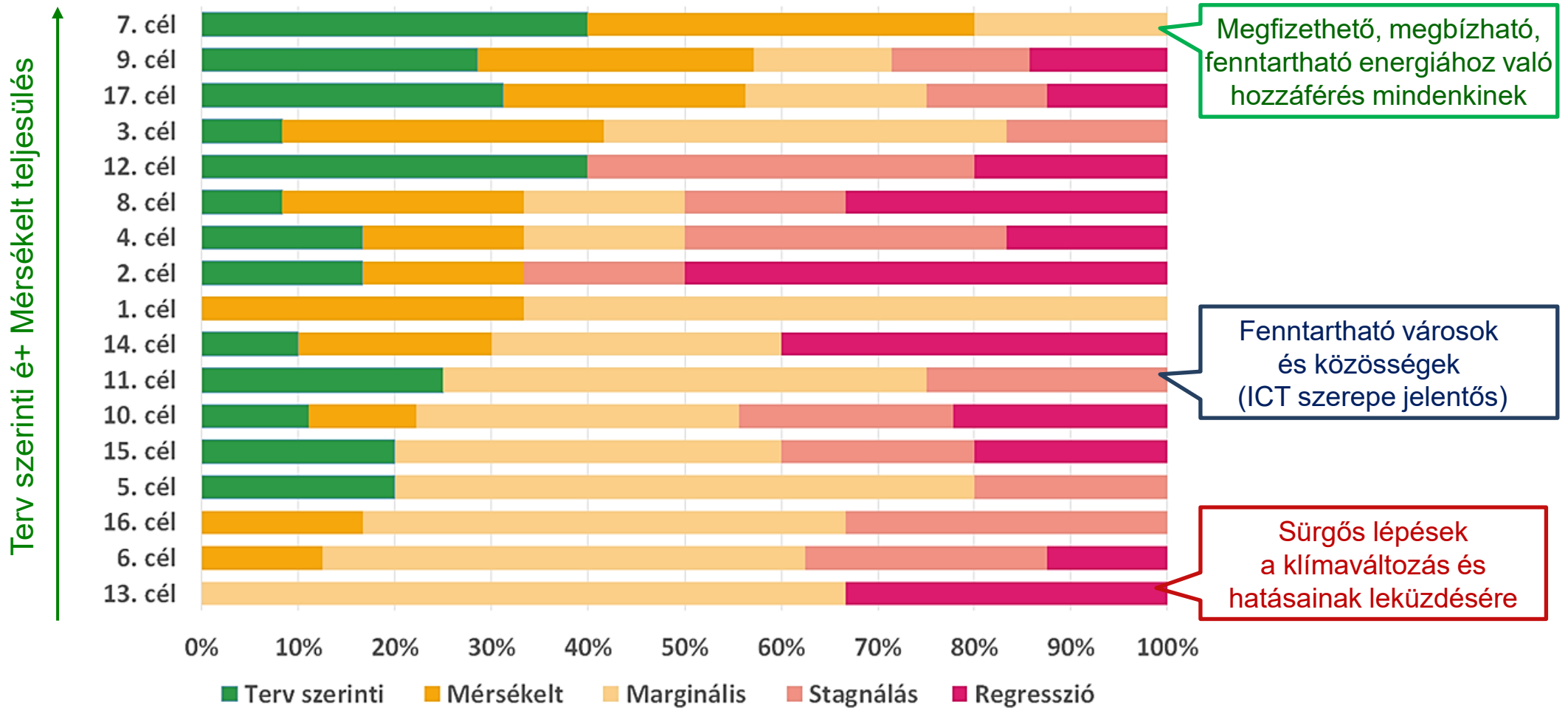
- Társadalmi méltányosság, az Emberek (Social/People)
- Környezetvédelem, a Bolygó ((Environmental/Planet)
- Gazdasági jólét (Economic/Prosperity)
- Béke (Peace)
- Partnerség (Partnership)



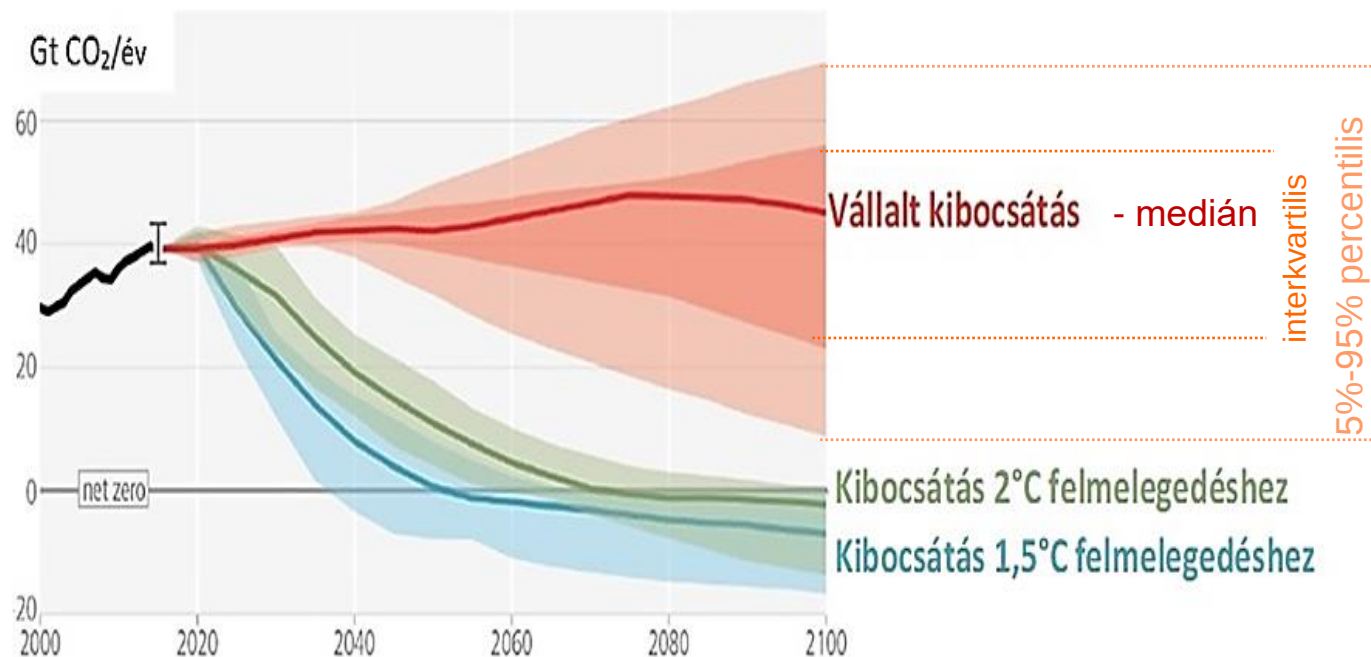
A 17 cél (goals) keretében
169 célkitűzés (targets)

A fenntartható fejlődési célok teljesülésének helyzete, 2024

A célkitűzések (targets) előrehaladásának ENSZ értékelése



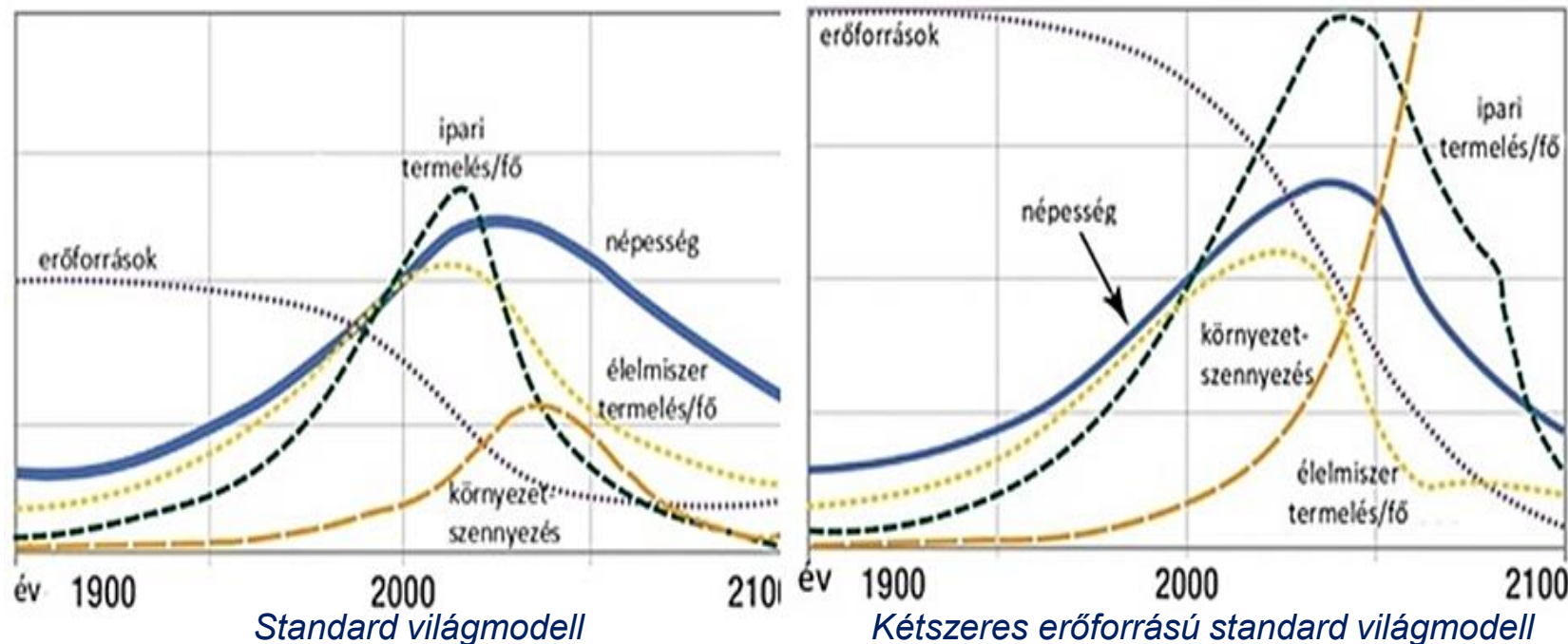
IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) 2023-ban a klímaváltozásról kiadott 6. jelentése szerint, ha az országok által jelenleg vállalt évenkénti CO₂ kibocsátás valósul meg, akkor a becslések szerint **a globális felmelegedés elérheti a 3,2 °C-t.**



*Az országok által vállalt CO₂ kibocsátás, és
a 2 °C és az 1,5 °C felmelegedéshez megengedett kibocsátás*

„Az éghajlatváltozás veszélyt jelent az emberi jólétre és a bolygó egészségére nézve. A lehetőségnek gyorsan bezáruló ablaka áll csak rendelkezésre egy élhető és fenntartható jövő biztosítására mindenki számára. Az ebben az évtizedben meghozott döntések és végrehajtott cselekvések hatással lesznek a jelenre és az elkövetkező több ezer évre.”

A növekedés határai könyv (1972) jóslatait a növekedés bűvöletében egyáltalán nem vettük komolyan. A standard világmodellt és számos további modellt 2020-ban futtatva, az elmúlt időszak tényadataihoz leginkább a kétszeres erőforrású standard modell illeszkedik (nagyobb ipari termelés, de nagyobb környezetszennyezés is). A népesség stabilizálódását csak a hatékonyabb technológiai megoldások (szennyezés csökkentés, terméshozam növelés, erőforráshatékonyság javítása) széleskörű bevezetése és a társadalmi prioritások globális változása (születésszabályozás, ipari termelés tudatos korlátozása, egészségügyi és oktatási szolgáltatások előtérbe helyezése...) együtt eredményezhetné [Harvard doc., 2020].



A Föld népessége
1930-ban 2 milliárd,
1960-ban 3 milliárd,
2023-ban 8 milliárd.

<https://dash.harvard.edu/bitstream/handle/1/37364868/BRANDERHORST-DOCUMENT-2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

A kilátások nem rózsások, sokkal nagyobb a baj, mint hisszük. A haladásban és nem a növekedésben kellene bízunk. „Kezdjünk új párbeszédet arról, miként építsük bolygónk jövőjét. Olyan megbeszélésre van szükség, amely valamennyiünket egyesít, mert a környezettel kapcsolatos kihívás mindannyiunkat érint...” [Ferenc pápa, 2015]

Irodalom



SALLAI, GYULA: „Evolution of Digitization toward the Internet of Digital & Cognitive Realities and Smart Ecosystems”
Infocommunication Journal, Special Issue:
Internet of Digital & Cognitive Realities, 2023. pp. 2-8.
<https://doi.org/10.36244/ICJ.2023.SI-IODCR.1>

SALLAI GYULA (SZERK.): HTE 75 Infokommunikációs víziók. **Híradástechnika**,
különszám. Vol. 79. No. 2. pp. 1-28. 2024. ISSN 0018-2028
https://www.hiradastechnika.hu/documents/4743302/4941534/Hiradastechnika_Kulonszam.pdf