



A VÍZENERGIA

*az „elfelejtett” megújuló-
energia-forrás*

Professzorok Batthyány Köre
2025. április 28.

Dr Szeredi István
MVM ny. stratégiai tervezési
főmunkatárs, a műszaki
tudomány kandidátusa

A vízenergia-hasznosítása kiforrott gyakorlat volt már a villamosenergia-hasznosítás megjelenése előtt

A hazai vízerőkészlet hasznosítása hosszú történelmi múltra tekint vissza. Mechanikai erőforrás hasznosításaként a villamos energia megjelenését megelőző évszázadok során kialakultak leglényegesebb eszközei.

A gyors ütemű energetikai igény növekedéssel a kis létesítmények nem tudtak lépést tartani, gyakran csak az emberi léptékük, muzeális jellegük miatt maradtak meg.

Azonban a megújuló energia mennyiségének biztosítása és a különböző termelési eszközök villamos rendszerbe integrálása nagy és kulcsfontosságú létesítményeket eredményezett.

A termelői csoportok érdekérvényesítési gyakorlata gyakran az érdekek egymás kiszorításán és eltaposásán alapul. A valós érdekek helyett az érzelmek, vagy a tudatlanság vezérlik. Ebben szerepet játszik a képzetlenség is. A szakmai ismeretek háttérbe szorítását jól példázza a Paks 2 hűtési rendszerének kialakításában tapasztalt lehetetlenülés.

A vízenergia-hasznosítás agyonhallgatásának következményeént kialakulhat, hogy a fürdővízzel kiöntjük a gyereket is.

Érdemes visszatérni a tényeken alapuló véleményalkotáshoz.

A hazai gyakorlatban is hatékony eszköznek bizonyult a vízenergia mechanikai hasznosítása

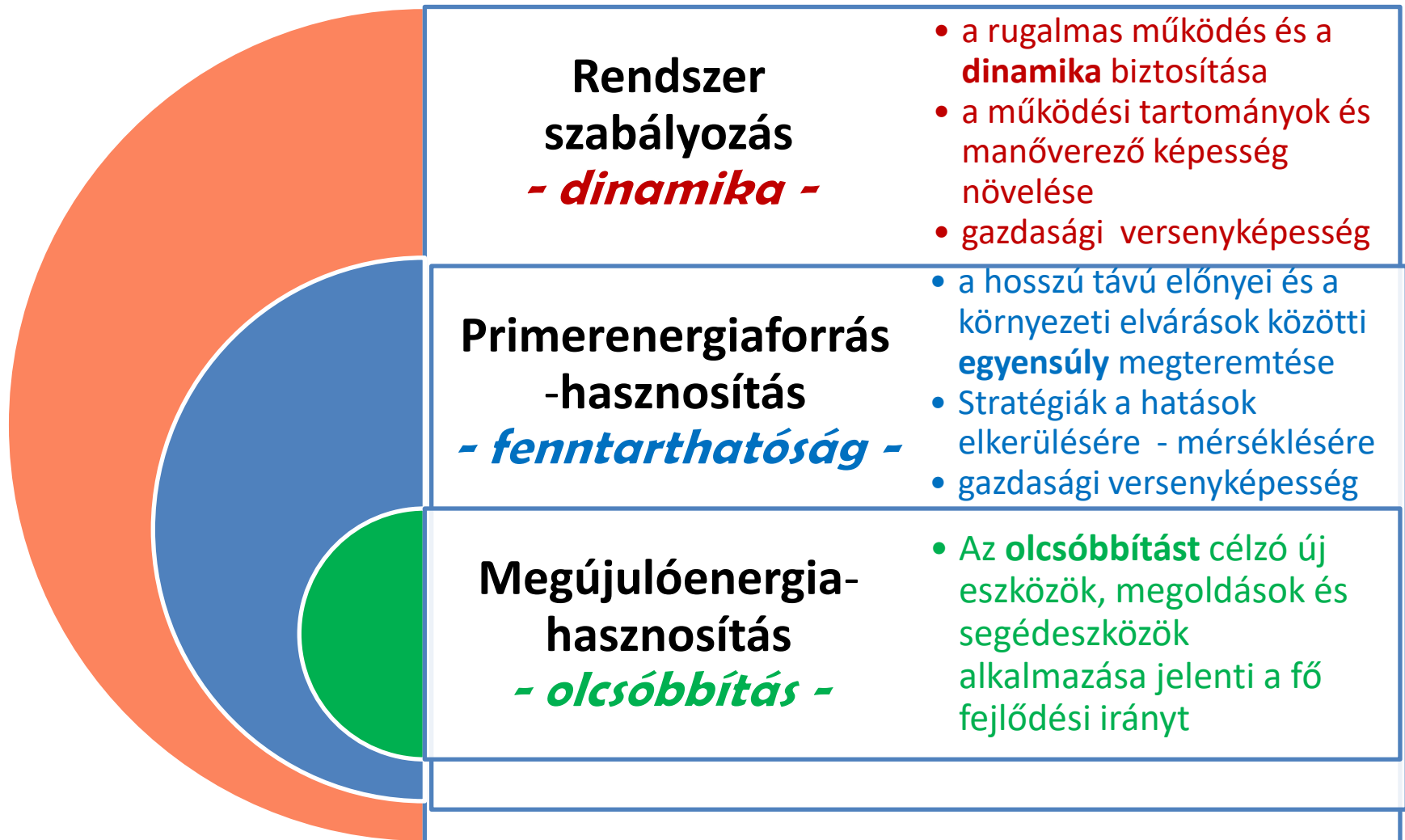


A múlt vízenergia-hasznosítási technológiai emlékének egy muzeális bemutatása.

A határainkon belül a vízenergia-hasznosítással kapcsolatos objektív véleményalkotás bázisa hiányzik

A magyarországi villamos-energia-fogyasztás 10–12%-át kitevő hazai vízenergiakészlet hasznosítása olyan nagy hatású, hogy az arról való lemondást csak kellően megalapozott vizsgálatok indokolhatják!

Az integráció eredményeképp kialakuló egységes piacon való versenyképesség biztosítása szabja meg a fejlődés irányát



A vízenergia-hasznosítás jelenlegi szerepe

Primer megújuló energiaforrás

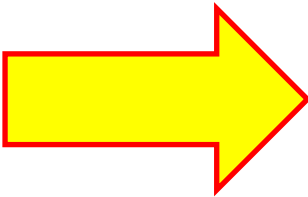
A vízenergia az áramszolgáltatás kezdetétől villamos energia előállítására szolgál. A történelmi időkben a legáltalánosabban használt mechanikai energiaforrás volt. Fokozottan előtérbe került a klímavédelmi célkitűzés elérését elősegítő, megújuló forrásból termelt villamos energiaként.

Nem, vagy csak kismértékben támogatásigényes, eszköze lehet a klímavédelmi célkitűzések legkisebb költségű megvalósításának.

Termelést támogató eszköz

A vízenergia bekerült a villamosenergia-szolgáltatás biztonságát támogató rendszerekbe, a termelőkapacitás és a csúcsigények közötti folyamatosan változó különbség áthidalására. A megfelelő tározókapacitású vízerőművek a csúcsidei teljesítményigények teljesítésére használhatók.

A vízerőművek és a szivattyús energiatározók a rendszerirányítás gyors reagálású, flexibilis eszközeivé váltak.

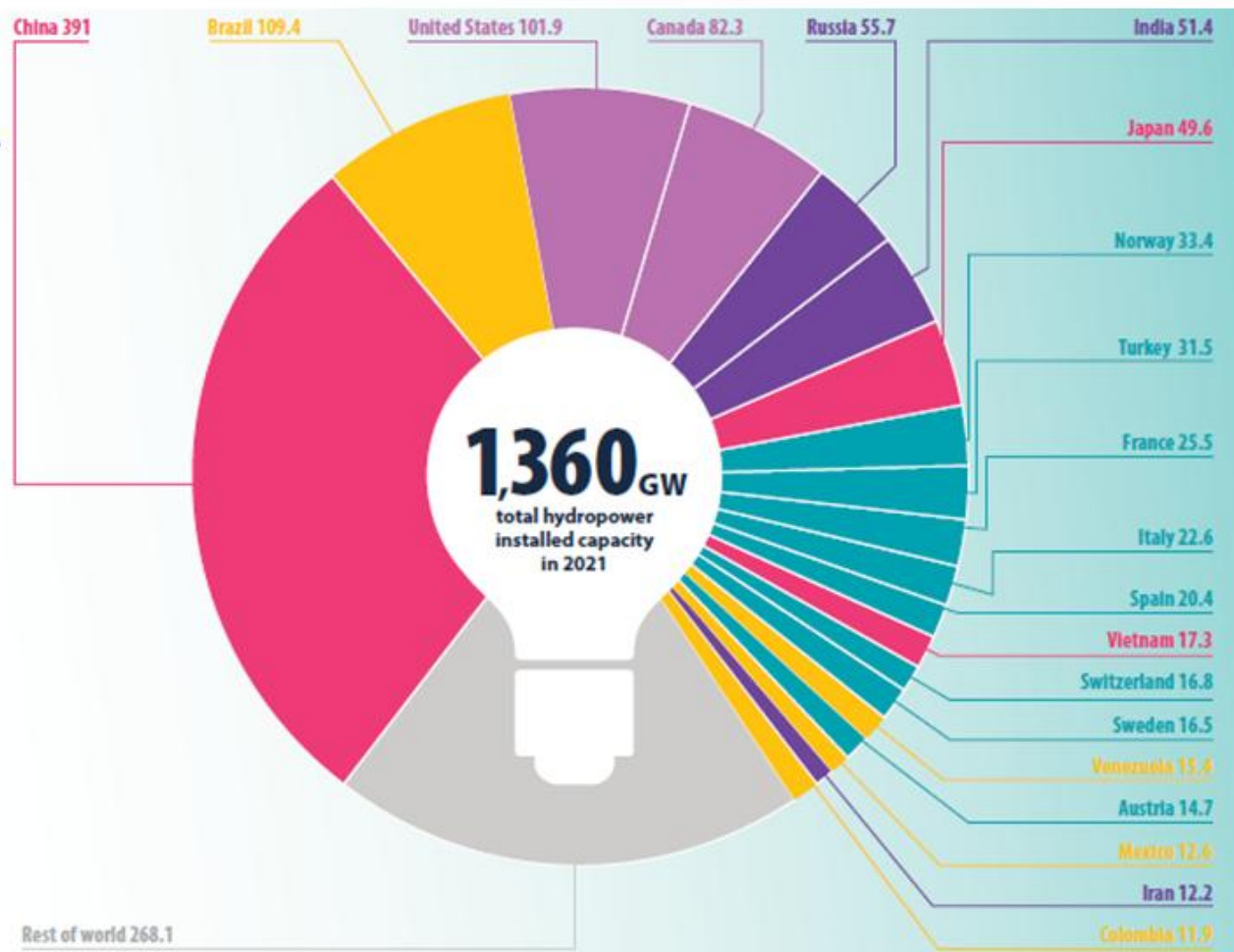


A vízenergia szerepe a primerenergia-forrásként, megújuló forrásból való villamos energiatermeléstől fokozatosan **a rendszer-rugalmasság, -szabályozás és -biztonság** irányába tolódott. Speciális lehetőségei ezen a téren rendkívül értékesekké váltak, különösen a megújuló forrásból termelhető villamos energia rendszerbe integrálásához.

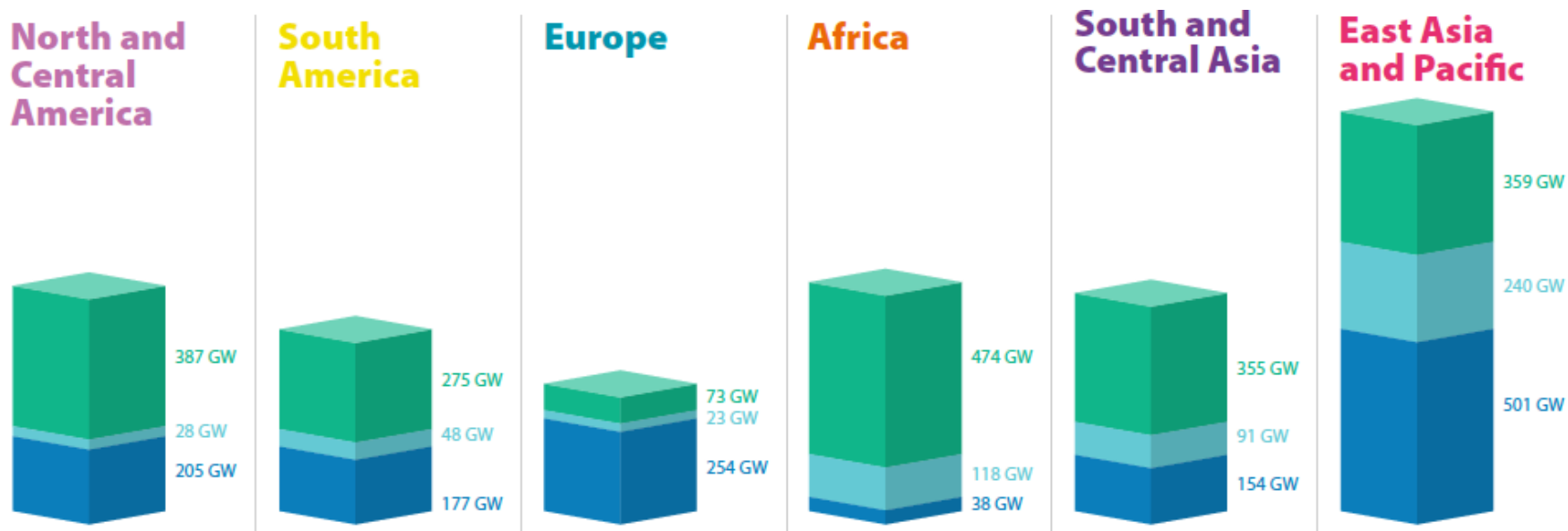
A vízenergia-hasznosítás helyzete és a ma látható trendek

A vízenergia összes beépített teljesítménye 2022-ben 1360 GW volt, ami az összes termelőkapacitás 1/6 -a

A vízenergia 2022-ben a világ összes villamos energiatermelésének 16% -át tette ki. Világszerte az összes teljesítmény **1360 GW** és a 2021. évi összes termelés **4298 TWh** volt. Gyors növekedés várható a következő 25 évben. A becsült teljes műszakilag hasznosítható készlet több mint **16400 TWh/év**. A vízenergia előállításának költsége alacsony, így egy versenyképes megújuló villamos energiát jelent. A vízerőmű nem termel közvetlen hulladékot, és alacsonyabb hatást okoz, mint más termelők.



A vízenergiatermelő-kapacitás földrészenkénti megoszlása 2022-ben (szivattyús tározók nélkül)



Jelmagyarázat



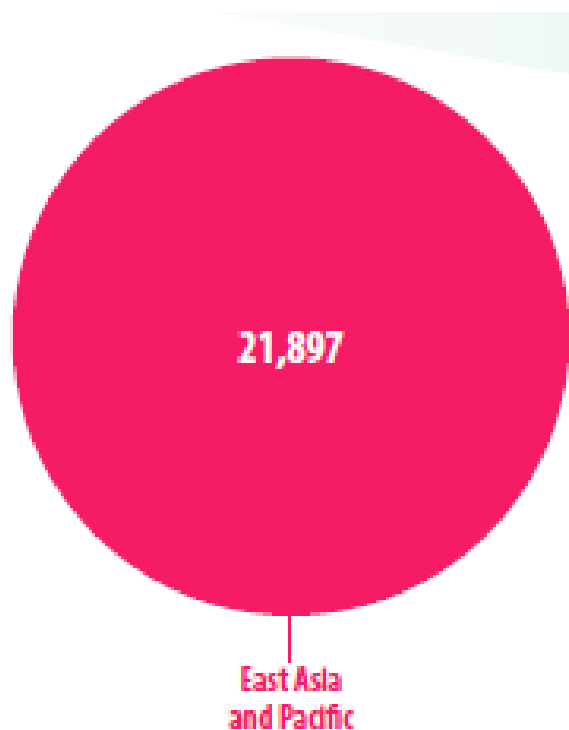
Megmaradó készlet - GW

Megvalósítás alatt - GW

Működő erőmű - GW

A rendelkezésre álló vízenergia-kapacitás megoszlása azt mutatja, hogy összességében és a megmaradt készlet szempontjából is a legkevesebb hagyományos vízenergia Európában áll rendelkezésre. Az európai szabad kapacitás kb. 73000 MW. A kapacitások hasznosításában Norvégia és Törökország jár elől. A növekvő mértékű szabályozási igény szivattyús energiatározók beléptetését indokolja.

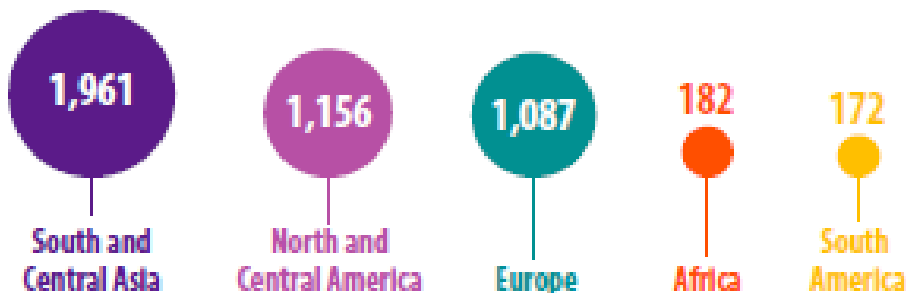
A vízenergiatermelő-kapacitás folyamatosan növekszik a 2021-ben bekövetkezett bővülés földrészenként



Az energiaátállásban létfontosságú hogy az fenntartható módon történjen. 2021-ben a vezető vízenergia-társaságok és nemzetközi szervezetek új fenntarthatósági szabványt és tanúsítványt fogadtak el. A szabvány segíteni fog a vízenergia-projektek fenntarthatóságának egységes biztosításában.

New hydropower installed capacity

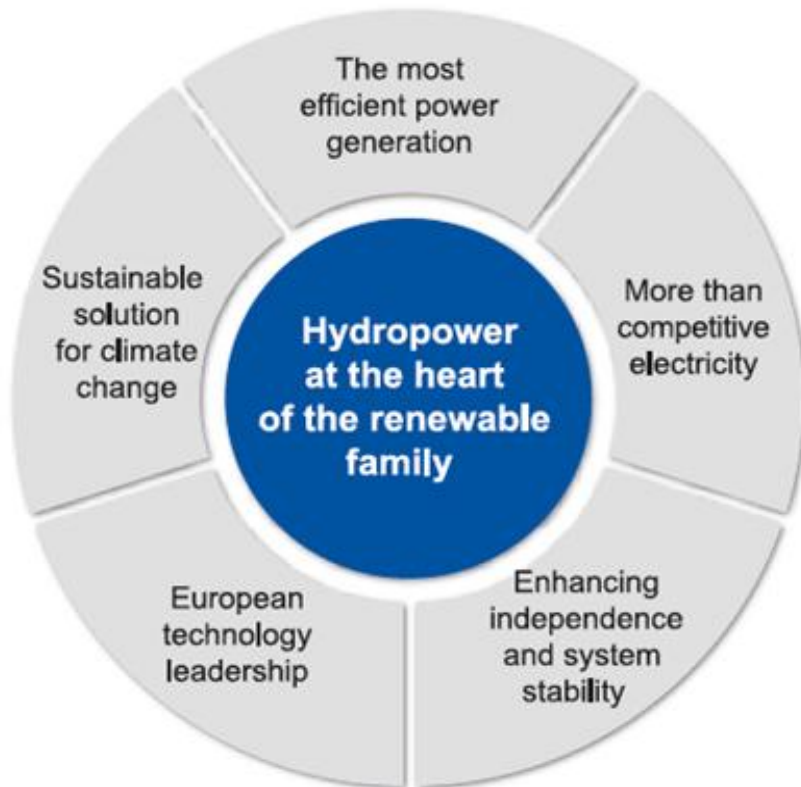
Új vízenergiatermelő-kapacitások 2021 – ben - MW



Az ukrajnai konfliktus mélységes emberi tragédia globális következményekkel. Hatással van a fosszilis tüzelőanyagok árára, jelentős hatással van a megélhetési költségekre világszerte. Bemutatta, mennyire sebezhető a világ gazdaság. Tudjuk, hogy az alacsony szén-dioxid-kibocsátású villamosenergia-termelés jelentős növekedése szükséges.

A határainkon kívüli vélemények, a szakmai szervezetek állásfoglalásai alapján összegezhetők

A villamosenergia-termelők szervezete, az EURELECTRIC *(aminek Magyarország is tagja)* állásfoglalásban deklarálta, hogy a vízenergia Európában a megújuló energiacsalád szíve.



- A legmagasabb hatékonyságú villamosenergia-termelési mód.
- Hosszú távú eredménytermelő képességgel és többcélú hasznosítási lehetőséggel rendelkezik.
- Kulcsfontosságú a rendszerbiztonság és az ellátásbiztonság szempontjából.
- Lehetőséget biztosít a nagy volumenű megújuló források rendszerbe integrálásához.
- Hosszú időre megbízhatóan rendelkezésre áll.
- Globálisan vezető ipari szereplő.
- Nagyon alacsony szintű karbon hatású.
- Kiemelkedő szerepe van a klímaváltozás mérséklésében.

A piacliberalizálás, a nagyblokkos építés és a megújuló energia hármasszorításban →→ felértékelődött a flexibilis vízenergia

- A vízenergia Európa belső forrása.
- Diverzifikálja a forrásokat, csökkenti a függőséget.
- A legfontosabb megújulóenergia-technológia
- Klímabarát és részt vesz a rendszer stabilitásában
- Gyors megtérülésű és magas hatásfokú.
- Európa vízenergia-hasznosítását folytatni kell.
- **A fenntartható vízenergia központi Európa jövőjében.**
- Szerepe van a klímapolitikai célok elérésében

**Az EURELECTRIC
állásfoglalása
szerint a vízenergia
és fejlesztése
európai érdekű**

Hasonló trendek tapasztalhatók a nemzetközi gyakorlatban

**USA Kongresszusa
szerint a vízenergia
növeli a
gazdaságot , és
védi a környezetet**

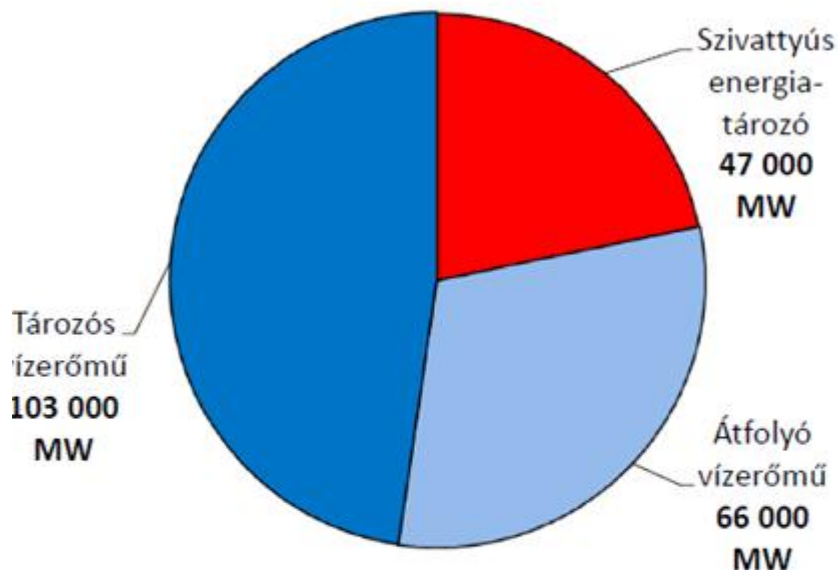
- Nagy volumenű szivattyús energiatároló program
- A teljes program 31 000 MW, folyik az első ütem
- Jogszabályban megújuló energiának ismerik el
- Tilos a vízenergia megszüntetése a Kongresszus engedélye nélkül.
- Tilos szövetségi forrásból támogatni a vízenergiával szemben elkötelezett szervezeteket
- Kötelező a környezetvédelmi szabályokból eredő költségek havonkénti közzététele

A vízenergia felértékelődött Európában

Az EURELECTRIC 2011 -ben közzétett állásfoglalása szerint:

1. A vízenergia **Európa belső forrása**.
Hasznosítása diverzifikálja a forrásokat, **csökkenti a függőséget**.
2. A vízenergia **a legfontosabb megújulóenergia-termelési technológia Európában**, versenyképes, hatékony, klímabarát, és részt vesz a rendszer stabilitás biztosításában.
3. A hasznosítását **gyors megtérülésű** és magas hatásfokú. Európa vízenergia-készleteinek hasznosítását tovább kell folytatni.
4. A fenntartható vízenergia **központi szerepet játszik Európa energetikájának jövőjében**.

Az európai vízerőművek beépített teljesítménye 2015 ben (Forrás: DNV GL)



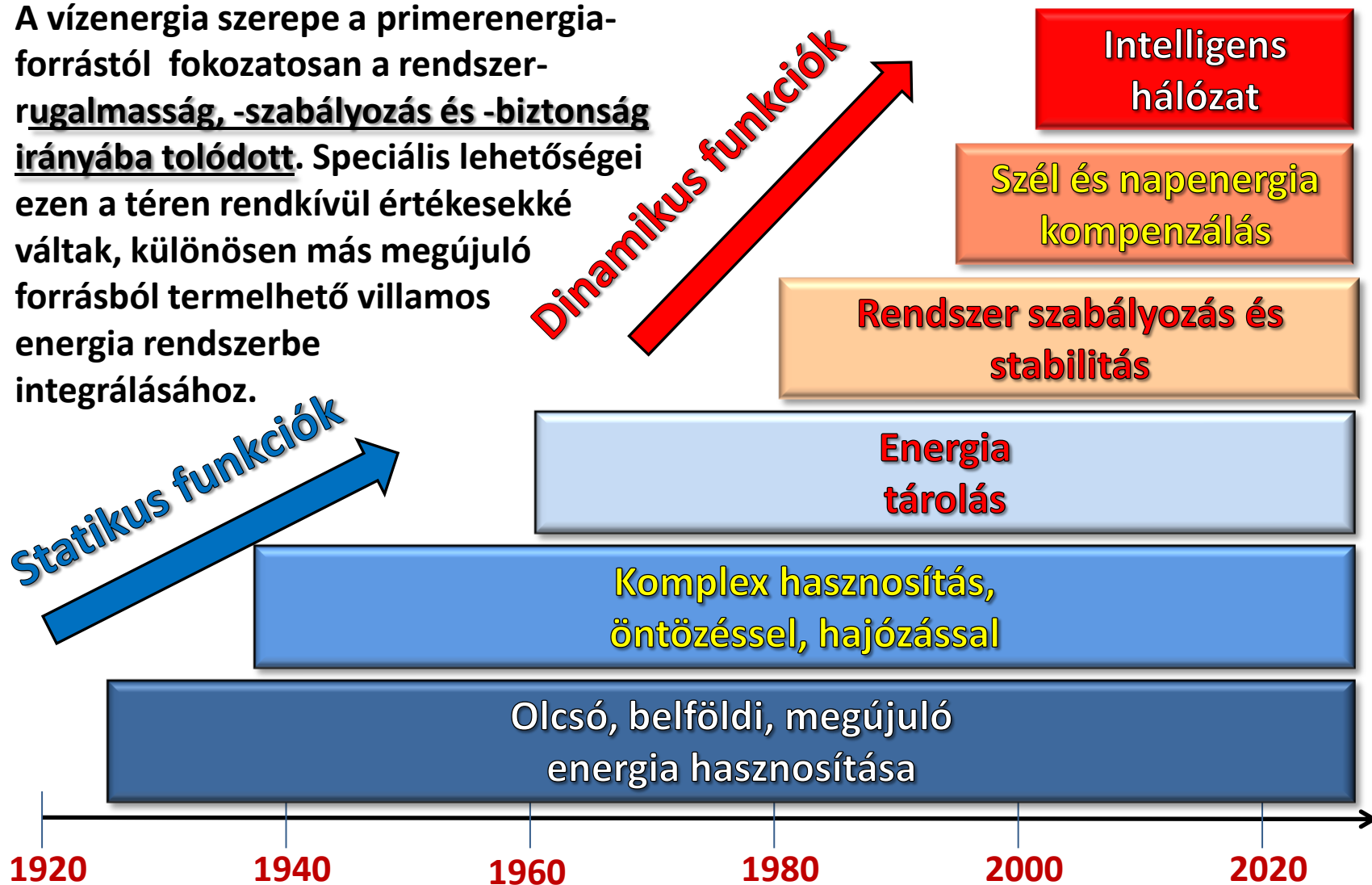
Szivattyú tározók teljes turbinaüzemi kapacitása kb. 47GW és a szivattyú kapacitása mintegy 40GW. Ezzel a szivattyús tározók közel 90GW széles teljesítmény tartományban alkalmasak rugalmasságot biztosítani a napi üzemhez.

A vízenergia primerenergia-forrásként való hasznosítása a rendszer- rugalmasság, -szabályozás, -biztonság irányába tolódott

A vízenergia szerepe a primerenergia-forrástól fokozatosan a rendszer-
rugalmasság, -szabályozás és -biztonság
irányába tolódott. Speciális lehetőségei
ezen a téren rendkívül értékesekké
váltak, különösen más megújuló
forrásból termelhető villamos
energia rendszerbe
integrálásához.

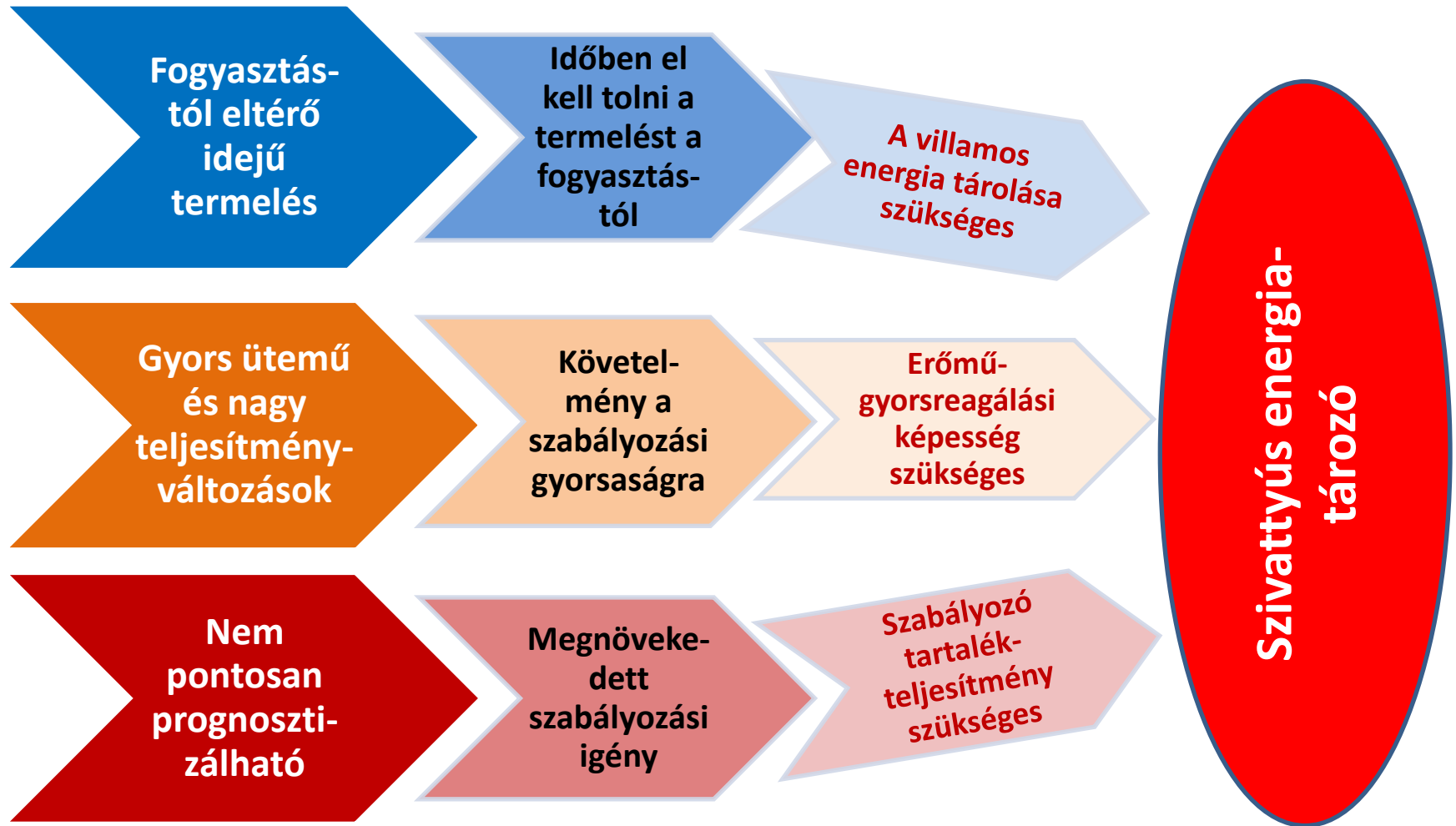
Statikus funkciók

Dinamikus funkciók



Az energiatárolás speciális lehetőségei rendkívül értékesek a megújuló energia rendszerbe integrálásához

A megújuló energia rendszerbe integrálásának követelményei



A vízenergia-hasznosítás területén az integráció és az egységes piacon való versenyképesség szabja meg a fejlődés irányát

Az EU előirányzata szerint

- A megújulóenergia-támogatások csökkennek, és egyes országokban meg is szűnnek.
- Kezdeményezés arra, hogy a megújuló energia már most is támogatás nélkül kell fejlődjön.

A vízenergia-hasznosítása

a rendszerben két lényeges funkciója különíthető el

Primer megújuló energiaforrás

a vízenergia alapfunkciója az áramszolgáltatás kezdetétől

Termelés

támogató eszköz

a villamos energia szolgáltatás biztonságának támogatása

Megújuló energia
szabályozott piac

TÁMOGATOTT

Villamos energia
nagykereskedelmi piac

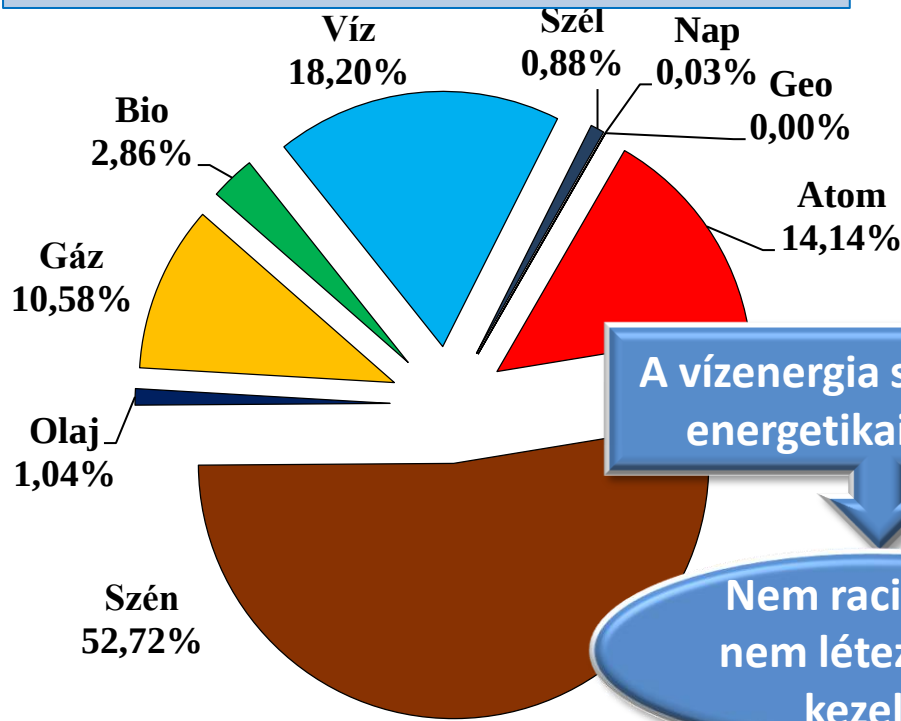
VERSENYPIAC

Szabályozási
szolgáltatási piac

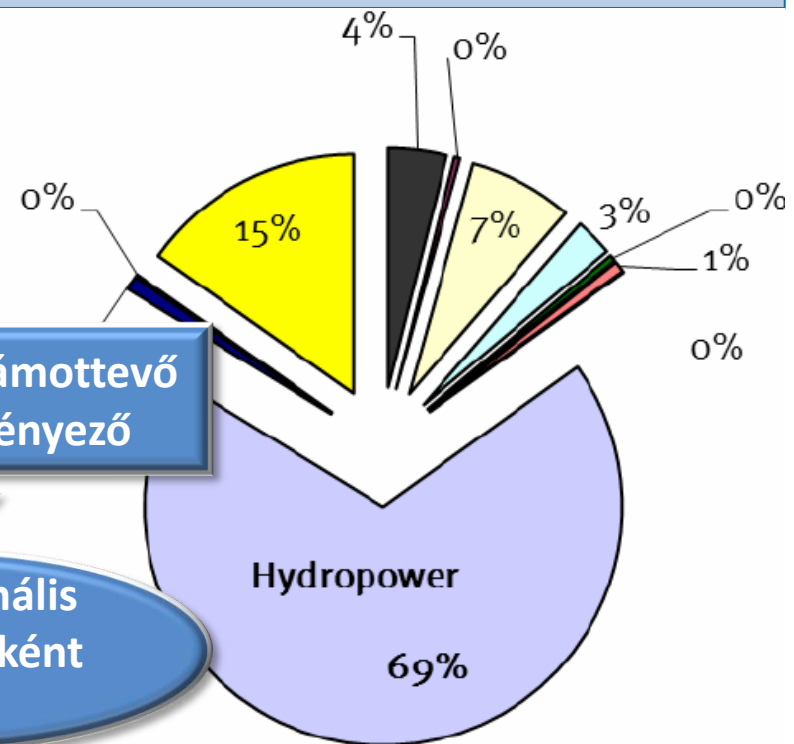
VERSENYPIAC

A vízenergia megújulóenergia-hasznosításban betöltött szerepe mellett primer forrásként is jelentős

A régió villamos energia termelési szerkezete 2010-ben (EU)



Európa megújuló forrásból termelt villamos energia szerkezete 2010 (IEA)



A vízenergia számottevő energetikai tényező

Nem racionális
nem létezőként
kezelt

A régióban termelt villamos energiából 2010-ben 52,72% szénalapú termelésből származott. Az arányokban **második a víz 18,20%**, és harmadik az atom 14,14%. A földgázalapú termelés 10,58%.

Az EURELECTRIC európai tagországok megújulóenergia-hasznosításában a **vízenergia 2008-ban 69%** részt vállalt. Ezt követte: a szél 15%, a szilárd biomassza 7%, hulladék 4%, biogáz

3% stb.

A vízenergia használatának összefüggései

Primerenergia-forrás,
helyi forrás, alacsony
termelési költségű,
árstabilizáló hatású

Megújuló, tiszta
energia, a CO₂-
emisszió-mérséklés
és a fenntartható
fejlődés eszköze

A komplex
hasznosítás és a
regionális
fejlesztés eszköze

Gyorsreagálású
flexibilis szabályozás,
más források
rendszerbe
integrálásának
eszköze



A határainkon belül a vízenergia-hasznosítással kapcsolatos objektív véleményalkotás bázisa hiányzik

A magyar gyakorlat nemlétezőként kezeli a vízenergiát, annak ellenére, hogy az árstabilitást növelő és az importfüggőséget csökkentő, belföldi energiaforrás + a rendszerbiztonság és -szabályozás kiemelt eszköze.



- A vízenergia negligálását nem támasztják alá megfelelő vizsgálatok
- A szakmai szervezetek többnyire nem beszélnek róla, hallgatnak.
- Folyóiratok, szakkönyvek a könyvtárakban sem elérhetők.
- A szakirányú képzés, a szakembergárda hiányzik.
- Híradások a világ más országairól nincsenek.
- A fejlesztési tervek egyeztetésére képes szakmai szervezetek nincsenek.

A szivattyús energia- tárolók helyzete

A szivattyús energiatároló a vízenergia-hasznosítás egy formája

- A szivattyús energiatároló a **vízenergia-hasznosítás** egy **speciális formája**. Vízerőműként működve képes a tárolt víz energiáját villamos energiává alakítani, és szivattyúként a villamosenergia-többletet felvenni, és helyzeti energiaként tárolni.
- A szivattyús energiatároló mindenkori funkciója a villamosenergia-rendszer fejlődésének szakaszaiban jelentkező igényekhez illeszkedett. Ma a **dinamika biztosítása** vált döntő jelentőségűvé. A szivattyús energiatárolók a villamosenergia-rendszerben betöltött szerepük szerint a versenytutók a villamosenergia-termelő erőművek között. *(Dr Kozák Miklós)* A gyorsreagálású, dinamikus képességeikkel a **villamos hálózat biztonságának és stabilitásának kiemelkedően értékes eszközei**.

Magyarország első szivattyús energiatárolója



P = 500 kW

**1912 óta az eredeti
gépekkel üzemel**

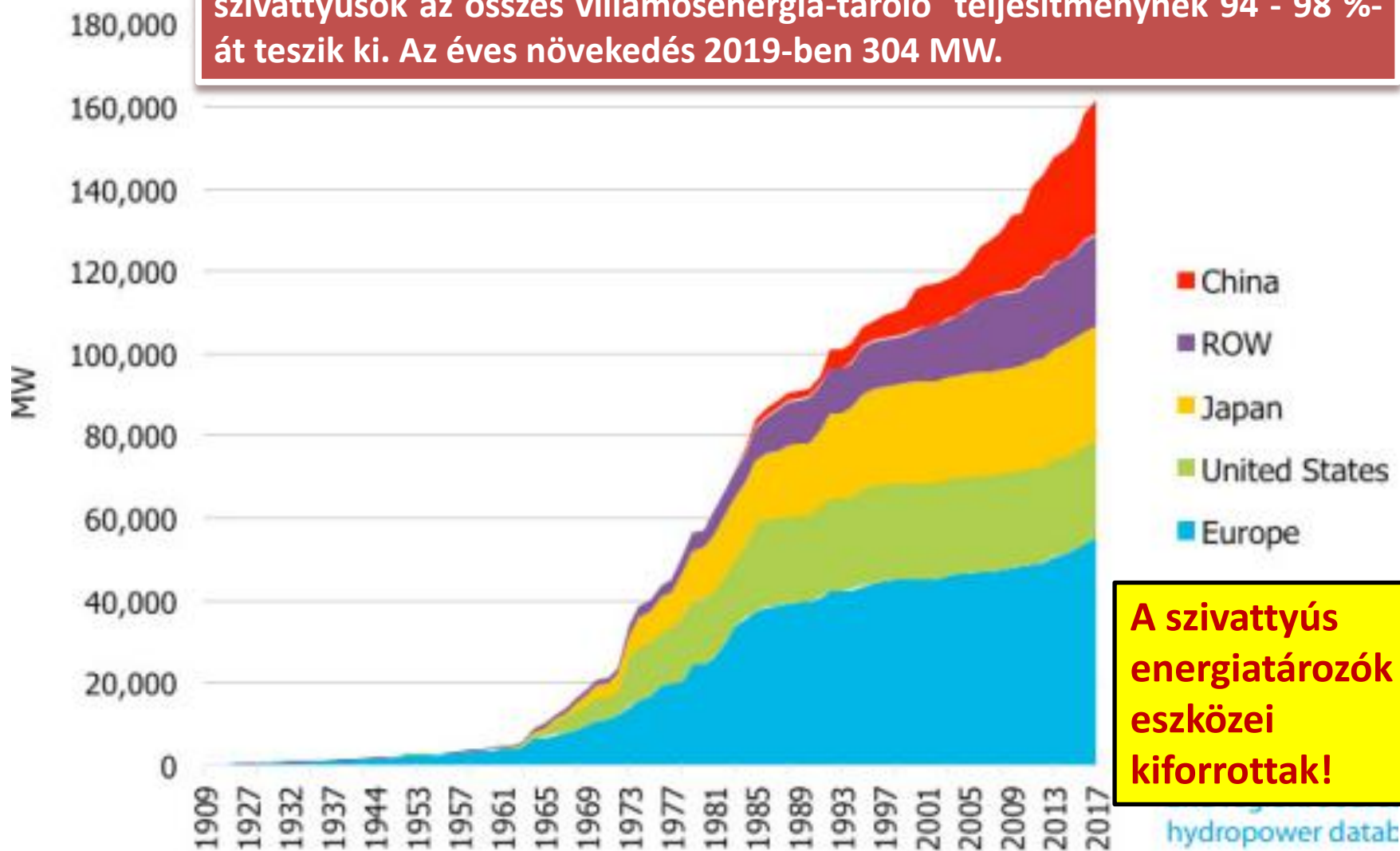


A szivattyús energiatárolók jelenlegi feltételei

- A megújuló energia hasznosításának nagyarányú térnyerése, az energiaátmenet és termelőforrások használatának korábbi elképzeléseitől való alapvető eltérések lényeges változásokat és új eszköz igényt tettek szükségessé a villamosenergia-rendszerek üzemében.
- Az igények változására reagáló nemzetközi gyakorlat rávilágított arra, hogy a villamosenergia-rendszer üzeme által meghatározott igények teljesítése rugalmas üzemű szivattyús energiatárolók beléptetésével biztosítható.
- Az első kereskedelmi célú szivattyús energiatároló 1879-ben létesült. Több mint 100 év gyakorlat eredménye a mai eszközpark. A mindenkori funkciók a villamosenergia-rendszer fejlődésének szakaszaiban jelentkező igényekhez illeszkedtek. Jelenleg több mint **165 000 MW szivattyús energiatároló** üzemel. A technológia kiforrott.
- A teljes energiatároló-kapacitás **94 %-a szivattyús energiatároló**. Ebből az átviteli hálózatra kapcsolt energiatároló egységek 96 %-a szivattyús energiatároló. Ma a világ legtöbb országában üzemelnek ilyen létesítmények.
- Az évenkénti kapacitás növekedése eddig hozzávetőleg 300 MW/év volt. A megváltozott igények és az elindított fejlesztési programok várhatóan nagyobb növekedést okozhatnak.

A szivattyús energiatárolók összes beépített teljesítménye 2019 végén

A szivattyús energiatárolók teljesítménye 2019 végén **158 GW** volt. A szivattyúsok az összes villamosenergia-tároló teljesítménynek 94 - 98 %-át teszik ki. Az éves növekedés 2019-ben 304 MW.



A szivattyús energiatárolók eszközei kiforrottak!

Az európai változások a szivattyús energiatárolásban

- Európában üzemel az összes szivattyús energiatároló kapacitás mintegy egynegyede. Jelenleg több mint 44 000 MW szivattyús energiatároló üzemel. A technológia kiforrott.
- A technológia alkalmazásának kezdete Svájcban volt, és a technikai fejlesztések jelenleg is gyakran Svájcban és Ausztriában indulnak.
- Magyarország a kezdetek idején a fejlődés élvonalába tartozott, és már 1912-ben saját szivattyús energiatárolót helyezett üzembe.
- Az elmúlt évtizedek során bebizonyosodott az, hogy az EU által szorgalmazott piaci alapú fejlesztések többnyire eredménytelenek az energiatárolás és a rendszerszabályozás terén.
- Ezért az EU korábbi merev álláspontjától eltérve hozzájárul az ilyen beruházások indításához, és saját források rendelkezésre bocsátásával segíti azokat.
- Jelenleg 8-10 ország tervez vagy indított szivattyús energiatároló beruházásokat az EU hozzájárulásával. Példaként említhető Finnország, ahol a magas vízerőmű-hányad miatt a szivattyús energiatároló létesítése előzmény nélküli.

Nyitott rendszerű szivattyús energiatároló



A zárt rendszerű francia Revin szivattyús energiatározó űrfelvétele



A villamos rendszer tárolókapacitás-igényeinek megoszlása

Az EU DG ENER szerint az energiatárolás kulcsszerepet fog játszani az EU alacsony szén-dioxid-kibocsátású villamosenergia-rendszerében. Az energiatárolás három szintje egyben meghatározza az eszközöket:

1. Az átviteli hálózati, központi tárolás

- A nagyfeszültségű átviteli hálózaton üzemel
- A nemzetközi szervezetek és az EU a szivattyús energiatárolókat preferálják

2. Az elosztó hálózati tárolás

- Az elosztó hálózati tárolás maximum 120 kV-ig üzemel.
- A helyi adottságoktól és a műszaki fejlődéstől függően akkumulátor vagy szivattyús energiatároló.

3. A végfelhasználói vagy termelői tárolás

- Kis- vagy közepesfeszültségen működő tárolás
- Főként akkumulátor lehet.

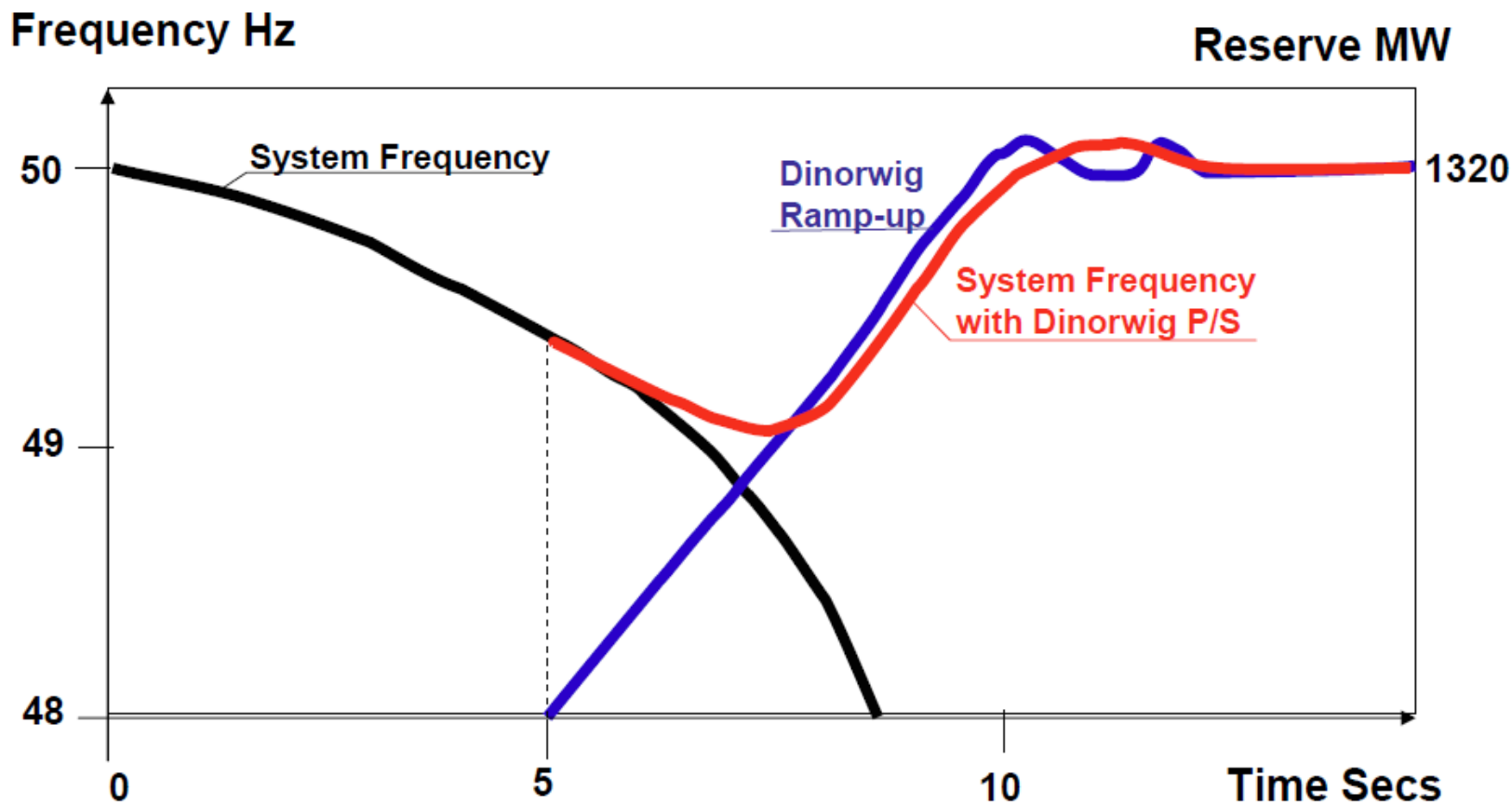
Az új termelőket egyik szinten sem kötelezik az integrálásukhoz szükséges tárolás megvalósítására (sem a megújulókat, sem a nagyblokkokat), ezért a szükséges tárolókapacitás megvalósítása a legfelső szintre tolódik. A legfelső szinten felgyűlő tárolási, rendszerszabályozási és hatásfok-növelési igények biztosítása központi, rendszerirányítói feladattá válik, és beavatkozást tesz szükségessé.

A szivattyús energiatároló aktualitása eltérő képet mutat a lehetséges funkciók szempontjából elemezve



A kieső kapacitás pótlása szivattyús energiatárolóból

Különösen hatékony a szivattyús energiatároló üzemzavari helyzetekben, mert a kieső kapacitások másodpercek alatt pótolhatók, szemben más eszközökkel, amelyek sokkal hosszabb idő alatt léphetnek be. Az ábra 1320 MW kieső atomerőmű-egység helyettesítését mutatja kb. 10 sec időtartam alatt.



Source: National Grid Co. 1991

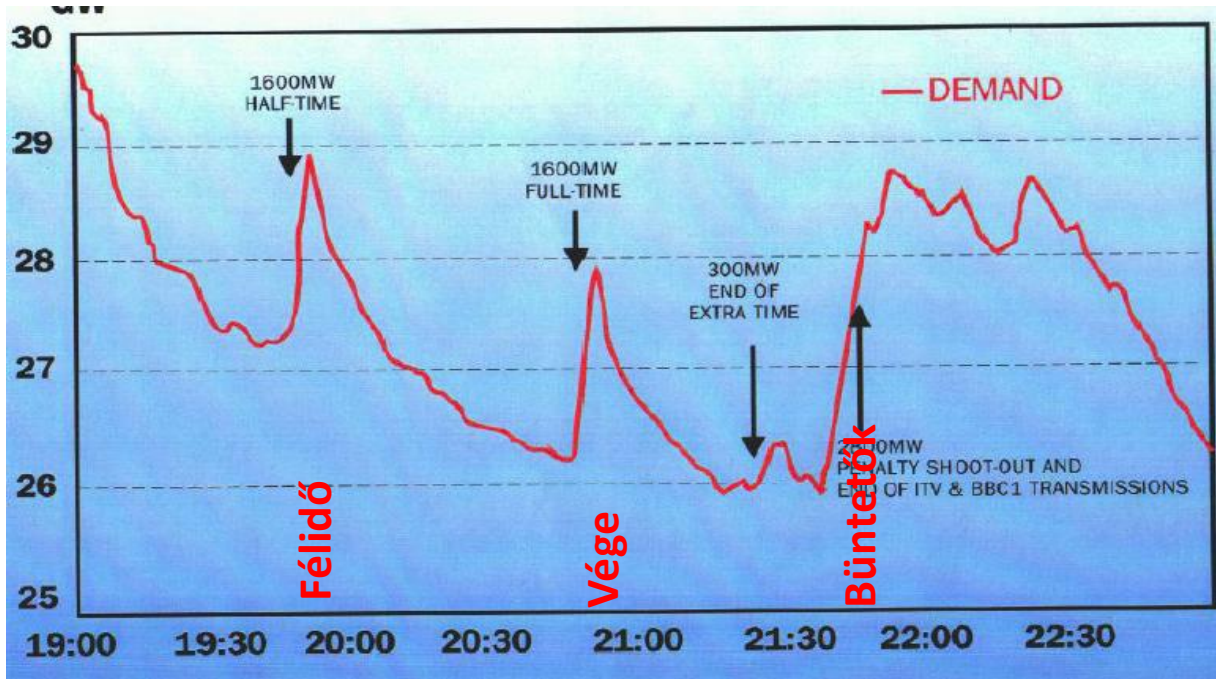
A rendszerszabályozási szolgáltatások biztosítása

**A rendszer-
szabályozás
diverzifikálása
aktuális**

- A rendszerszabályozást biztosító kapacitás nem kellően diverzifikált. (Pl. a Vértesi Erőmű használata gyorsszabályozási funkciókra)
- A fel irányú szabályozás régi kapacitásokkal biztosítható. Le irányú gyors szabályozásra alkalmas kapacitás nincs.
- Létrejöttek a feltételei a diverzifikált szabályozás kialakításának. A megoldás aktuális.
- A rendszerszabályozási szolgáltatások szivattyús energiatározóból más lehetőségeknél rugalmasabban, a +100% és a –100% terhelés között fokozatmentesen biztosíthatók.
- Az energiatakarékossági célok teljesítése érdekében a tárolást tartalmazó megoldásoknak kell prioritást kapniuk.
- A szivattyús energiatározóból biztosított szolgáltatás szükségtelenné teszi az üzemviteli kényszerek többletköltségeit.
- A szabályozási piac integrációja várhatóan erősíteni fogja a régiós versenyt azokon a területeken is, ahol eddig nem volt verseny az országhatáron túli szolgáltatásokkal.
- A régiós versenypiacon minden új kapacitás versenyhátrányban van. A piacra segítségük módja és eszközei nem alakultak ki.

Mit jelent a rendszer gyors szabályozása?

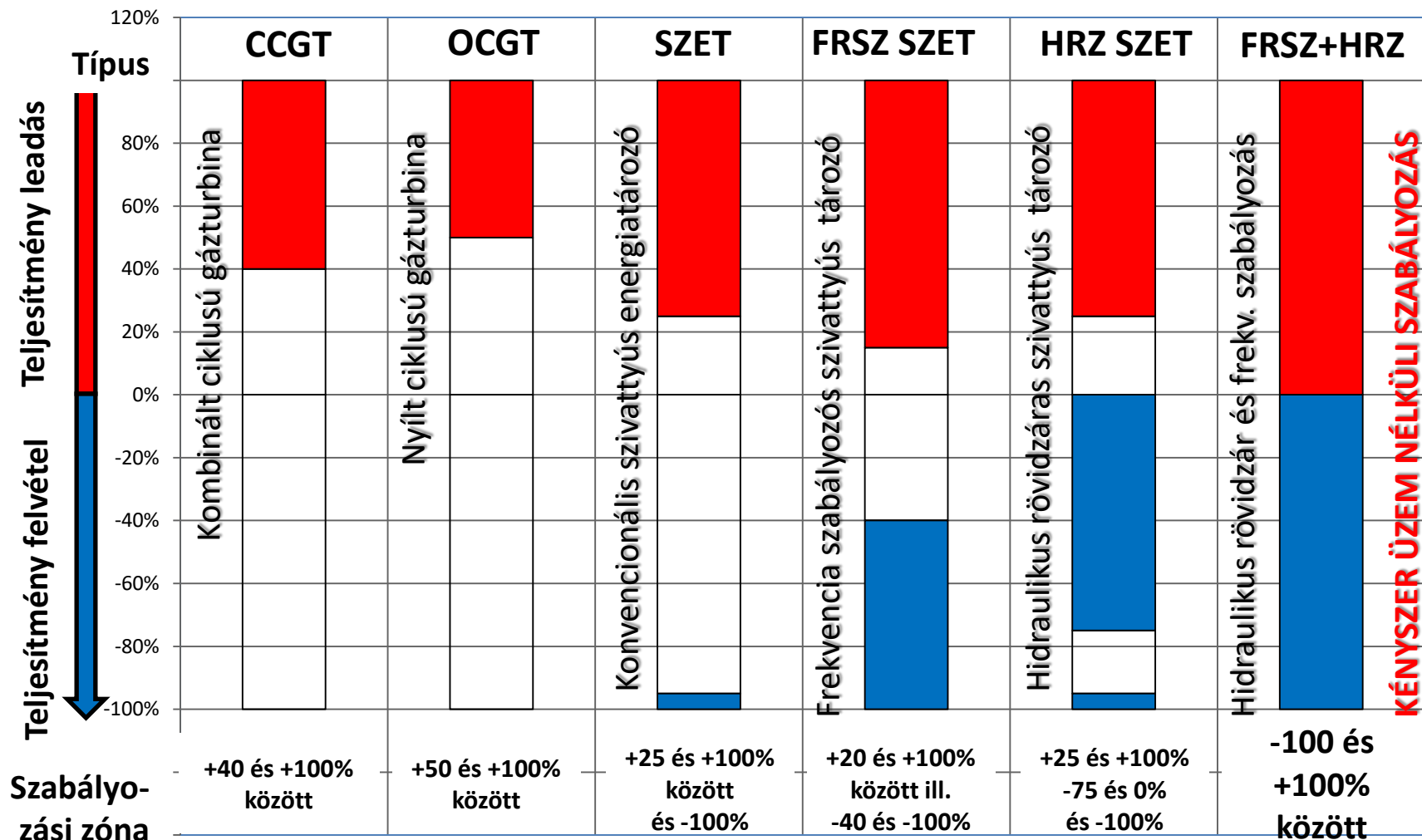
A villamosenergia-**termelőkapacitás és a fogyasztói igények közötti folyamatos egyensúly biztosítása** és a változó nagyságú különbségek áthidalása szükségessé teszi a gyorsan mobilizálható és a villamos energia szolgáltatás biztonságát támogató rendszer kialakítását. A hatékony támogatórendszer biztosítja a rendszer rugalmasságát, ami a különböző időtartamú változások zavartalan áthidalását eredményezi.



Fogyasztói viselkedés egy angol-német futballmérkőzés idején

A megfelelően kialakított SZET szabályozó képessége +100 % és -100 % határok között fokozatmentesen rendelkezésre áll!

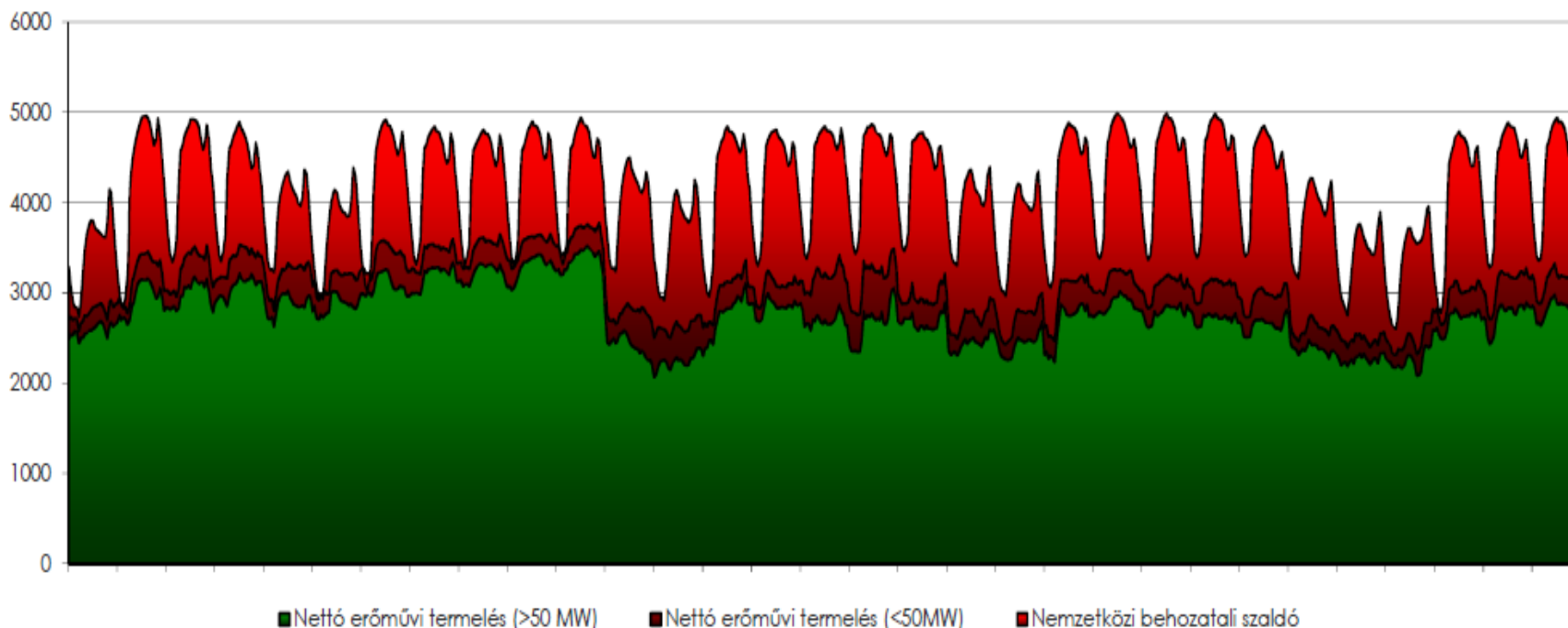
A rendszerszabályozási eszközök szabályozási tartomány-összehasonlítása



A magyar villamos rendszer üzemében bekövetkezett változások hatása

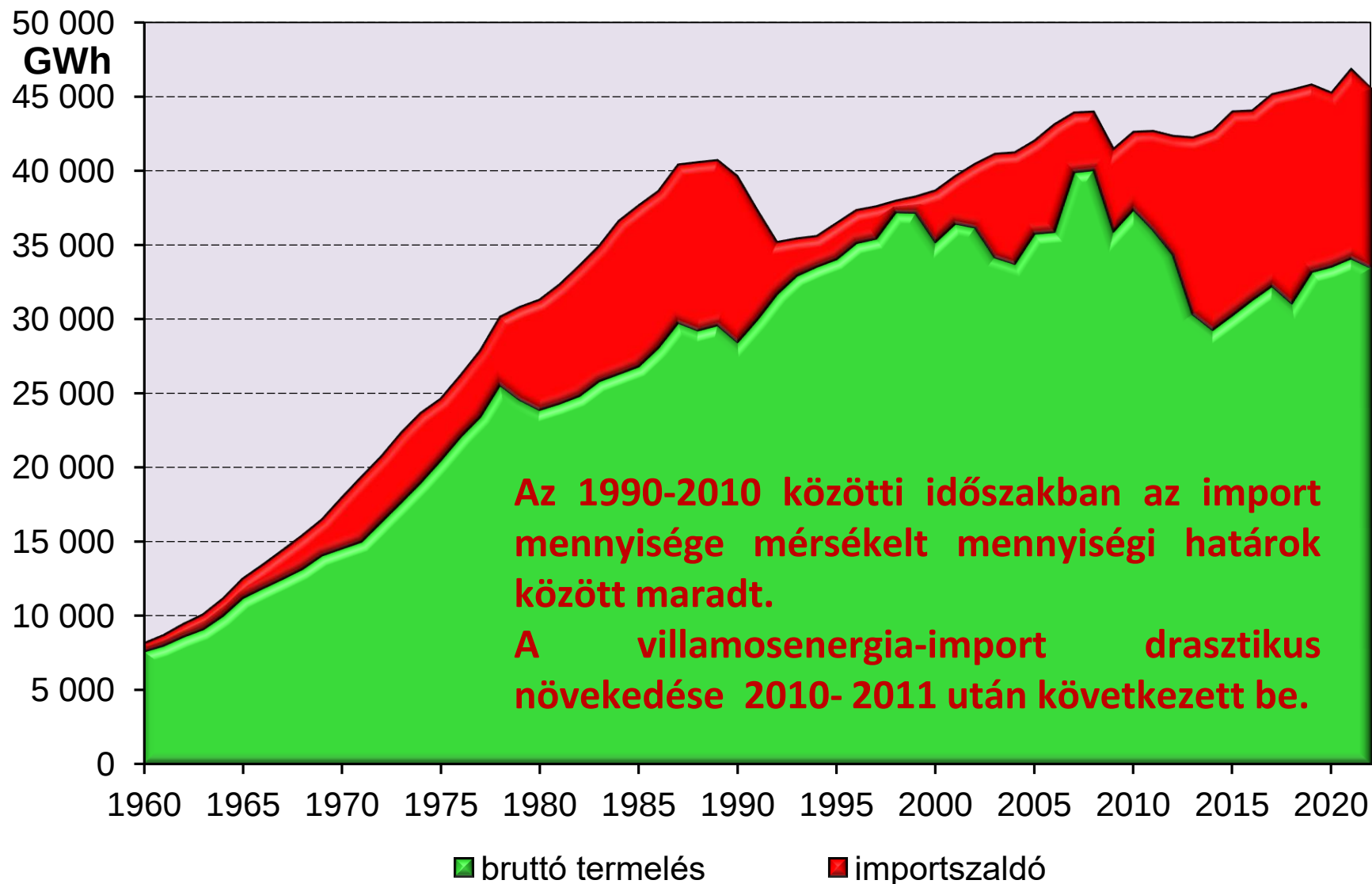
A villamosenergia-források struktúrája átalakult - növekszik az import aránya

- A kiöregedett hazai villamosenergia-termelők jelentős hányada leállításra került.
- Pótlásukra nem került sor.
- A hazai villamosenergia-termelésben főként alapüzemi (base load) szolgáltatás maradt működésben.
- A túlzott importarány az ellátásbiztonságot korlátozó tényezővé vált. Az import áramot nem tekinthetjük biztonságos forrásnak.



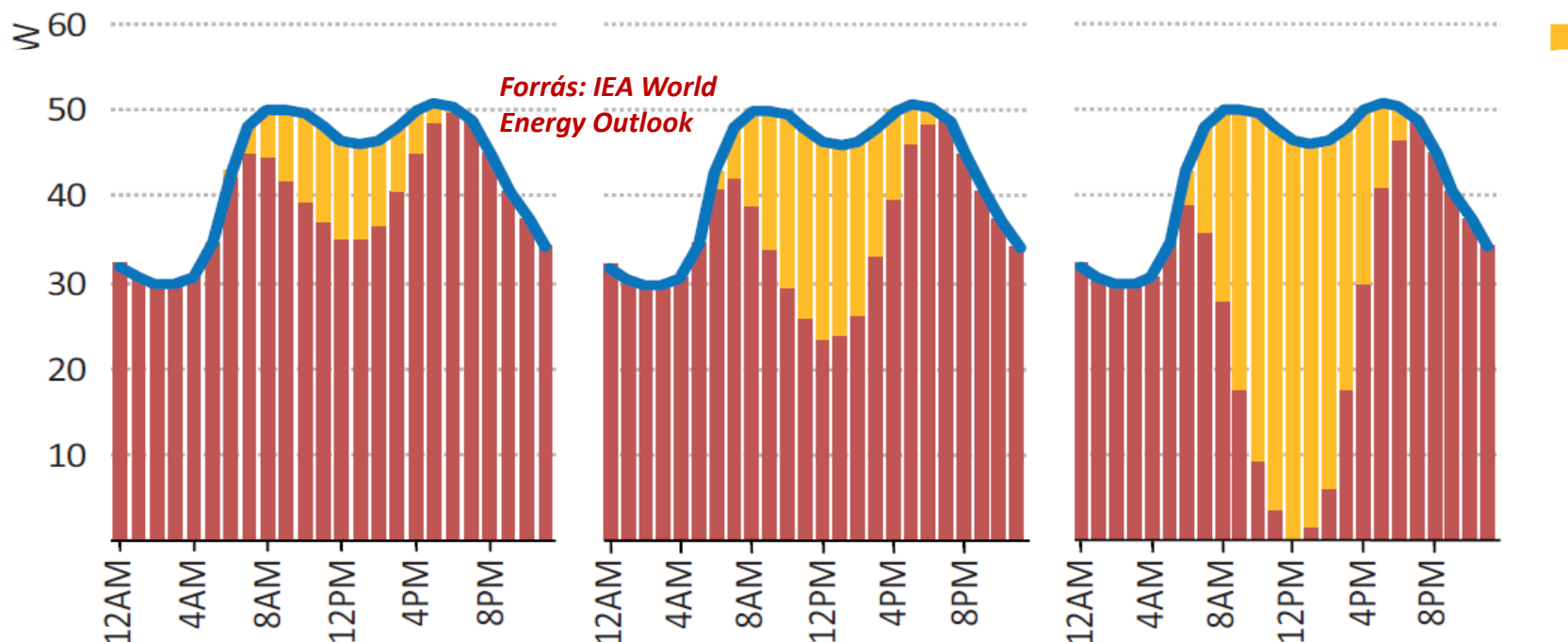
Az import és a hazai terhelés aránya az elmúlt évek nyári hónapjában – gyakorlatilag csak az alapüzem (base load) maradt a hazai termelőknek (Forrás: Mavir)

A villamosenergia-import változásának üteme



A növekvő napenergia-arány hatása a rendszer üzemére

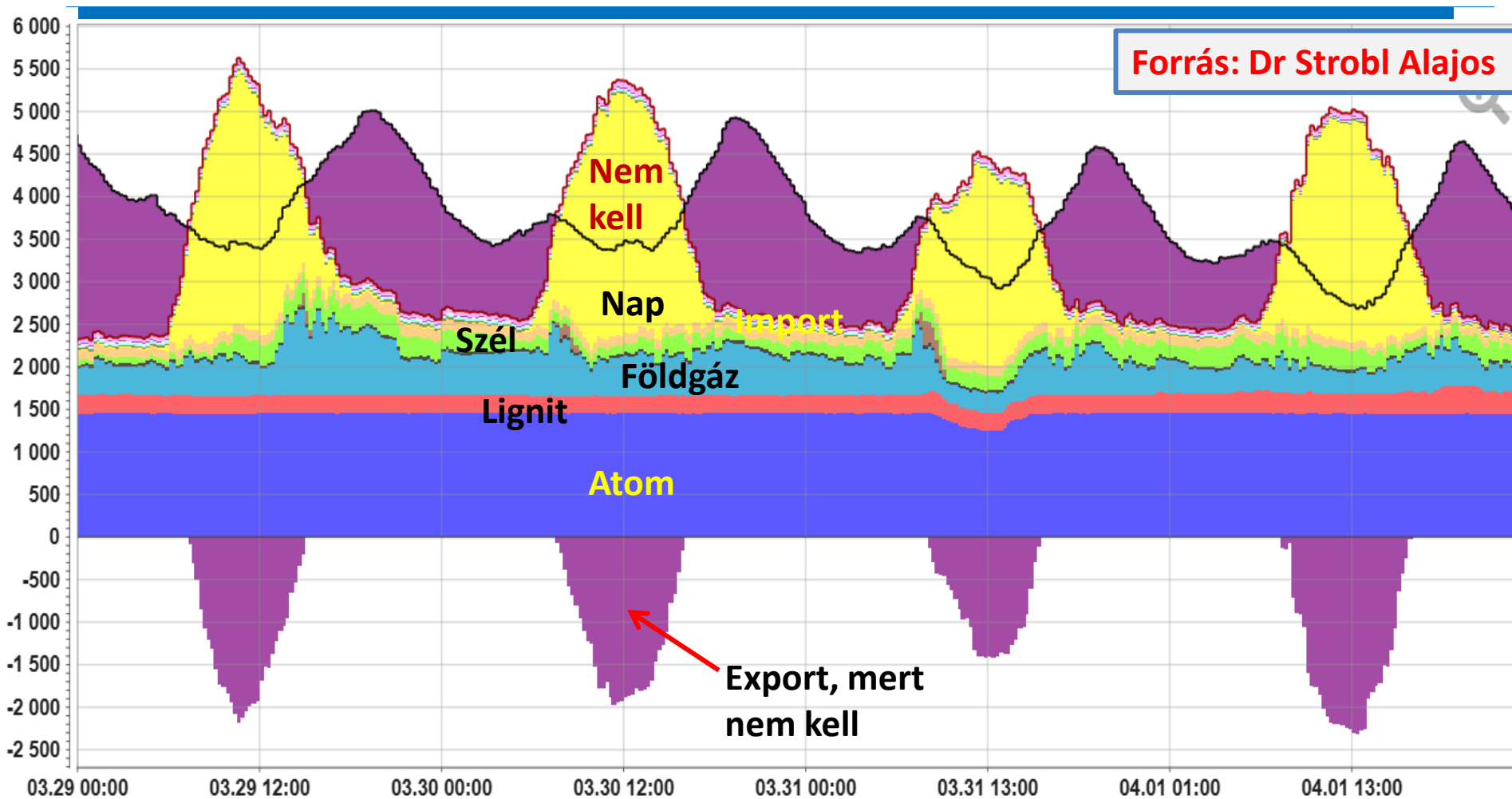
A változékony megújuló energia növekedésének a rendszerre gyakorolt hatása függ az energiamixtől és az integrációt biztosító intézkedésektől. Az IEA a növekvő PV-arány hatását a következőképpen prognosztizálta:



A legnagyobb változékonysággal a menetrendes erőművek szembesülnek, mert ezek viselik a megújuló energia változékonyságának és előjelzési hibáinak következményei mellett az igény változásának következményeit. + A szélsőségesen magas napenergia-arány korlátozhatja egyes base load termelők (pl. atomerőmű) üzemét.

AZ IEA NEM SZÁMOLT A SZÉLSŐSÉGESEN MAGAS PV-KAPACITÁS BEKÖVETKEZÉSÉVEL ÉS HATÁSAIVAL

Villamos rendszerterhelések: Húsvét - 2024.03.29.- 04.01.

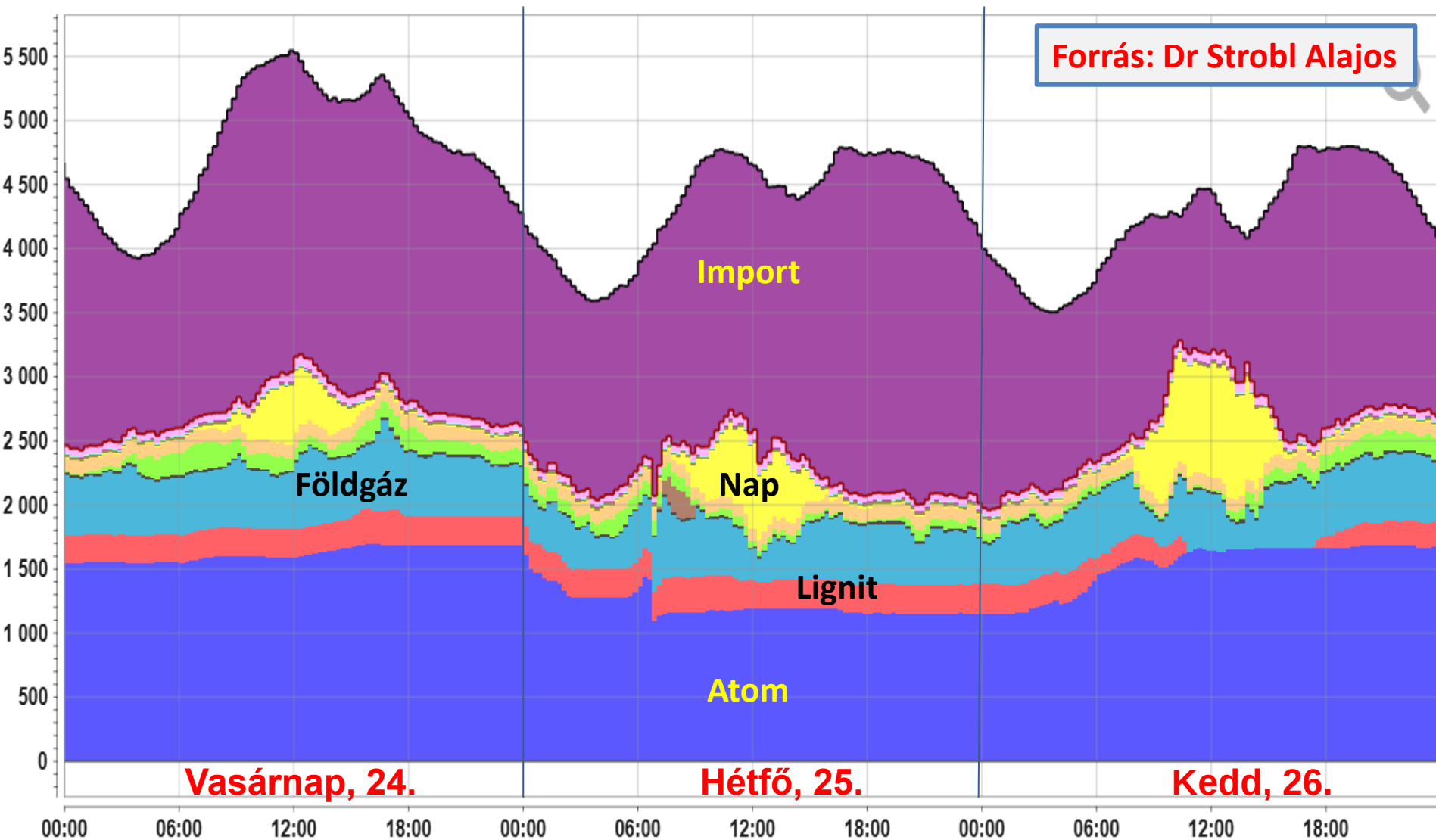


Br. fogyasztás: 358 GWh (atom 38,3%; gáz 11,6%; szén 5,9%; nap 20,9%; import 11,9%)

Maximum, [MW]: atom 1458; földgáz 1011; lignit 327; nap 2976; import 2275

Minimum, [MW]: atom 1249; földgáz 218; lignit 200; nap 0; importszaldó -2313

Villamos rendszerterhelések: Karácsony – 2023 12.23-26.



Miért kapott az import prioritást a belföldi termeléssel szemben?

A naperőművek hatása a rendszer stabilitására

→ nincs inerciájuk

A villamosenergia-rendszer képes kell legyen integritásának megőrzésére különböző típusú események esetén nagyon rövid időszakokban: mint pl. zárlat a vezetékek valamelyikén, termelőegység kiesése vagy a rendszer fokozatosan instabillá válását okozó speciális feltételek mellett. A villamosenergia-rendszerstabilitás az a képesség, ami a rendszer üzemét egyensúlyba hozza a különböző eseményeket követően.

A naperőmű-egységek nem vesznek részt a rendszer-inerciában. Ezért a PV-kapacitás növekedése jelentős változást eredményezhet a rendszer üzemének dinamikai jellemzőiben. Ahogy a rendszer-inercia csökken, a rendszer érzékenyebbé válik a terhelés ingadozásai iránt. A rendszer stabilitása érdekében hálózati zavar esetén le kell kapcsoljanak, és alkalmasak kell legyenek meddő teljesítmény szolgáltatására a rendszer-frekvencia stabilizálásához.

A beépített PV teljesítménye tovább növekedett, és meghaladta a 7440 MW-ot.

A napenergia-termelők teljesítmény-változtatása

- A nagy naperőmű-telepek elvileg képesek a leadott teljesítmény változtatására a $\pm 70\%$ tartományban 2-10 perc alatt (tehát nem túl gyorsan) és naponta sokszor (az inverter termodinamikai adottságaitól függően). Ezért a PV-telepek együttműködhetnek a terhelésváltoztatási sebesség szabályozásában és a termelés korlátozásában. Az inverter tegye lehetővé a feszültség és meddő teljesítmény szabályozását.
- *Meg kell jegyezni, hogy a tárolási típusok közül a lassú fogású, rendkívül nagy inerciával rendelkező szivattyús energiatároló preferálható a PV inercia-mentességének kompenzálására.*

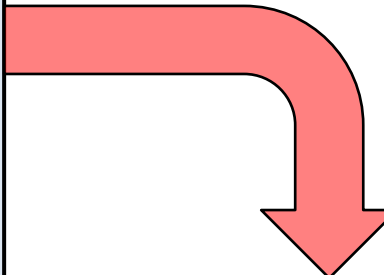
A napenergia-termelők hatása a rendszer üzemére

- Nem túl szerencsés két évtizeden át, pl. századunk tízes és húszas éveiben csak az időjárástól függő erőműveket (nap, szél) üzembe helyezni Magyarországon.
- A kontinentális Európa szinkronzónájában a mi szabályozási területünkön nekünk kell egyensúlyt tartani a frekvenciánál. Előírják a szükséges primer tartalékot, sőt a vezérelt tercier tartalék nagyságát is a legnagyobb egységünk kieséséhez igazítják.
- Összetett körfolyamatú, földgáztüzelésű nagy új egységekkel (CCGT) nem lehet jól megnövelni a rugalmasságot, hiszen gőzkazán tartozik hozzájuk (ma sem használják ki a több mint 3000 MW-os, beépített kapacitás adta lehetőségüket).
- Időjárásfüggő erőművekkel nem lehet, atomerőművekkel nem érdemes szabályozni a hazai közcélú villamosenergia-rendszert.
- Hova megy majd a sok déli export, ha a környezetünkben is napelemek épülnek?
- **Nem kellene a vízenergia és a szivattyús energiatározó-létesítés számításba vétele nélkül mérlegelni a rendszer működésének lehetőségeit.**

A hazai vízenergia- hasznosítási és szivattyús energiatárolási lehetőségek

A vízenergia-hasznosítás lehetőségei nem csökkentek

- ❖ A magyarországi elméleti vízerőkészlet 7,45 TWh/év, amiből a műszakilag hasznosítható vízerőkészlet 4,60 TWh/év (a jelenlegi hazai villamosenergia-felhasználás 10-12%-a).
- ❖ Magyarország vízenergia-hasznosítási lehetőségeinek több mint háromnegyedét a Duna jelenti.
- ❖ A közös szakaszon a szlovák hozzájárulás nélküli vízenergia-hasznosítás eleve kizárt. Bős-Nagymaros vitás kérdéseit a hágai Nemzetközi Bíróság 1997. évi Ítéletének megfelelően kell rendezni. Addig Magyarország nem kaphatja meg a Bősi Vízerőmű termeléséből az országot vízjogilag megillető kb. 1 milliárd kWh termelést.
- ❖ A Dunakanyar és a déli országhatár közötti Duna-szakasz hasznosíthatóságát nem korlátozza más országok joga. Kööttséget a Duna Bizottság terve jelent, melyben Adonyt és Fajszot jelölték ki.
- ❖ A vízerőkészletek hasznosítási lehetőségei folyamatosan változnak.

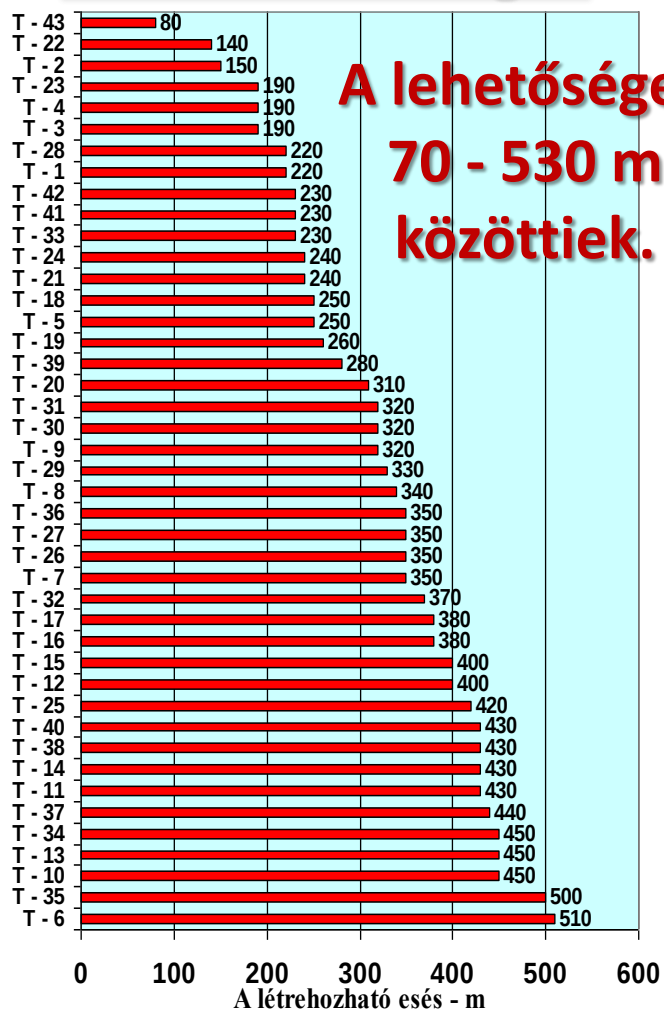


A vizsgálatok alapján megállapítható:

a bekövetkezett változások együttesen sem okozták a hasznosítható vízerőkészletek olyan mértékű csökkenését, ami korlátozná, vagy kizárná ezek hasznosíthatóságát.

A különböző vizsgálatokban szereplő helyszínek

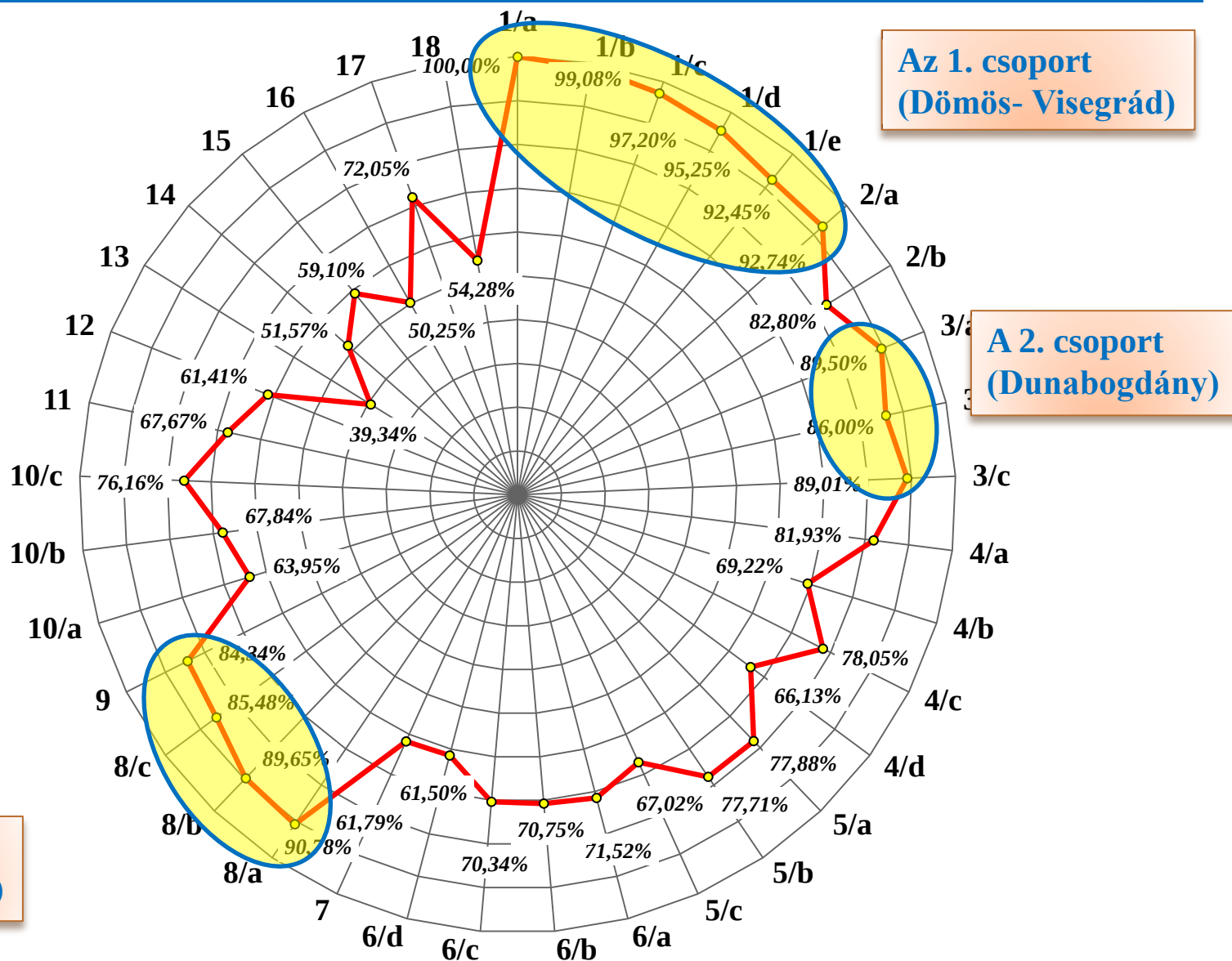
A szintkülönbségek



A HAZAI SZIVATTYÚS ENERGIA TÁROZÓ-HELYSZÍNEK

Felső tározó	Alsó tározó	Esés	Távolság	Tározó térfogat	Tározó üzem	Teljesítmény	A létesítmény
hely	hely	m	m	millió 3	óra	MW	típusa
Keserűs - hegy	Nincs helyettesíti a Duna	525,00	2 920	3,00 - 10,00	6,00 - 12,00	600 - 1 800	Nyitott rendszer
Malom - völgy	Nincs helyettesíti a Duna	350,00	4 000	4,00 - 20,00	6,00 - 27,00	600 - 1 800	Nyitott rendszer
Királykúti - nyereg	Nincs helyettesíti a Duna	370,00	4 500	4,00 - 20,00	6,00 - 28,50	600 - 1 800	Nyitott rendszer
Diós - völgy	Nincs helyettesíti a Duna	290,00	2 000	5,00 - 7,00	6,00 - 8,00	600 - 800	Nyitott rendszer
Urak Asztala	Nincs helyettesíti a Duna	485,00	4 000	3,25 - 6,55	6,00 - 12,00	600 - 1 200	Nyitott rendszer
Urak Asztala	Csódi-hegy (bánya)	380,00	3 400	4,15 - 8,40	6,00 - 12,00	600 - 1 200	Zárt rendszer
Urak Asztala	Kalicsa völgy	365,00	3 300	4,00 - 6,80	6,00 - 10,00	600 - 1 000	Zárt rendszer
Urak Asztala	Róka hegy	370,00	2 900	4,10 - 8,00	6,00 - 12,00	600 - 1 200	Zárt rendszer
Urak Asztala	Hosszú földék	474,00	4 500	3,25 - 6,55	6,00 - 12,00	600 - 1 200	Zárt rendszer
Kő-hegy	Nincs helyettesíti a Duna	230,00	6 500	6,50 - 6,50	6,00 - 6,00	600 - 600	Nyitott rendszer
Kő-hegy	Katalin völgy	166,80	5 100	9,00 - 20,00	6,00 - 12,00	600 - 1 200	Zárt rendszer
Kő-hegy	Aranyos kúti völgy	126,80	1 800	12,00 - 12,00	6,00 - 6,00	600 - 600	Zárt rendszer
Naszály hegy (bánya)	Nincs helyettesíti a Duna	355,00	4 600	4,30 - 16,60	6,00 - 23,50	600 - 800	Nyitott rendszer
Naszály nyugat(bánya)	Nincs helyettesíti a Duna	362,50	4 600	4,30 - 4,30	6,00 - 6,00	600 - 600	Nyitott rendszer
Naszály hegy (bánya)	Katalinpusztai völgy	225,00	1 200	6,70 - 6,70	6,00 - 6,00	600 - 600	Zárt rendszer
Naszály hegy (bánya)	Lósi völgy	210,00	1 600	7,20 - 7,20	6,00 - 6,00	600 - 600	Zárt rendszer
Tekeres völgy 1C	Tatár mező	330,00	3 200	4,60 - 4,60	6,00 - 6,00	600 - 600	Zárt rendszer
Tekeres völgy 2C	Tatár mező	280,00	2 400	5,40 - 5,40	6,00 - 6,00	600 - 600	Zárt rendszer
Tekeres völgy 3C	Tatár mező	220,00	2 000	7,50 - 7,50	6,00 - 6,00	600 - 600	Zárt rendszer
Csatorna v.(Gondház-kő)	Tatár mező	525,00	5 900	2,80 - 2,80	5,00 - 5,00	500 - 500	Zárt rendszer
Bükk tető	Sajóivánka	250,00	3 500	6,50 - 6,50	6,00 - 6,00	600 - 600	Zárt rendszer
Nagy-Korsós hegy	Aranyos völgy	385,00	2 100	4,00 - 8,00	6,00 - 12,00	600 - 1200	Zárt rendszer
Nagy-Korsós hegy	Aranyos patak	345,00	1 700	4,30 - 8,60	6,00 - 12,00	600 - 1 200	Zárt rendszer
Sár völgy	Aranyos völgy	320,00	2 300	4,70 - 9,40	6,00 - 12,00	600 - 1 200	Zárt rendszer
Sár völgy	Aranyos patak	280,00	2 600	5,50 - 5,50	6,00 - 6,00	600 - 600	Zárt rendszer
Szegénylegény-hát	Hideg völgy	227,00	1 400	11,60 - 11,60	10,50 - 10,50	600 - 1200	Zárt rendszer
Tállya-Kőbánya	Szerencs patak térsége	225,00	3 100	7,00 - 7,00	6,00 - 6,00	600 - 600	Zárt rendszer
Diósi völgy	Hollós tető	250,00	1 800	5,00 - 12,00	5,00 - 12,00	600 - 1 200	Zárt rendszer
Diák-kúti völgy	Hollós tető	250,00	3 000	5,00 - 12,00	5,00 - 12,00	600 - 1 200	Zárt rendszer
Szava hegy	Szénégető völgy	250,00	1 300	6,00 - 6,00	6,00 - 6,00	600 - 600	Zárt rendszer
Vasas(Fonolit bánya)	Vasas (Külfejtés)	182,00	380	3,00 - 3,00	4,50 - 4,50	250 - 300	Zárt rendszer
Dunakömlődi domb	Imsósi erdő	78,00	1 200	20,50 - 20,50	6,00 - 6,00	600 - 600	Zárt rendszer
Kántor kerti patak völgy	Nincs helyettesíti a Duna	66,00	700	3,00 - 8,50	4,50 - 6,50	100 - 200	Nyitott rendszer
Hosszú völgy	Visonta nyugati bánya	188,00	3 500	10,70 - 10,70	6,00 - 6,00	600 - 600	Zárt rendszer
Tarna völgy	Recski mélybánya	900,00	1 400	0,85 - 1,70	6,00 - 12,00	300 - 600	Zárt rendszer
Szent Mihály hegy	Nincs helyettesíti a Duna	365,00	1300	0,80 - 0,80	6,00 - 6,00	120 - 120	Nyitott rendszer
Nagy Csákány hegy	Csákányospuszta	130,00	1500	5,00 - 5,00	6,00 - 6,00	250 - 250	Zárt rendszer

A több kritérium szerinti értékelés eredménye



ÖSSZEFOGLALÁS

A vízenergia-hasznosítási vizsgálatok szükségességének összefoglalása

- A vízenergia-hasznosítás számottevő energetikai tényező, nem racionális, hogy a magyar gyakorlat lényegében nem létezőként kezeli.
- A vízenergia-hasznosítás az egyik legkisebb termelési költségű villamosenergia-termelési mód. Hosszú távú árstabilitást, alacsony árkockázatot eredményezhet, növeli az energiafüggetlenséget.
- A vízerőművek továbbra is rendelkezésre állónak tekinthetők. Ha nem használjuk, elfolyik az országhatáron.
- A vízenergia-hasznosítás, megfelelő méretnagyság esetén - ellentétben más megújulóenergia-hasznosítási lehetőségekkel - nem igényel gazdasági támogatást.
- Az elvégzett értékelés legfőbb tanulsága az, hogy a hazai vízenergia-készlet hasznosítása, amelynek a zömét a Duna képezi, indokolt.
- A klímavédelmi célkitűzések eléréséhez ez jelentheti a villamosenergia-fogyasztókra és a lakosságra legkisebb gazdasági terhet áthárító megoldást.
- A döntések meghozatala azonban csak a lehetséges helyszínek figyelembevételével lefolytatott **tudományos igényű, részletes és komplex vizsgálatok eredményeire alapozva lehetséges.**



Köszönöm a
figyelmüket!

Dr. Szeredi István
a műszaki tudomány kandidátusa,
*MVM (nyug.) stratégiai tervezési
főmunkatárs*

*Vízi sport az olasz
Presenzano alsó tározóján.*