

Mesterséges Intelligencia az Energetikában

Varga Pál

tanszékvezető

BME Távközlési és Mesterséges Intelligencia Tanszék



Motivációk

- ◎ A kapcsolt energiatermelés **jövője** a **hatékonyság + intelligencia** kombinációján múlik;
- ◎ **Az energiarendszer túl komplex és dinamikus** lett a klasszikus üzemvitelhez;
- ◎ **Az MI már ma is mérhető üzleti értéket ad;**
- ◎ **Az MI kétélű fegyver**
 - egyrészt növeli a terhelést (MI számítás),
 - másrészt optimalizál, csökkenti a bizonytalanságot és a költségeket a tervezésben, a piacokon és az üzemeltetésben.

Villamos Energetika és Mesterséges Intelligencia Workshop

- a Távközlés és Mesterséges Intelligencia sorozat részeként -

2026. március 3., kedd 15:00-18:00
BME „I” épület, IB 025 terem

ELŐADÓINK



Popovicsné Koncsos Brigitta
– E.ON Digital Technology Hun.,
ügyvezető igazgató
E.ON AI-stratégia a víziótól
az üzleti értékig



Gunyits Zakariás
– MVM, BI HUB vezető –
IVH/DSO
AI governance
nincs Data Governance nélkül



Szücs Gábor
– MAVIR,
Innovációs csapatvezető
Infrastruktúrától intelligenciáig:
A rendszerirányítást digitális
átalakulása az energiaátmenet
korszakában



Pintér László
– OPUS TIGÁZ, OPUS TITÁSZ,
Innovációs igazgató
Megérthető az energiarendszer az
ügyfél számára?
Elvárások AI irányában



Péter Gábor Mihály
– EON Hungária,
hálózati innovációs szakértő
DSO hálózati megfigyelhetőség és
az új energiatrendek kapcsolata



Dr. Hartmann Bálint
– BME VET,
hab. tud. főmunkatárs
Rejtett mintázatok a hálózatban



Dr. Varga Pál
– BME TMIT,
tanszékvezető
A villamos energetikai és az M.I.
innovációk egymásra hatása



Levezető elnök:
Vokony István
– BME VET,
tanszékvezető

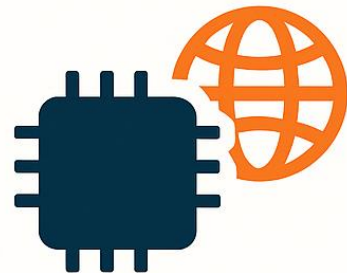
A Mesterséges Intelligencia – Új Iparág



A Mesterséges Intelligencia mint új iparág



Own energy and infrastructure



Global supply chain



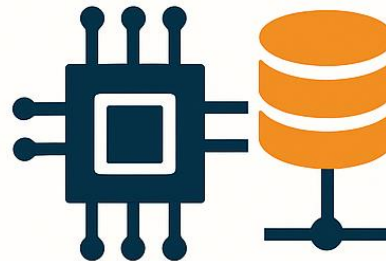
Standards and regulation framework



**Major capital & R
R&D investments**



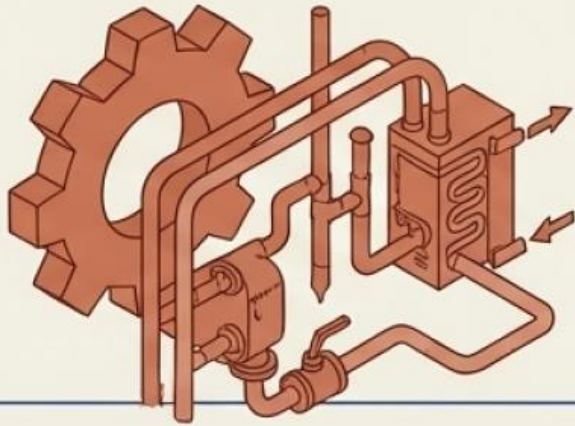
**Division of labor
and expertise**



**Vertical
integration**

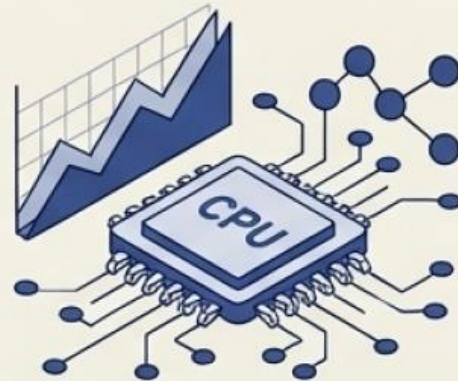
A hardver izomzatához szoftveres idegrendszer kell

A kapcsolt hő- és villamosenergia-termelés (CHP) az energetikai rendszer egyik leghatékonyabb megoldása. De a modern energiarendszer paradigmát váltott.



Fizikai Alapok (Az Izom):

Hőoldal és villamos oldal egyidejű termelése azonos primer energiából.



Digitalizáció & AI (Az Agy):

Valós idejű adatfeldolgozás, EU szintű energiadigitalizációs irányelvek, hálózatoptimalizálás.



Az Eredmény:

Integrált, piacképes és keresletoldali rugalmasságot biztosító okos-kogeneráció.

Az AI nem „helyettesíti” az energetikai mérnököt. Jobb előrejelzést, gyorsabb optimalizálást és üzembiztosabb döntéstámogatást ad a komplex piaci környezetben.



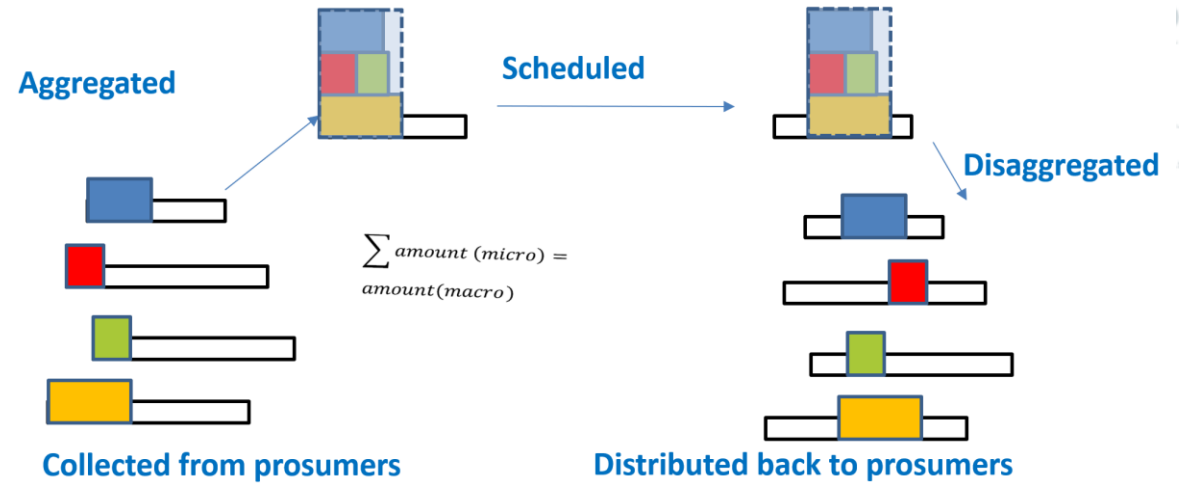
**“Sosem fogok
bízní az MI-ben”**



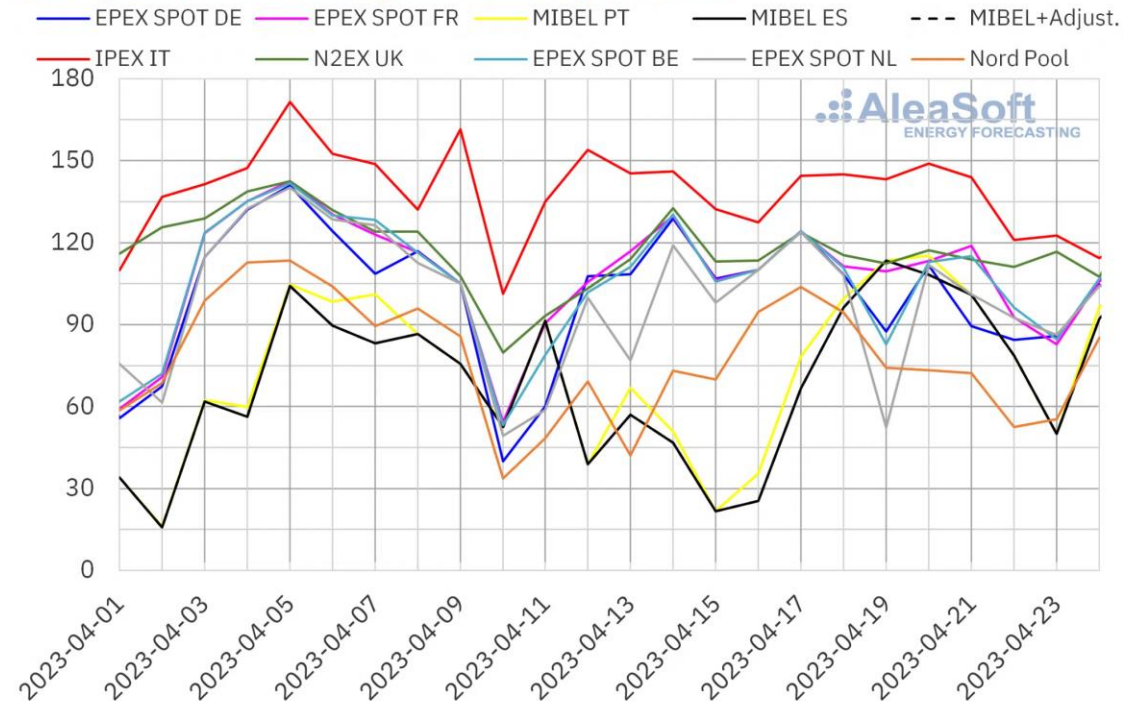
**BME
TMIT**

M.I. az Energetikai szektorban – infrastruktúra oldal

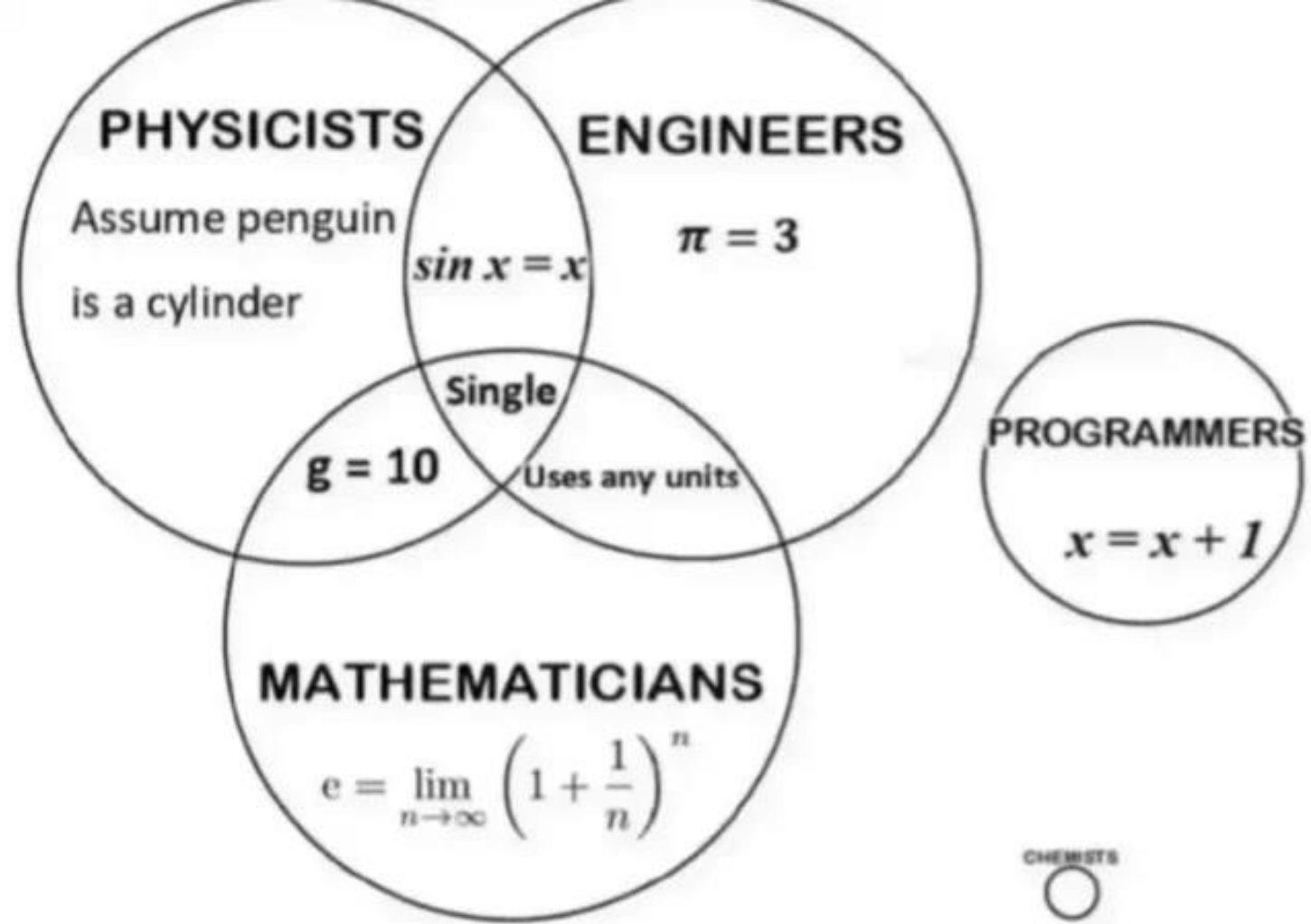
- ⦿ Energiaigény előrejelzés
- ⦿ Smart Grid kezelése
- ⦿ Megújuló energiaforrások integrálása
- ⦿ Energiatárolás kezelése
- ⦿ Hálózati terhelés-kiegyenlítés
- ⦿ Energiaár-előrejelzés és kereskedelem
- ⦿ Virtuális erőművek (VPP) kezelése
- ⦿ Energiatolvajlás felismerése



European electricity markets [€/MWh]

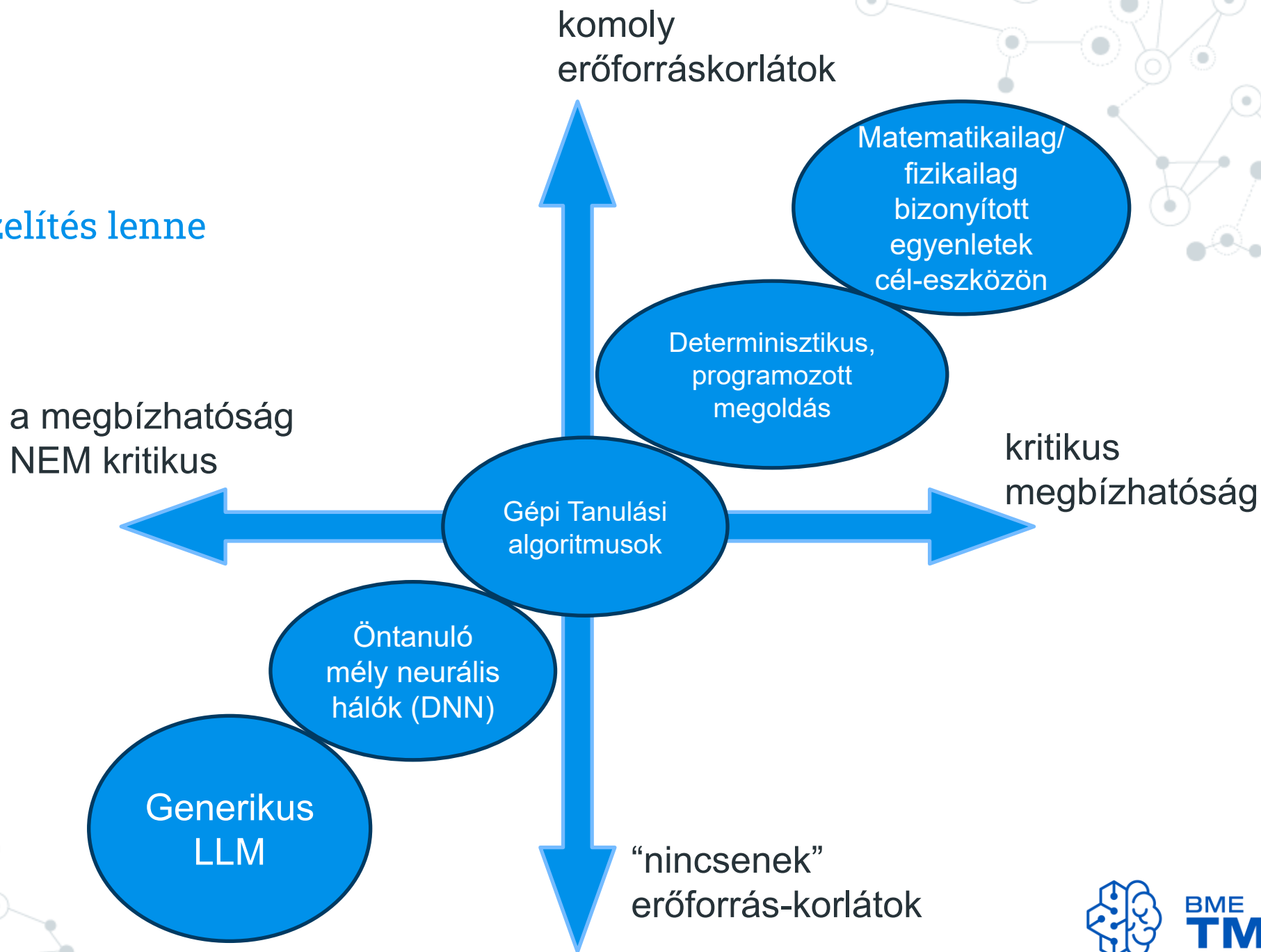


Mérnöki egyszerűsítések



Mérnökök:

Milyen megközelítés lenne megfelelő?



Kockázatok, korlátok

- ◎ **“Mindenre Nagy Nyelvi Modelleket”-t?**
 - Félreértés, vezetői eltávolodás
- ◎ **MI-vezérelt terhelésnövekedés**
 - az adatközponti villamosenergia-igény ugrásszerű növekedését prognosztizálják; a tervezésnek ezt figyelembe kell venni
- ◎ **Megbízhatóság és integráció**
 - az inverter viselkedés, a modellek kockázata és a human-in-the-loop elv megkövetelik a **fokozatos, fizikai modellekkel validált** bevezetést
- ◎ **Megfelelés**
 - az EU AI Act teljes életciklusos kockázatkezelést, adatminőséget, átláthatóságot és utólagos monitorozást ír elő



Az MI az energetikában nem autonóm, hanem mérnököket támogató rendszer



A fizika a lényeg

Az MI előszűr,
a fizikai modell
validál.



Döntésközpontú

Az érték az operátori
beavatkozás
optimalizálásában
van.



Adat a szűk keresztmetszet

Energy Data Space
nélkül nincs
európai MI.



DSO a frontvonal

Az elosztóhálózaton
a leggyorsabb az
adaptáció.



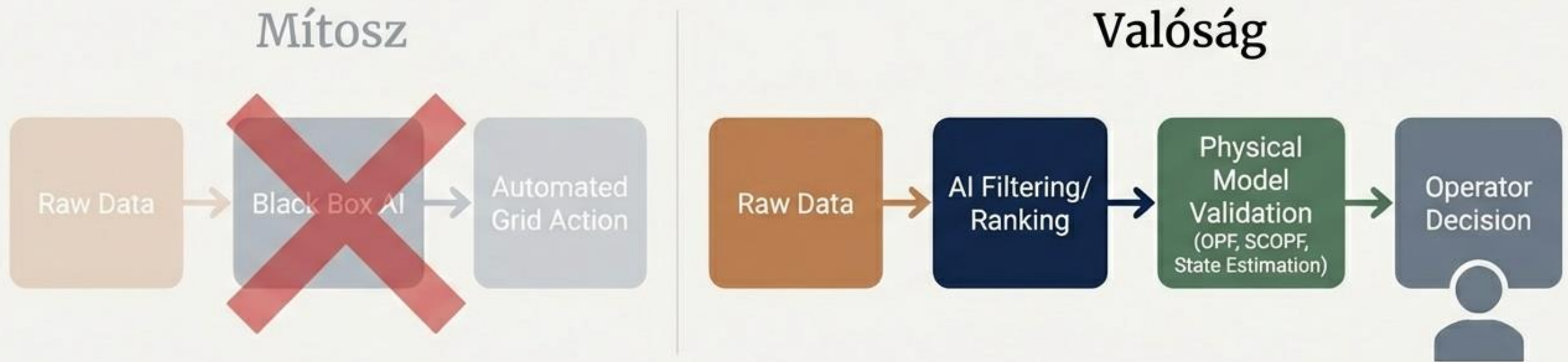
Bizalom > Pontosság

Magyarázhatóság és
human-in-the-loop
az alapfeltétel.

👉 Tanulság: Az energetikai MI a bizonytalanságot kezeli, nem a mérnököt helyettesíti.

A hibrid pipeline az ipari minimum

Minden sikeres európai példa **fizika-első szemléletet** követ. Az MI előszűr, rangsorol és közelít, de a végső döntést a klasszikus fizikai modellek mondják ki.



👉 Tanulság: Az MI nem váltja ki a fizikát – hanem felgyorsítja a megoldást

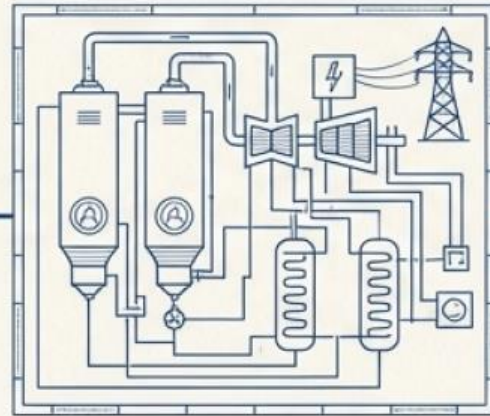
Az AI mint ipari alapfunkció: Négy beavatkozási pont

1. Prediktív Előrejelzés

Terhelés és fogyasztói hőigény mikroszintű becslése.

3. Prediktív Karbantartás

Szenzor alapú hiba-előrejelzés és OPEX-csökkentés.



2. Üzemoptimalizálás

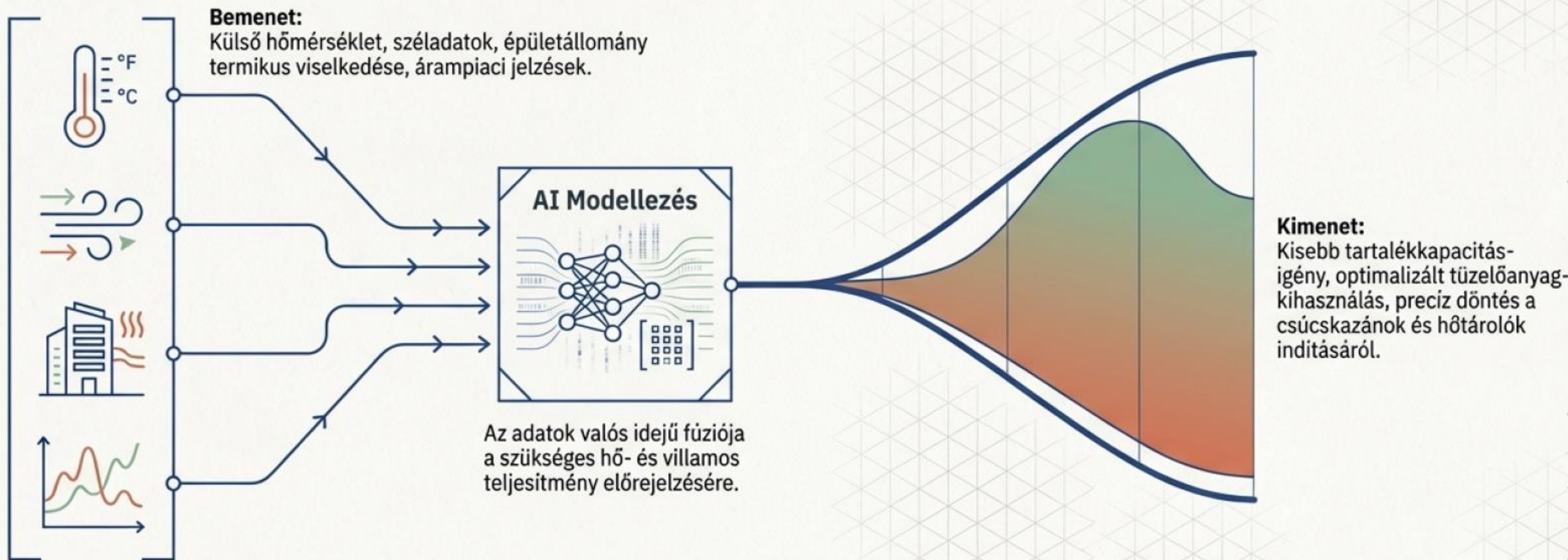
Többergia-hordozós flexibilitás és többpiacos menedzsment.

4. Digitális Iker (Digital Twin)

Valós idejű rendszerszintű szimuláció és operáció.

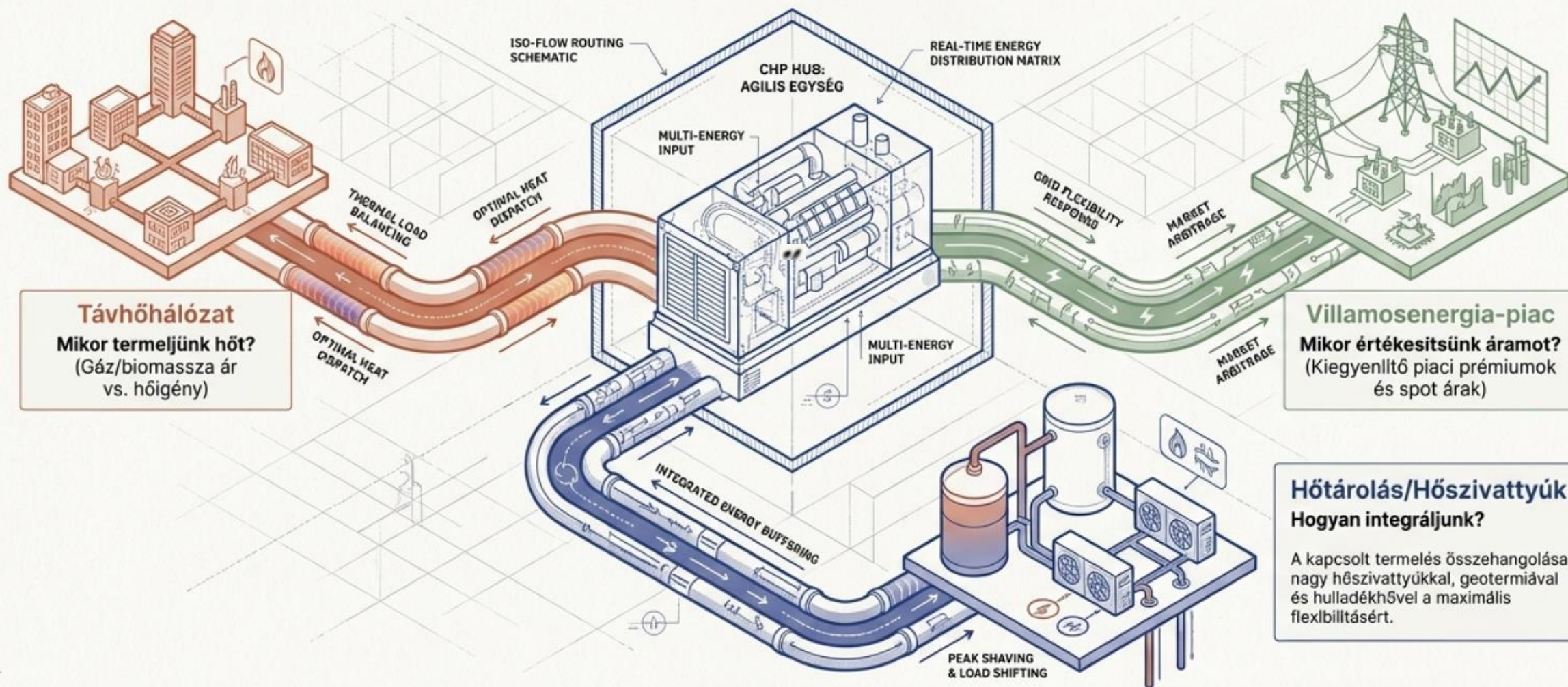
1. Pillér: Prediktív terhelés- és hőigény-előrejelzés

A távhőre kapcsolt CHP-rendszerek Achilles-sarka a fogyasztói hőigény ingadozása.
A modern heat-led üzemhez már nem elég a múltbeli tapasztalat.



2. Pillér: Többpiacos üzemoptimalizálás és rugalmasság

A CHP többé nem egydimenziós „alaperőmű”. A jövő energiarendszerében többenergia-hordozós, agilis egységként kell működnie, amely reagál a változó hálózati jelzésekre.



3. Pillér: Prediktív karbantartás és üzembiztonság

A forgógépek, kazánok és szivattyúk meghibásodása kritikus ellátásbiztonsági kockázat. Az AI-alapú állapotfelügyelet közvetlen üzleti értéket teremt.

Korai felismerés:

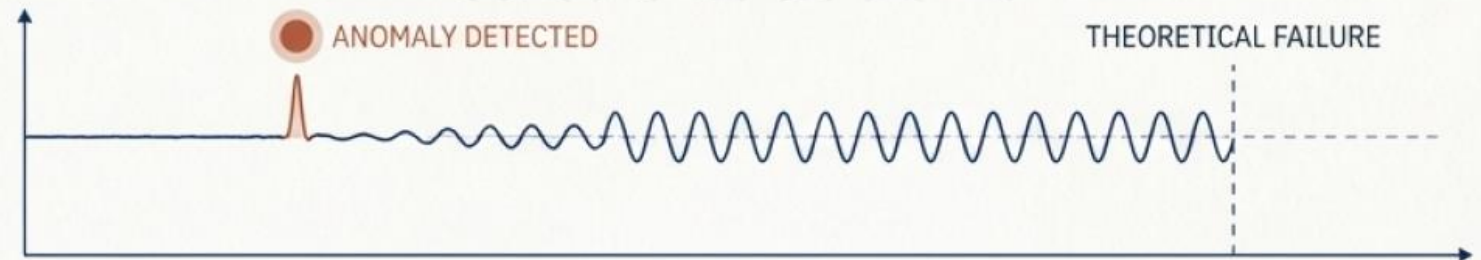
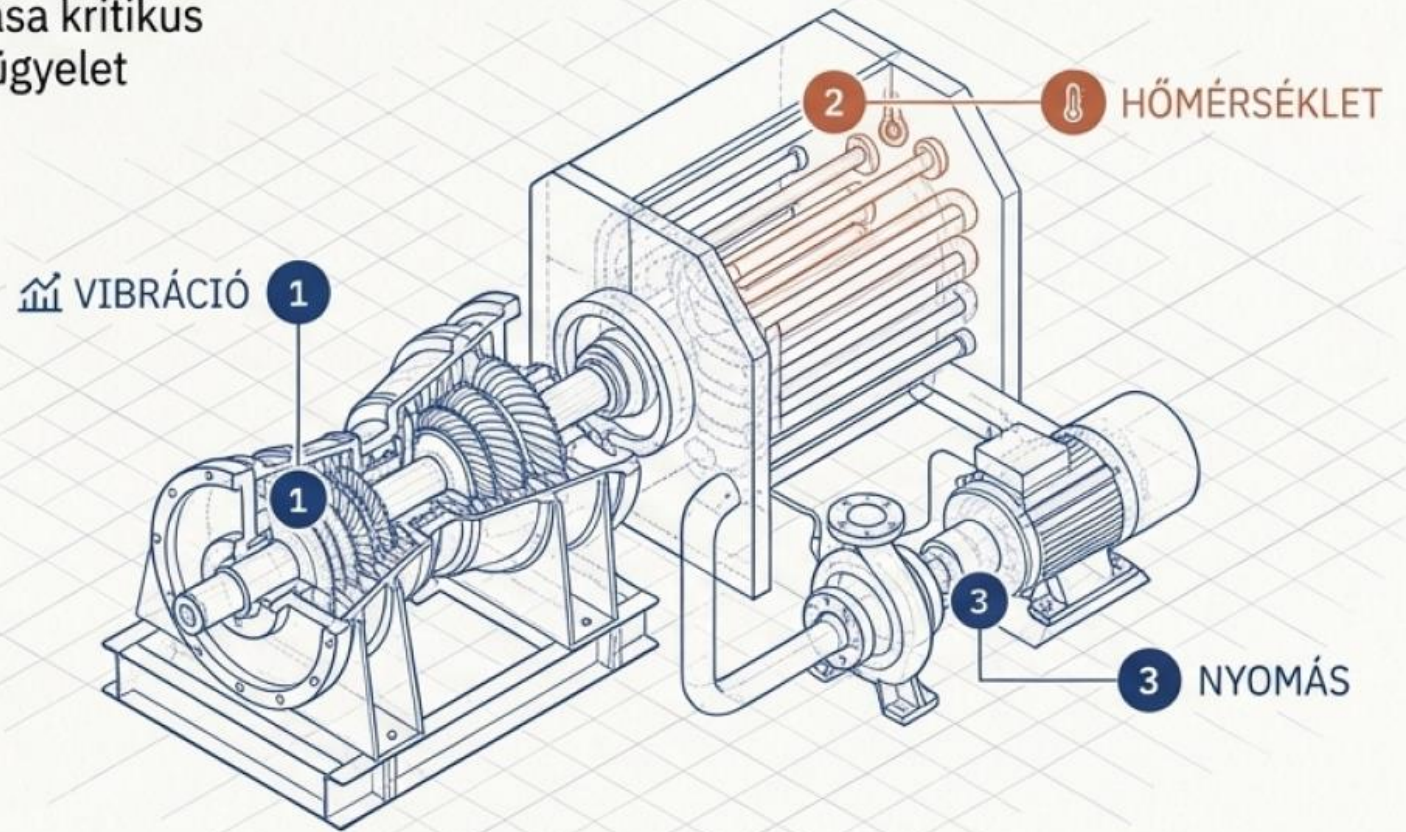
A rezgés-, hőmérséklet- és nyomásadatok rendellenes mintázatainak azonosítása emberi észlelés előtt.

OPEX csökkentés:

A nem tervezett leállások (downtime) minimalizálása.

Rendelkezésre állás:

A karbantartás tervezhetőségének radikális javulása, magasabb szolgáltatásbiztonság mellett.



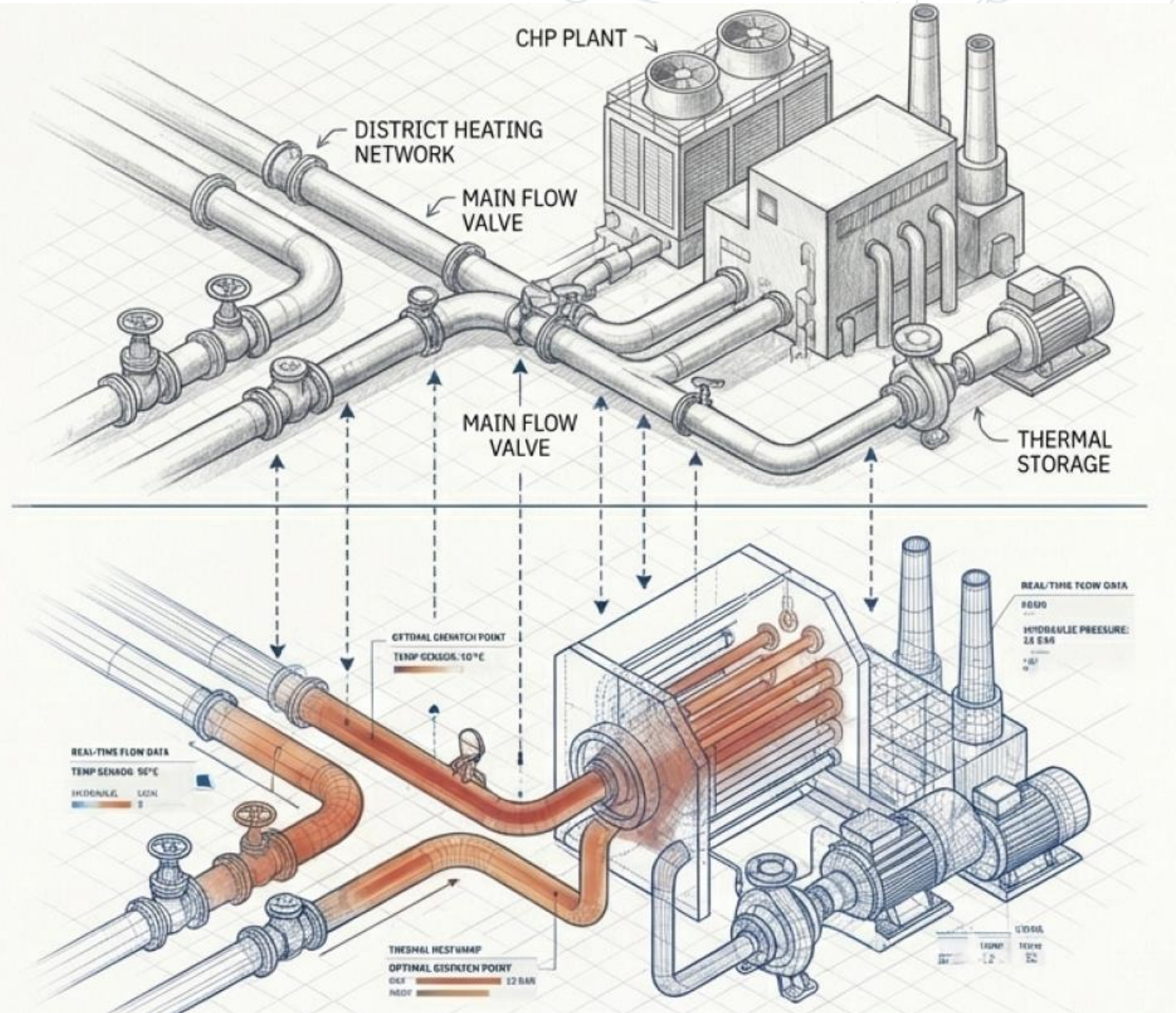
4. Pillér: A Digitális Iker (Digital Twin) mint csúcstechnológia

A hálózati szintű intelligens operáció alapja. A fizikai infrastruktúra folyamatosan frissülő, valós idejű digitális másolata, ahol a forgatókönyvek kockázat nélkül tesztelhetők.

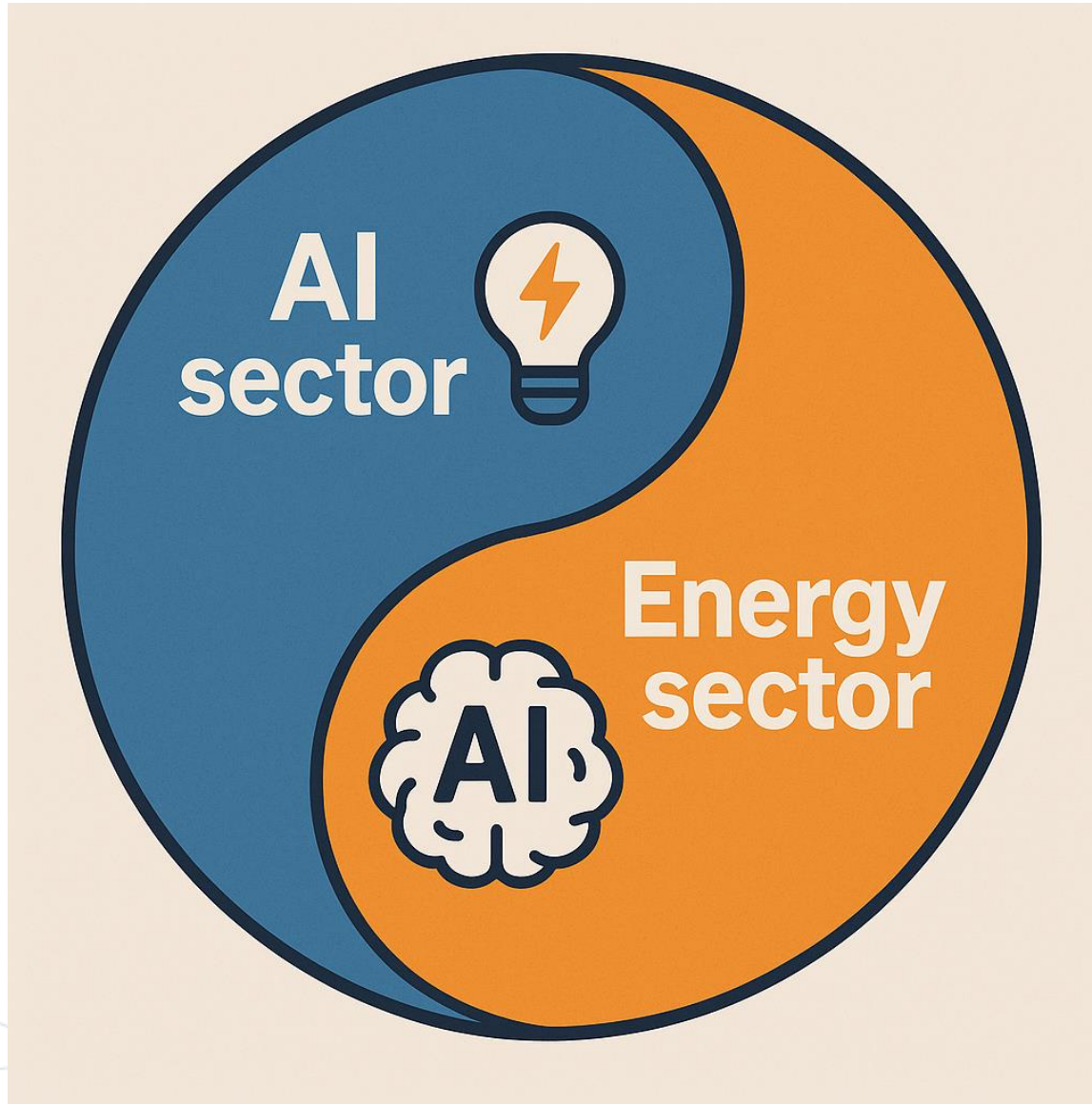
Mérföldkő: 2024 márciusától éles, valós idejű üzemben működik a Helen távhőrendszerének digitális ikre a Gradyent fejlesztésében.

Képesség: Folyamatos hidraulikai és termikus becslést ad a teljes hálózatra.

Eredmény: Pontosan láthatóvá válnak a hálózat hőmérsékleti tartalékai és a különböző termelőoldali egységek optimális összerendezése.



A Mesterséges Intelligencia és a Villamos Energetika



Az MI a bizonytalanságot kezelhető kockázattá alakító új mérnöki réteg



A mesterséges intelligencia az energetikában nem új irányítási logika, hanem új mérnöki eszközkészlet – amely a bizonytalanságot kezelhető kockázattá alakítja.

👉 **Tanulság:** Az MI az energetikában nem egy black box, hanem az elosztott, komplex hálózatok stabilizálásának elengedhetetlen kiegészítője.

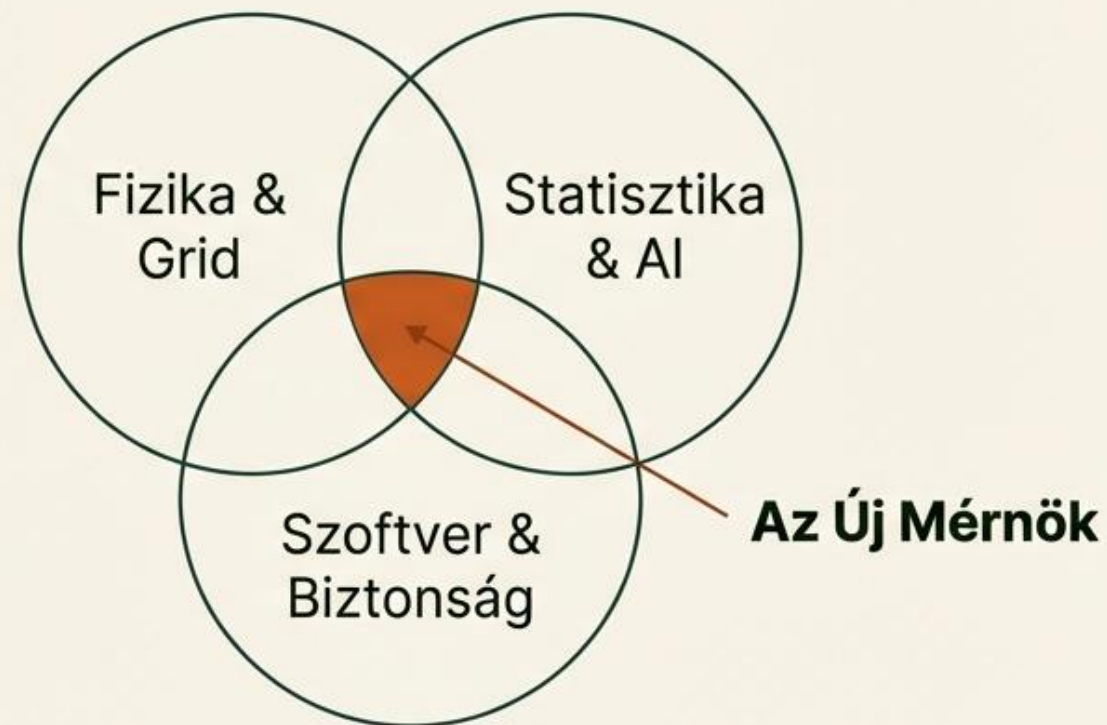


**“A mesterséges intelligencia iparág
nem azt kérdezi az energetikától, hogy
képes-e alkalmazkodni,
hanem azt,
hogy milyen gyorsan
és milyen felelősséggel teszi azt.”**

Az új energetikai mérnök profilja

Elvárás: A szeparált „villamosmérnök” vagy „data scientist” szerepek korszaka lezárult.

Mérnöki realitás: Új, integrált profilra van szükség, amely egyaránt mestere a fizikának, a statisztikának és a szoftverfejlesztésnek. A Grid, az AI és a rendszerbiztonság együttes értelmezése.



👉 Az energetikai mérnök szerepe drasztikusan bővül, nem megszűnik.



**Az MI nem helyettesíti a fizikai világot
vagy az operátorokat; kiegészíti őket.**

**A bizonytalanságot számszerűsíthető kockázattá,
a rugalmasságot kereskedhető terméké alakítja.**

**A megfelelő irányítás, adatterek és modellek
mellett**

**az MI optimalizációs és megbízhatósági eszközzé,
nem pedig kockázattá válik.**



Köszönöm

a figyelmet

Varga Pál
– pvarga@tmit.bme.hu

