



A PV PENETRÁCIÓ HATÁSA A HAZAI VILLAMOENERGIA- PIACRA

Mezősi András (REKK)

REKK

2020.03.11.

Elemzési cél

- Árampiaci modellezéssel vizsgáljuk, hogy különböző mértékű PV elterjedés hosszabb távon (2030, illetve 2040) hogyan hat a hazai nagykereskedelmi árakra, mennyire érzékelhető a „kannibalizmus” hatás, azaz, hogy jelentősen csökken azon órákban a nagykereskedelmi ár, amikor a PV-k termelnek.
- Elemezzük továbbá, hogy milyen régiós kereskedelmi áramlásokhoz vezet a Nemzeti Energiastratégiában megfogalmazott 10000 MW körüli PV beépített kapacitás. Különös figyelmet fordítunk azon órákra, amikor ezen létesítmények magas kihasználtsággal képesek működni, és viszonylag alacsony a kereslet.
- Különös figyelmet fordítunk annak elemzésére, hogy a „70%-os” szabály bevezetése az egyes határokon milyen hatással bír az egyes elemzett PV forgatókönyvekre.

VIZSGÁLT FORGATÓKÖNYVEK

Forgatókönyvek definiálása

- Hazai értékek:
 - A kiindulási alap az Energiastratégiában definiált és kiválasztott (PV központú) forgatókönyv (ld. a következő táblázatokban zöld kiemeléssel)
 - Koncepció:
 - Különböző PV beépített kapacitások kombinálása különböző mértékű, exogén módon meghatározott erőművi flexibilis kapacitással (gáz, tároló és DSM)
- Határkeresztező kapacitásokra kiemelt figyelem (70%-os szabály)
- Minden forgatókönyvben feltételezzük az alábbi három vezetékfejlesztés meglétét:
 - SK-HU: megvalósulás; +1550 (import)/+200 MW (export)
 - SI-HU: megvalósulás; +1200 (import)/+1200 MW (export)
 - RO-HU: megvalósulás: (RO-RS fejlesztés eredményeképpen); +617(import)/+335 MW (export)

Forgatókönyvek számokban

2030					
		PV beépített kapacitás, MW			Megjegyzés
		Alacsony	REF	Magas	
Flexibilis beépített kapacitások (földgáz, tároló és DSR)	Gázintenzív (GAS+)	4688 MW gáz; 100 MW tároló/DSR; 4600 MW PV	4688 MW gáz; 100 MW tároló/DSR, 6600 MW PV	4688 MW gáz; 100 MW tároló/DSR; 8600 MW PV	PV: +/- 2000 MW PV
	Nincs új gáz, nincs jelentős tárolói/DSR kiépítettség (GAS-)	3188 MW gáz; 100 MW tároló/DSR; 4600 MW PV	3188 MW gáz; 100 MW tároló/DSR; 6600 MW PV	3188 MW gáz; 100 MW tároló/DSR; 8600 MW PV	PV: +/- 2000 MW PV; Nincs új gázos belépő
	Nincs új gáz, jelentős tárolói/DSR kiépítettség (STO)	3188 MW gáz; 300 MW tároló/DSR; 4600 MW PV	3188 MW gáz; 300 MW tároló/DSR; 6600 MW PV	3188 MW gáz; 300 MW tároló/DSR; 8600 MW PV	PV: +/- 2000 MW PV, nincs új gázos belépő; +200 MW tároló/DSR

2040					
		PV beépített kapacitás, MW			Megjegyzés
		Alacsony	REF	Magas	
Flexibilis beépített kapacitások (földgáz, tároló és DSR)	Gázintenzív (GAS+)	1981 MW gáz; 300 MW tároló/DSR, 8009 MW PV	1981 MW gáz; 300 MW tároló/DSR, 12009 MW PV	1981 MW gáz; 300 MW tároló/DSR, 16009 MW PV	PV: +/- 4000 MW PV
	Nincs új gáz, nincs jelentős tárolói/DSR kiépítettség (GAS-)	481 MW gáz; 500 MW tároló/DSR, 8009 MW PV	481 MW gáz; 500 MW tároló/DSR, 12009 MW PV	481 MW gáz; 500 MW tároló/DSR, 16009 MW PV	PV: +/- 4000 MW PV; Nincs új gázos belépő, +200 MW tároló
	Nincs új gáz, jelentős tárolói/DSR kiépítettség (STO)	481 MW gáz; 1000 MW tároló/DSR, 8009 MW PV	481 MW gáz; 1000 MW tároló/DSR, 12009 MW PV	481 MW gáz; 1000 MW tároló/DSR, 16009 MW PV	PV: +/- 4000 MW PV, nincs új gázos belépő; +700 MW tároló/DSR

ALKALMAZOTT MODELL ÉS FŐBB INPUTFELTÉTELEZÉSEK

Alkalmazott modell - az EPMM modell rövid bemutatása

- Az EPMM (European Power Market Model) 40 európai ország villamosenergia-rendszerére kiterjedő 168 órás időhorizontú ütemezési és teherkiosztási modell (Unit Commitment Model)
- A villamosenergia- és a tartalékpiacon egyensúlyi értékeit szimultán határozza meg minden egyes órára és piacra
 - az előre jelzett időjárásfüggő megújuló termelés
 - villamosenergia-kereslet,
 - a piacra érvényes tartalékkövetelmények, valamint
 - az áramtermelés és szállítás technológiai korlátjainak és költségeinek figyelembevételével.
- A modell a hét minden órájára előre jelzi
 - az erőművek üzemállapotát,
 - az üzemelő egységeknél a termelés volumenét és a fel- és leszabályozási célra félretett kapacitások nagyságát,
 - minden országra meghatározza a villamos energia piaci árát, valamint a felszabályozási és leszabályozási tartalékok összetételét
- Az éves előrejelzések úgy készülnek, hogy az árampiac szezonális sajátosságai alapján kiválasztott 12 reprezentatív héten végzünk modellfuttatást, majd ennek az eredményeit vetítjük ki az év többi hetére.

Főbb feltételezések

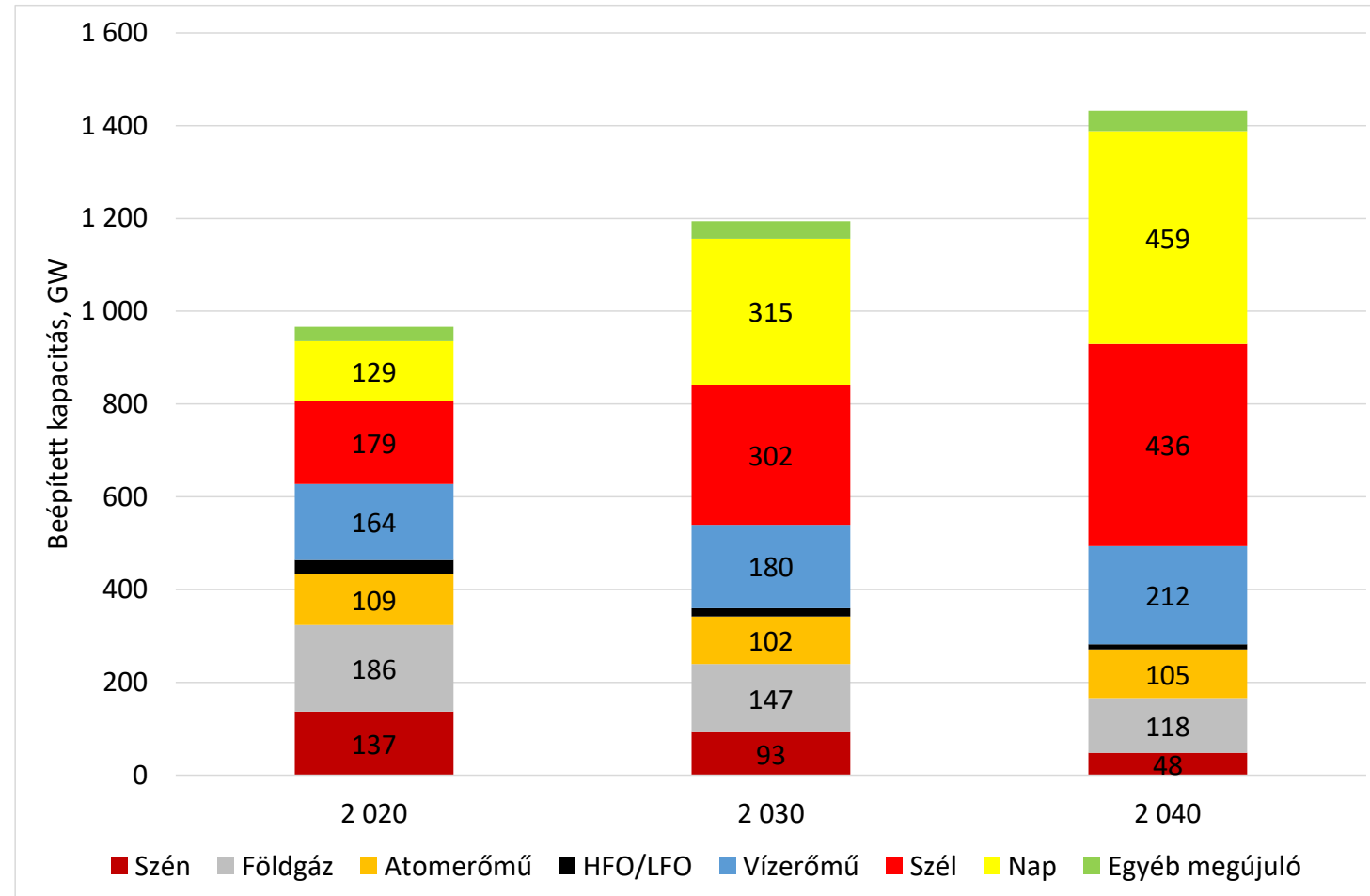
Feltételezett tényezőárak alakulása

	2030	2040
CO ₂ ár, €/t	44.0	75.0
Szén ár, €/GJ	2.41	2.34
TTF gázár, €/MWh	14.7	15.4
HU gázár, €/MWh	17.9	17.7

Források:

- CO₂ ár: *Impact Assessment, 2020; EUCO3232.5*
- Szén ár: *IEA WEO (2020), Stated Policy Scenario*
- TTF és HU gázár: *REKK EGMM modellezés*

EU27+WB6 beépített kapacitások alakulása

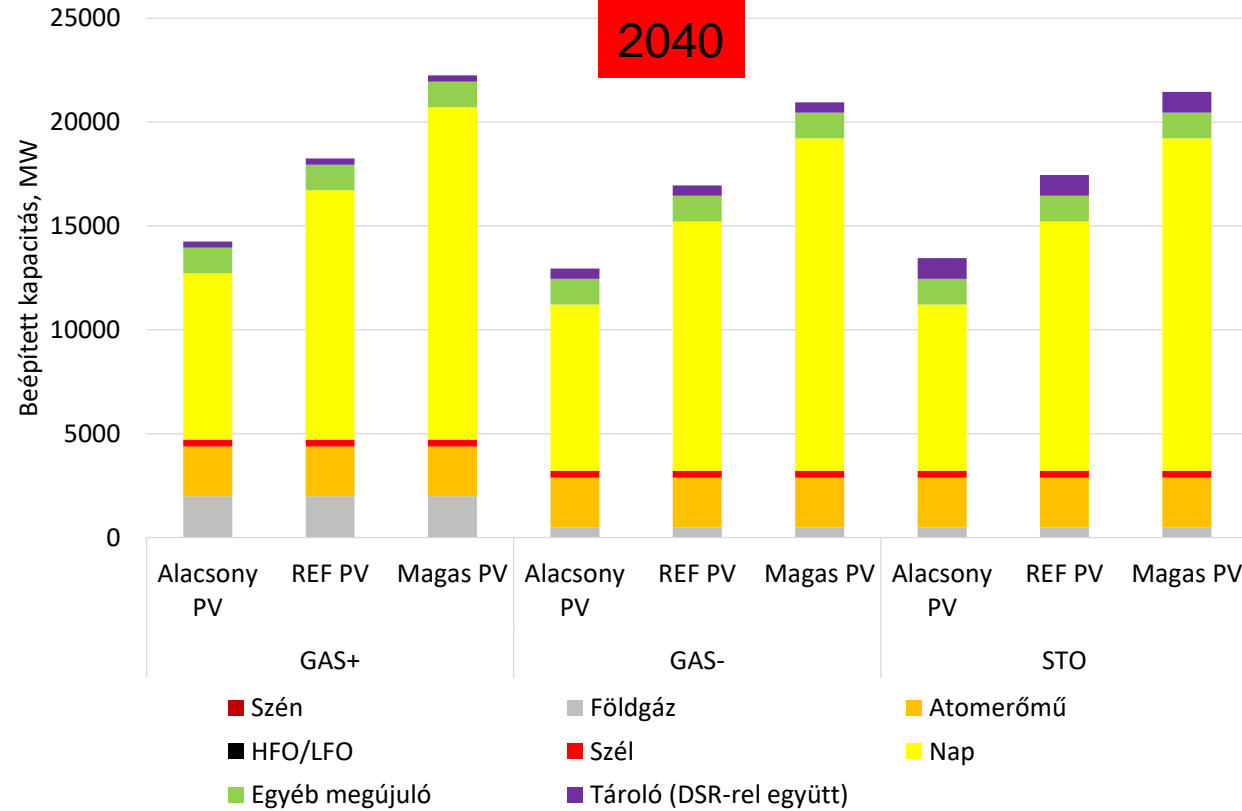
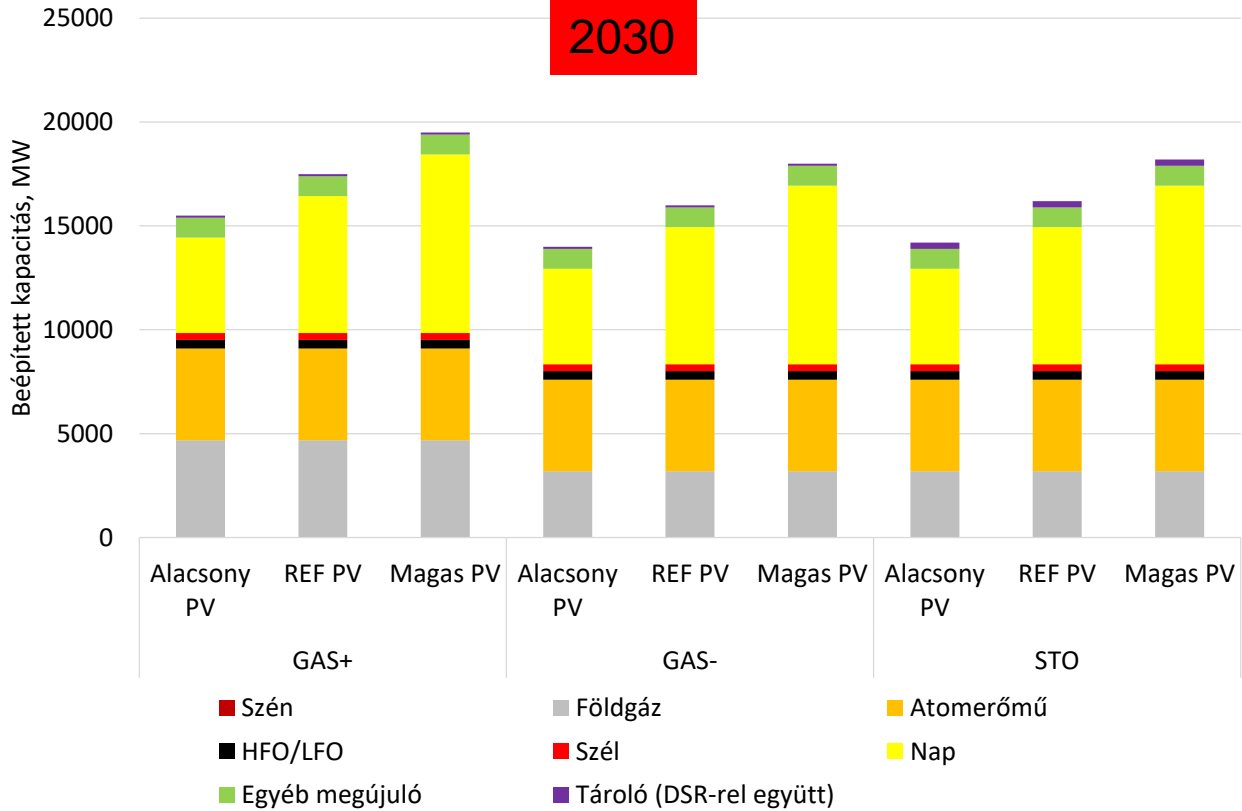


Forrás: EUCO32325 forgatókönyv és saját gyűjtés alapján

Magyarországi beépített kapacitások alakulása

2030

2040



Tartalékpiacok modellezése

- A modellezés során csak a forgó tartalékok (aFRR, illetve a forgó mFRR tartalékok) modellezésére kerül sor, sem az FCR, sem pedig a nem-forgó mFRR tartalékok nem kerülnek modellezésre
- Mivel a hazai aktiválásban kis szerepet kap a forgó mFRR tartalék, ezt a magyar piacon nem modellezzük, ezért a három OCGT gyorsindítású gázturbina (Litér, Lőrinci, Sajószöged) sem jelenik meg a modell kínálati oldalán, lévén azok jellemzően lefedik a nem-forgó mFRR piacot, és más piaci szegmensben nem vesznek részt
- Mivel a nem-forgó mFRR piac itthon a vizsgálat tárgyán kívül esik, így az új paksi atomerőművi blokkok belépése miatt esetlegesen megnövekedett nem-forgó mFRR tartalékokat sem számszerűsítjük

A tartalékigények előrejelzése

- 5 év, illetve 16 ország adatain végzett regressziós elemzésünk szerint a lekötött tartalékok nagysága szignifikánsan függ a rendszerterheléstől, illetve az időjárásfüggő megújuló termelői kapacitásoktól.

Példa: A fel irányú tartalékmennyiség előrejelzésére használt regresszió főbb paraméterei

	<i>Koefficiensek</i>	<i>p-érték</i>
Tengelymetszet	220,24	0,000
Load	0,0114	0,000
Total wind+PV capacity	0,0155	0,000
Korrigált R-négyzet	0,88	

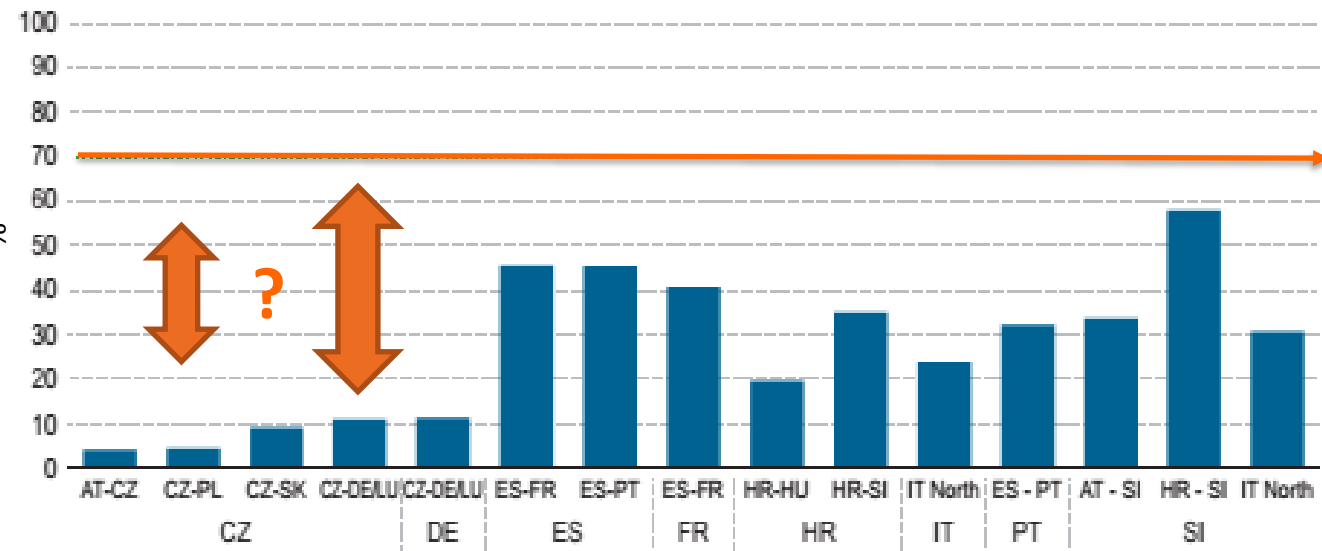
- Az előrejelzés során is célszerű ezekben a változóknak gondolkodni.
- Magyarországra alkalmazott tartalék-kiszámítási képlet:
 - Felirány (MW) = $220 + \text{heti átlagos fogyasztás} * 0,01149 + \text{szél és naperőművi kapacitás} * 0,01552$
 - Leirány (MW) = $185 + \text{heti átlagos fogyasztás} * 0,01100 + \text{szél és naperőművi kapacitás} * 0,01147$
- Tehát plusz 1000 MW-nyi PV kapacitás 15,5 MW-tal növeli meg a felirányú tartalékigényt, és 11,4 MW-tal a leirányú tartalékigényt

A „70%-OS” SZABÁLY

A határkeresztező kapacitásokra vonatkozó 70%-os szabály

- Háttér: Korábbi ACER vizsgálatok szerint a tagállamok a fizikailag meglévő („beépített”) határkeresztező kapacitásoknak csupán töredékét teszik hozzáférhetővé a piaci szereplők részére
- A CEE régióban korábbi becslések szerint a fizikai határkeresztező kapacitásoknak alig 28%-át allokálják a piaci szereplők részére
- CEP kötelezés: a piaci szereplők részére allokált kapacitásokat 2025. dec 31-ig a fizikai (termikus) kapacitás 70%-ra kell növelni (Regulation 2019/943, Article 16, 8.a)
- A TSO-k vitatják az ACER számítási módszertanát, a ténylegesen kiosztható/felszabadítható kapacitások vélhetően kisebbek az ACER által megbecsülnél – a végleges, már rögzített számítási módszertan jelentősen eltér a korábbi számításokhoz használtaktól
- A kiosztott kapacitások növelése az újrateherelosztási (és RHD) költségek növekedését eredményezheti (ez európai országokban jelenleg 0 és 2,2 EUR/MWh között szóródik)

Average relative margin available for cross zonal trade (MACZT) on selected AC bidding-zone borders in Europe – 2016–2018 (%)



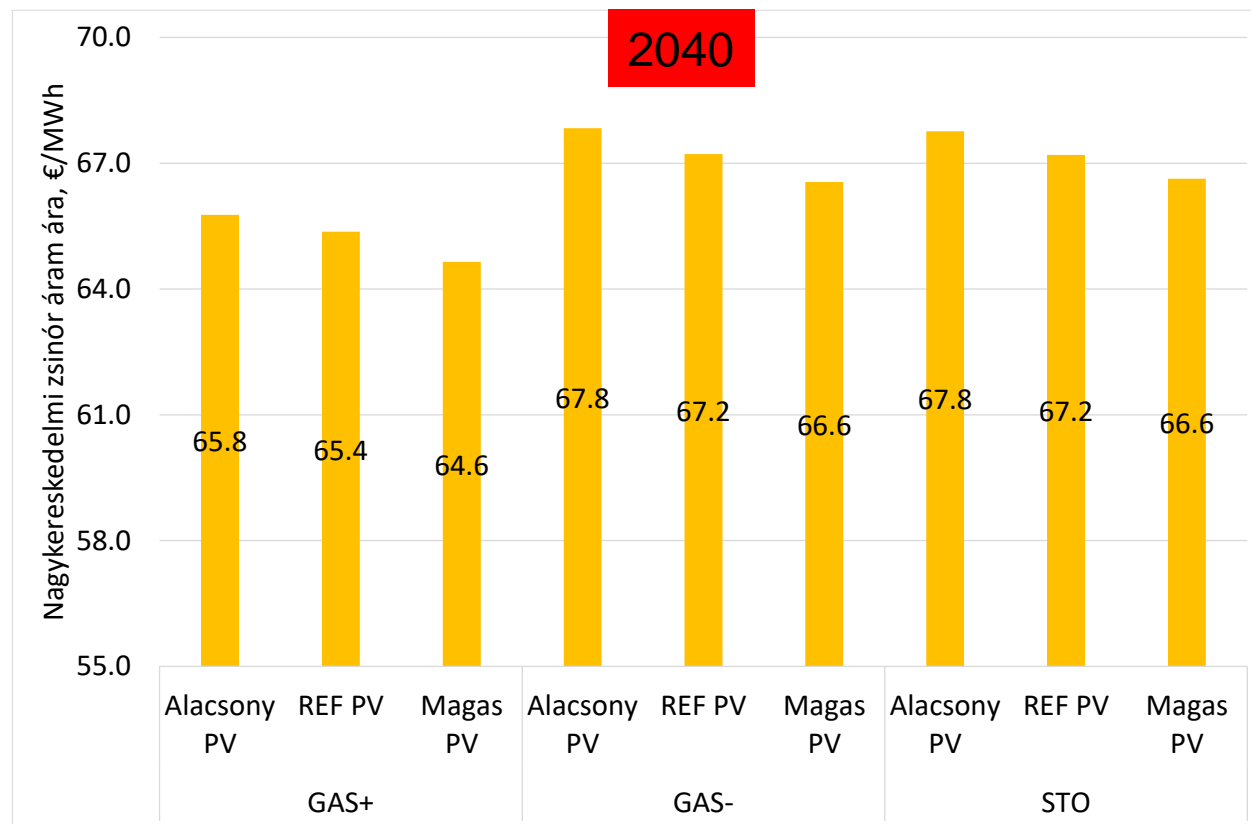
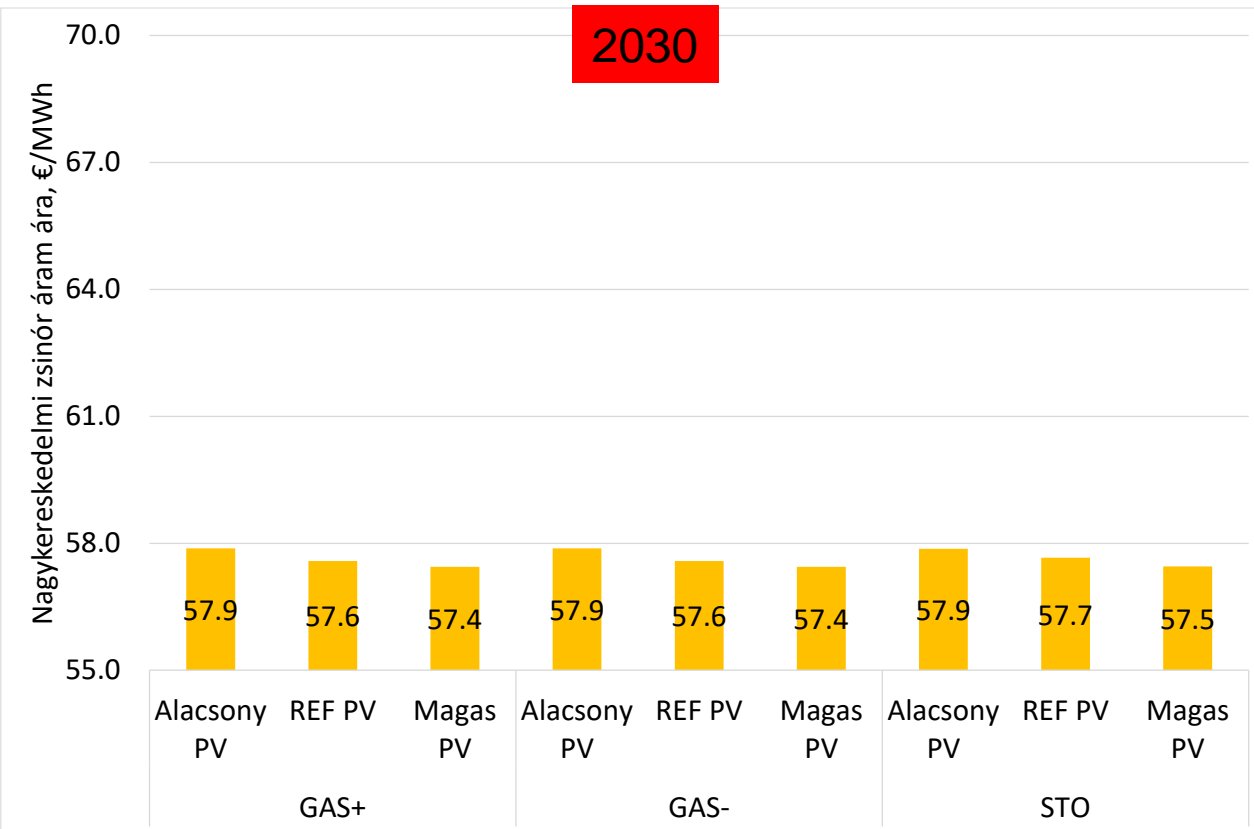
ACER (2019): Market Monitoring Report

Az alkalmazott 70%-os szabály a modellben

- A korábbi ACER számításokból csak a határok régiókba sorolását, és a különböző régiók közötti eltérésekre vonatkozó adatokat használtuk fel, a konkrét százalékos számértékeket nem, mivel a korábbi módszertan nem egyezik meg a véglegessel
- Ennek megfelelően az egyes régiókban a meglévő határkeresztező kapacitások értékét 2025-től kezdődően 0%, 12,5% és 25%-os mértékben megnöveltük
- Ez a CEE és SEE régió határaitra 25%-os növekedést jelent, a Balti és a Hansa régióban 12,5%-ot, a nyugat-európai és északi piacokon többnyire 0%-ot
- A teljes modellezett régióban ez összesen átlagosan közel 10%-os növekedést jelent a 2019-es értékekhez képest
- A 2021-től belépő új kapacitások esetén nem végeztünk korrekciót

EREDMÉNYEK

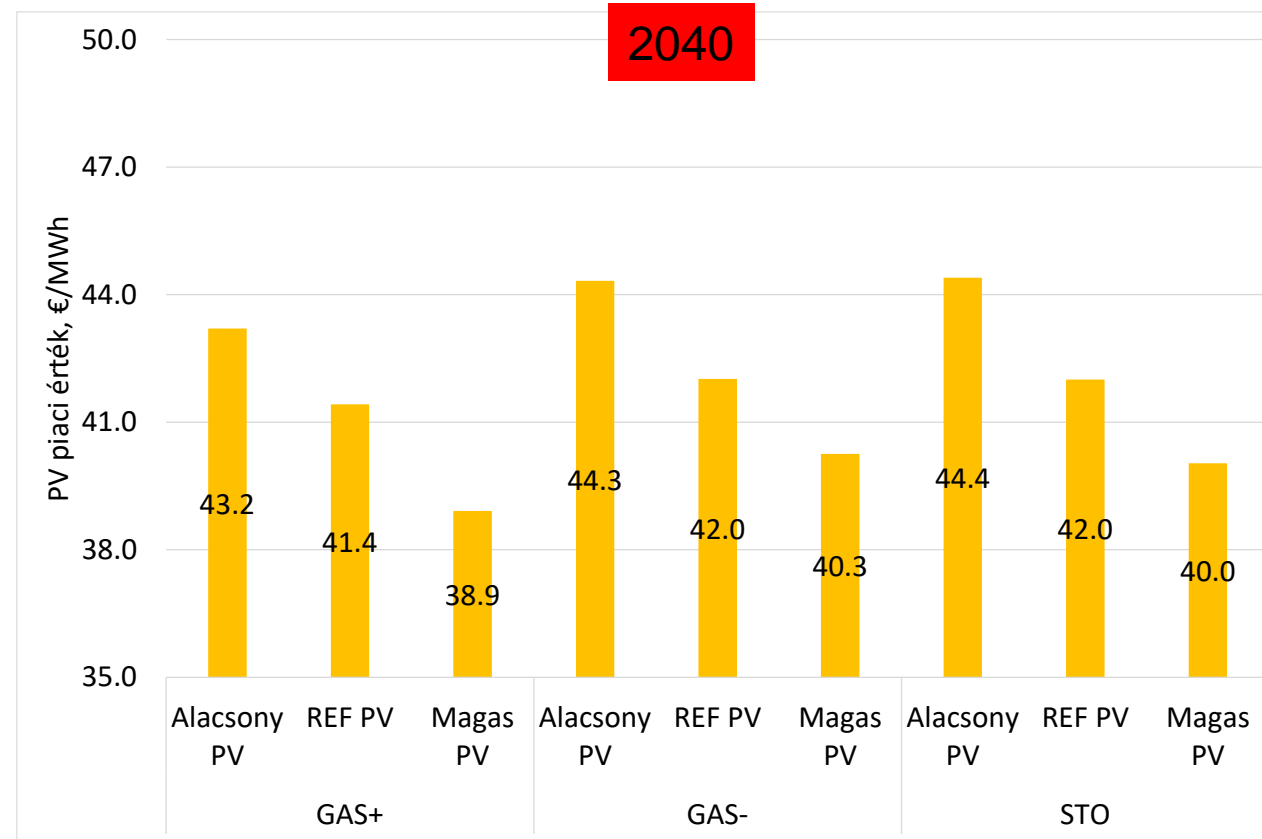
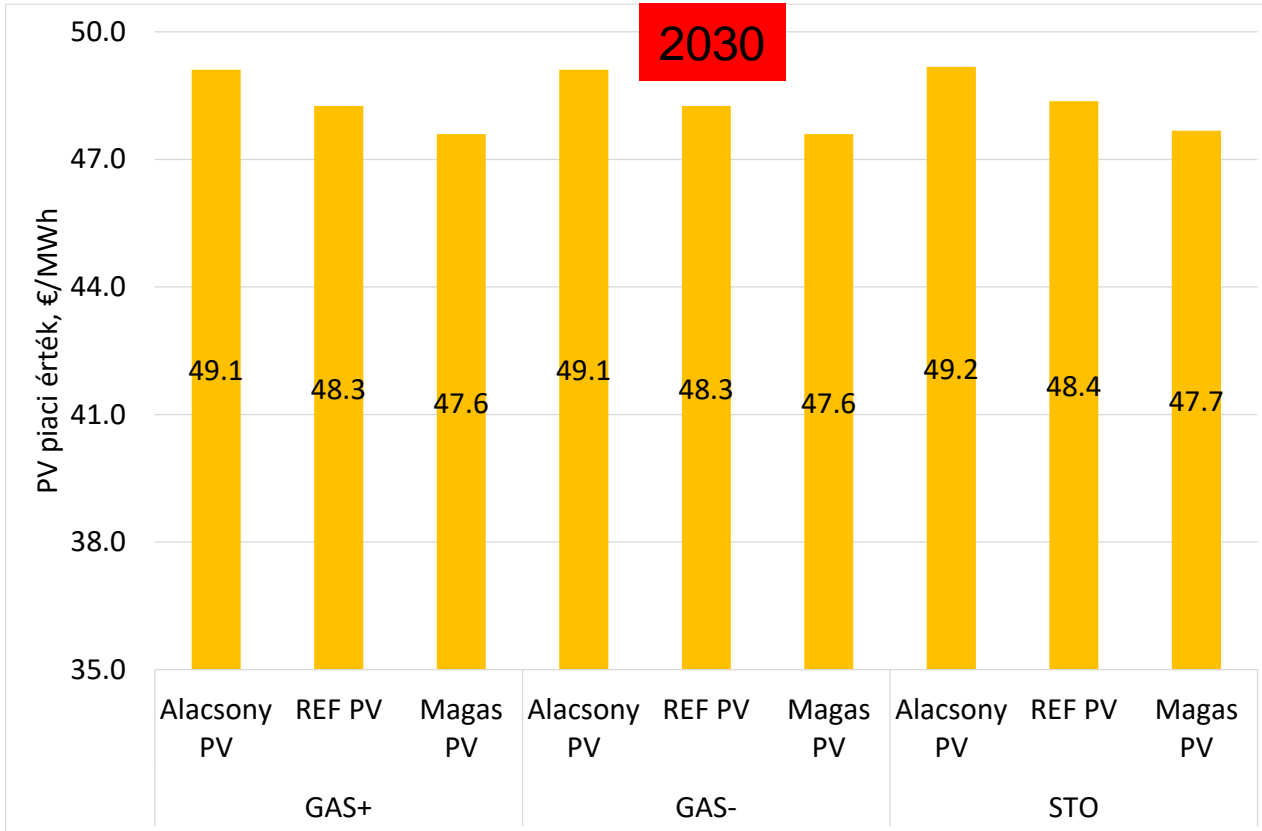
2030-ban még mérsékelt hatás, 2040-re már jelentős hatása van a különböző forgatókönyveknek a nagykereskedelmi árra



- 2030-ban az új gázosok, illetve a tárolók magasabb penetrációja sem bír szignifikáns áralakító hatással
- A PV elterjedés a két szélsőséges forgatókönyvben (magas és alacsony PV) azonban már kisebb hatással bír: 0,4-0,5 €/MWh-tal csökkent a nagykereskedelmi árat

- 2040-ben már jelentősebb árkülönbségek:
 - Az új földgázos erőművek kb. 1,8-2,0 €/MWh-os árcsökkenést eredményeznek
 - 1,2 €/MWh-ás árkülönbségek a PV penetrációk függvényében -> viszonylag mérsékelt hatás a nagykereskedelmi árra

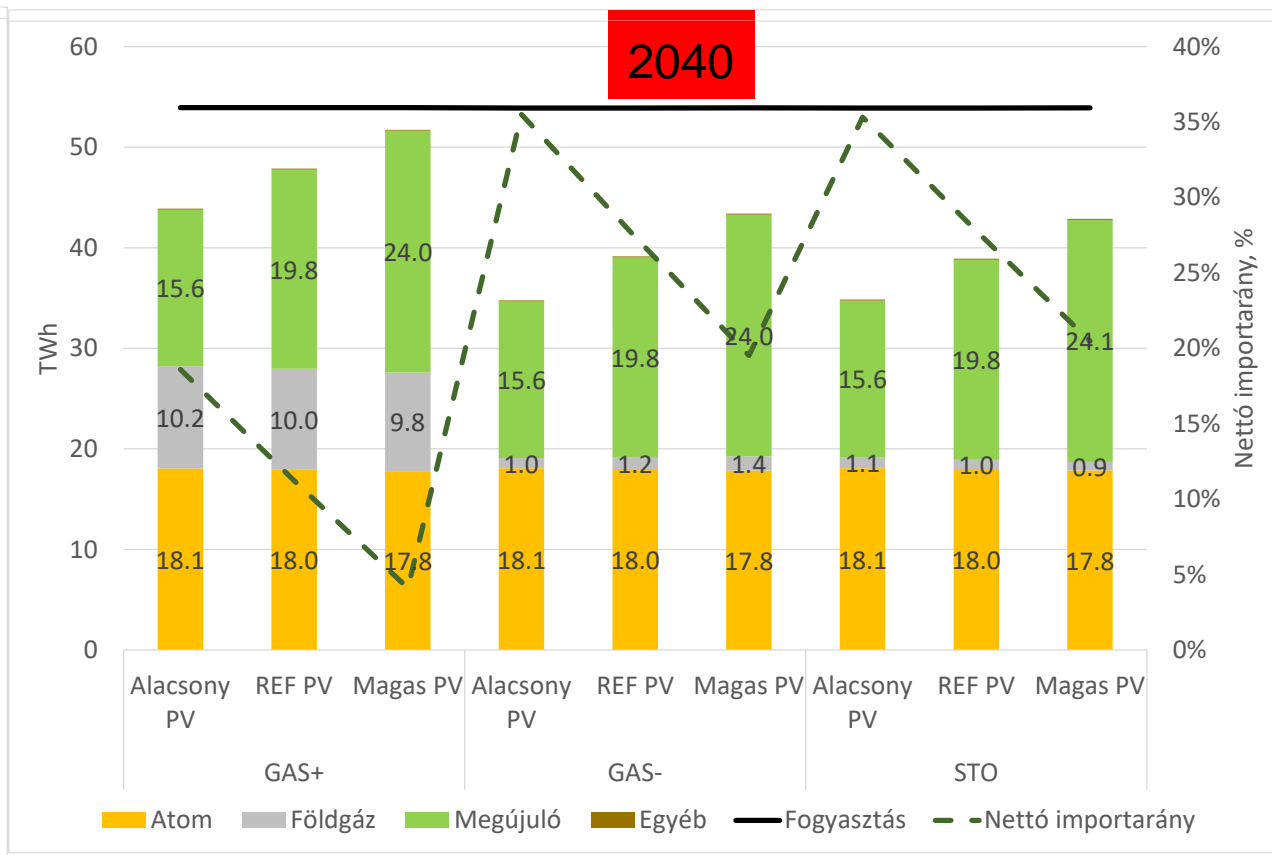
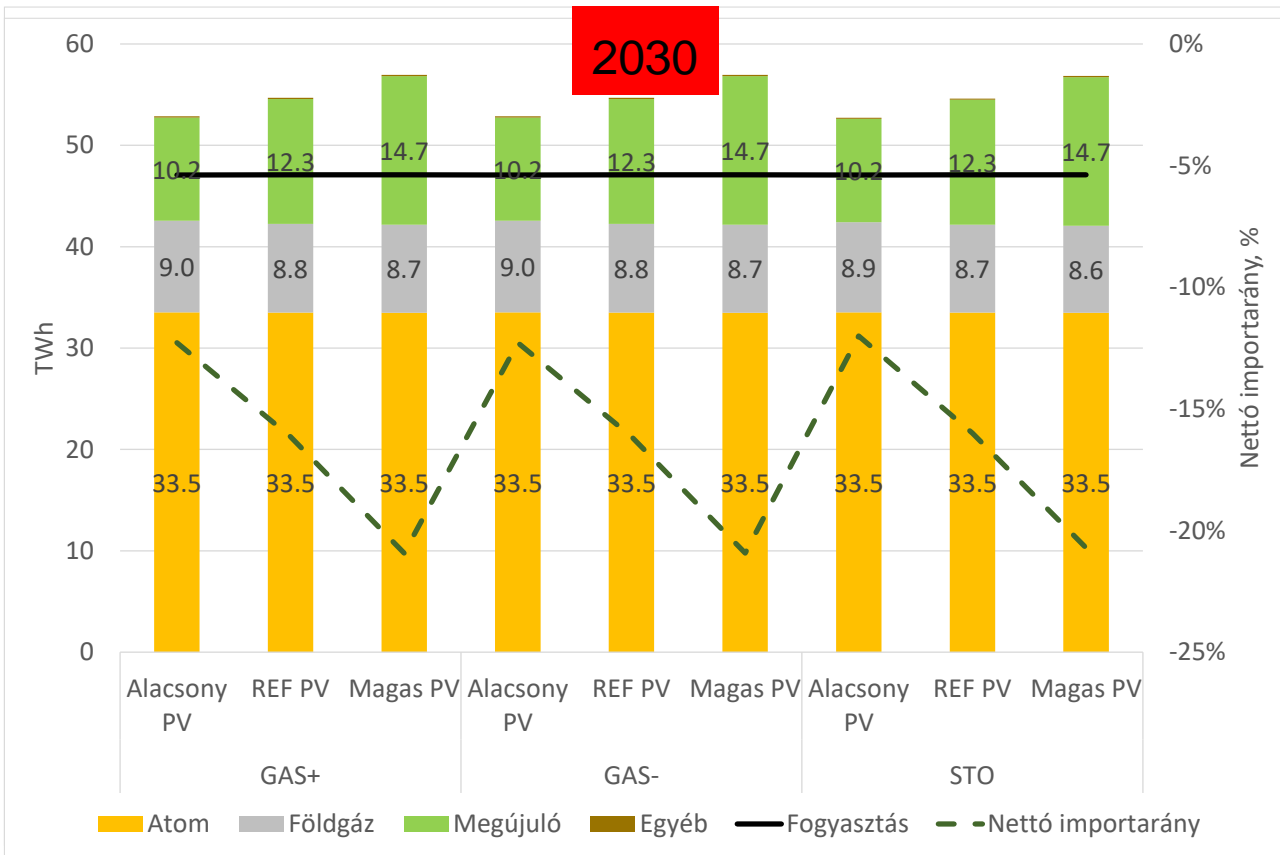
2040-re már nagyon jelentős hatása van a PV kannibalizációnak, A PV piaci érték alacsonyabb, mint a nagykereskedelmi ár



- A zsinór áram áránál mintegy 10 €/MWh-val kisebb a PV piaci értéke („market value“)
- Hasonlóan a nagykereskedelmi árhoz, 2030-ban még viszonylag kisebb hatást tapasztalhatunk
- A két legszélsőségesebb forgatókönyvben a PV piaci értékek között 1,5 €/MWh a különbség

- Habár nő a nagykereskedelmi ár 2030 és 2040 között, de ennek ellenére csökken a PV piaci érték, jelentős a kannibalizációs hatás
- A nagyker ár és a PV piaci értéke közti különbség közelíti a 30 €/MWh-át
- A forgatókönyvek között is jelentős árkülönbségek

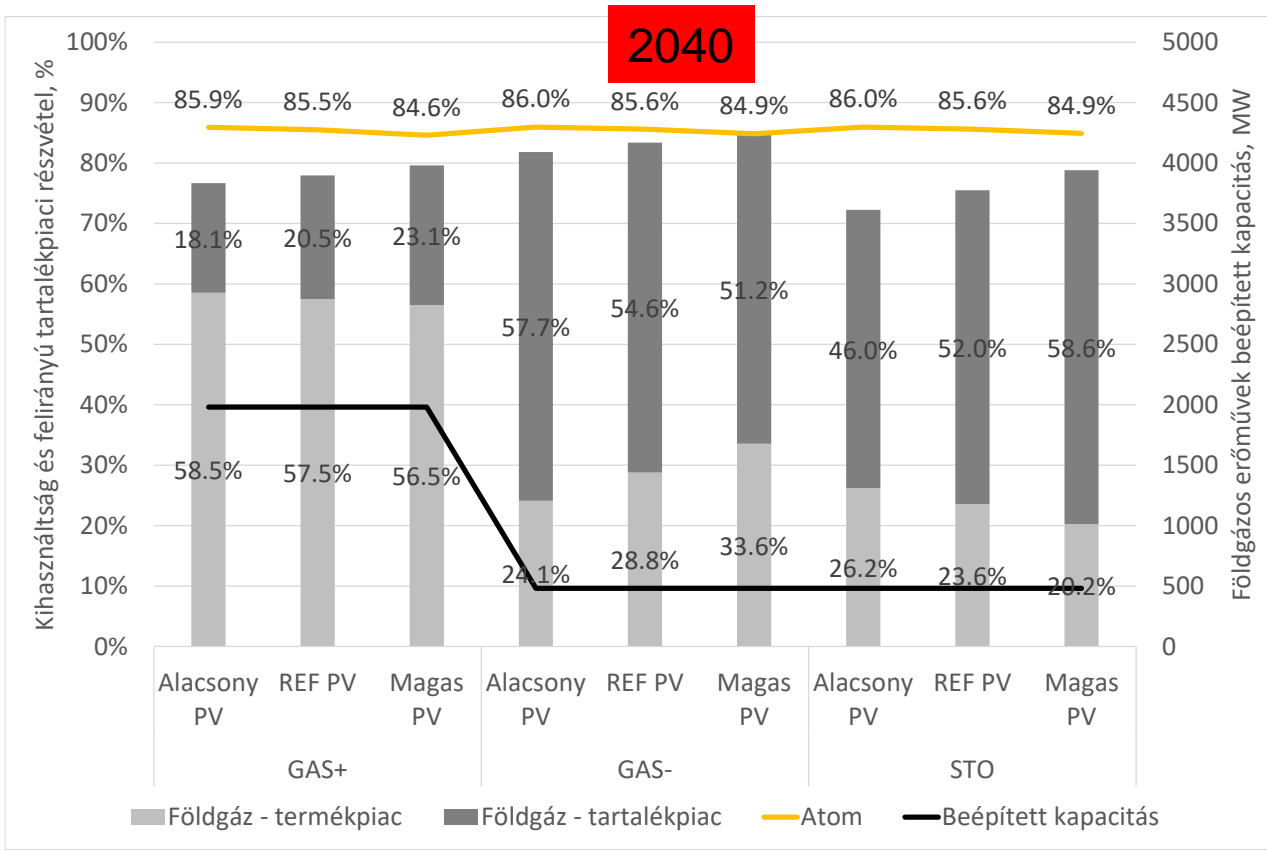
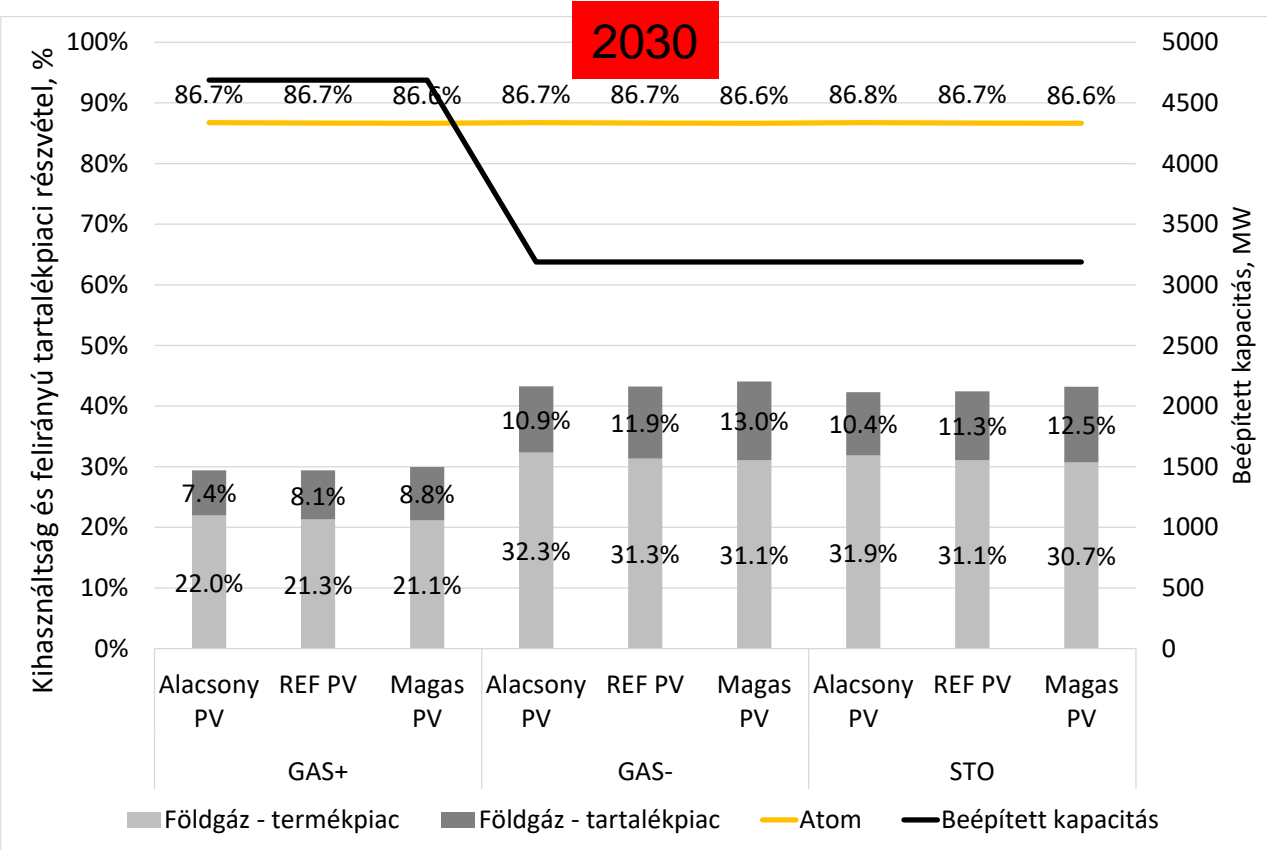
A PV termelés felfutása jelentősen képes csökkenteni a nettó importot



- Minden forgatókönyv esetében nettó exportőr Magyarország, köszönhetően Paks1 és Paks2 blokkjainak párhuzamos működésének
- A földgázos termelésben nincs jelentős különbség
- A PV forgatókönyvek között ~4,5 TWh a megújuló termelésben a különbség

- Mindegyik forgatókönyvben nettó importőr Magyarország (Paks 1. blokkjainak bezárása miatt), és nagy szórást mutatnak a különböző forgatókönyvek között
- 2040-ben sokkal jelentősebb különbségek a forgatókönyvek között
- Az új gázos erőművek jelentős termelése látható (2030-hoz képest növekszik a termelésük)

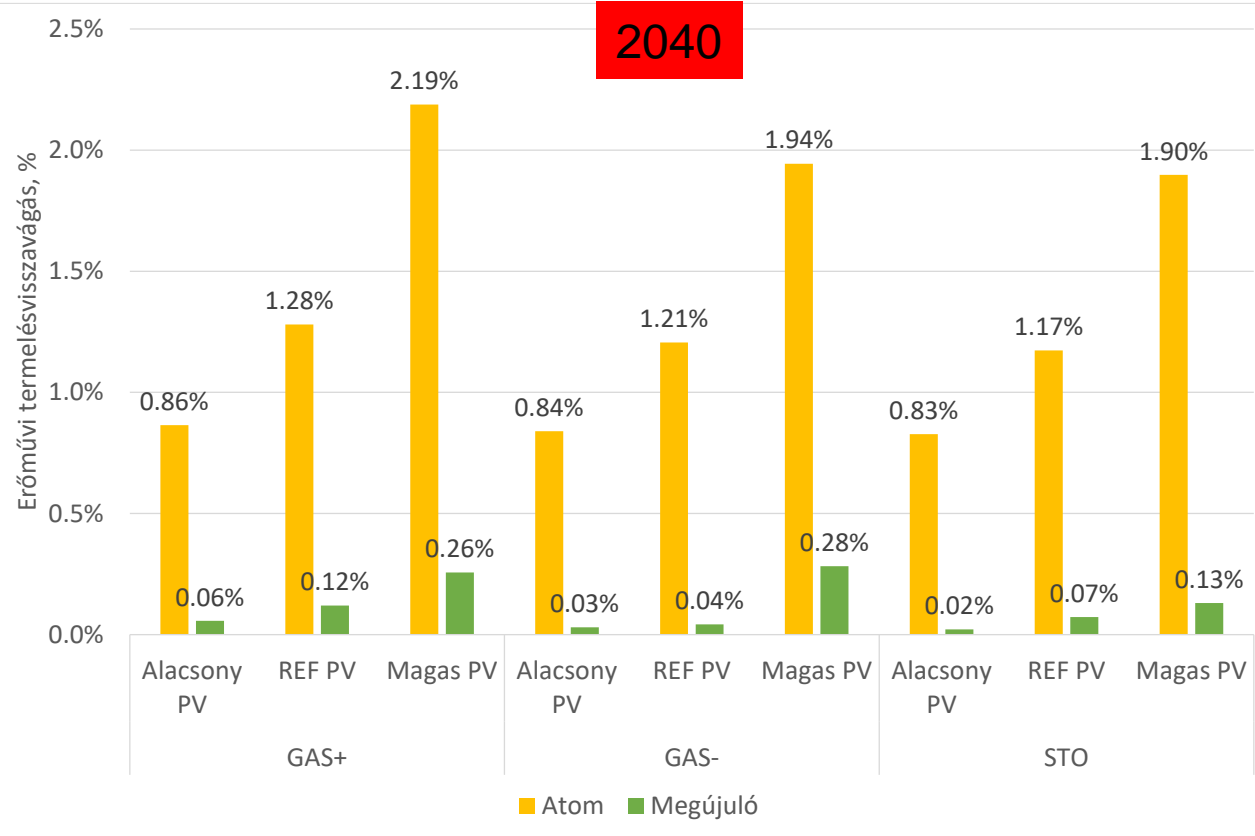
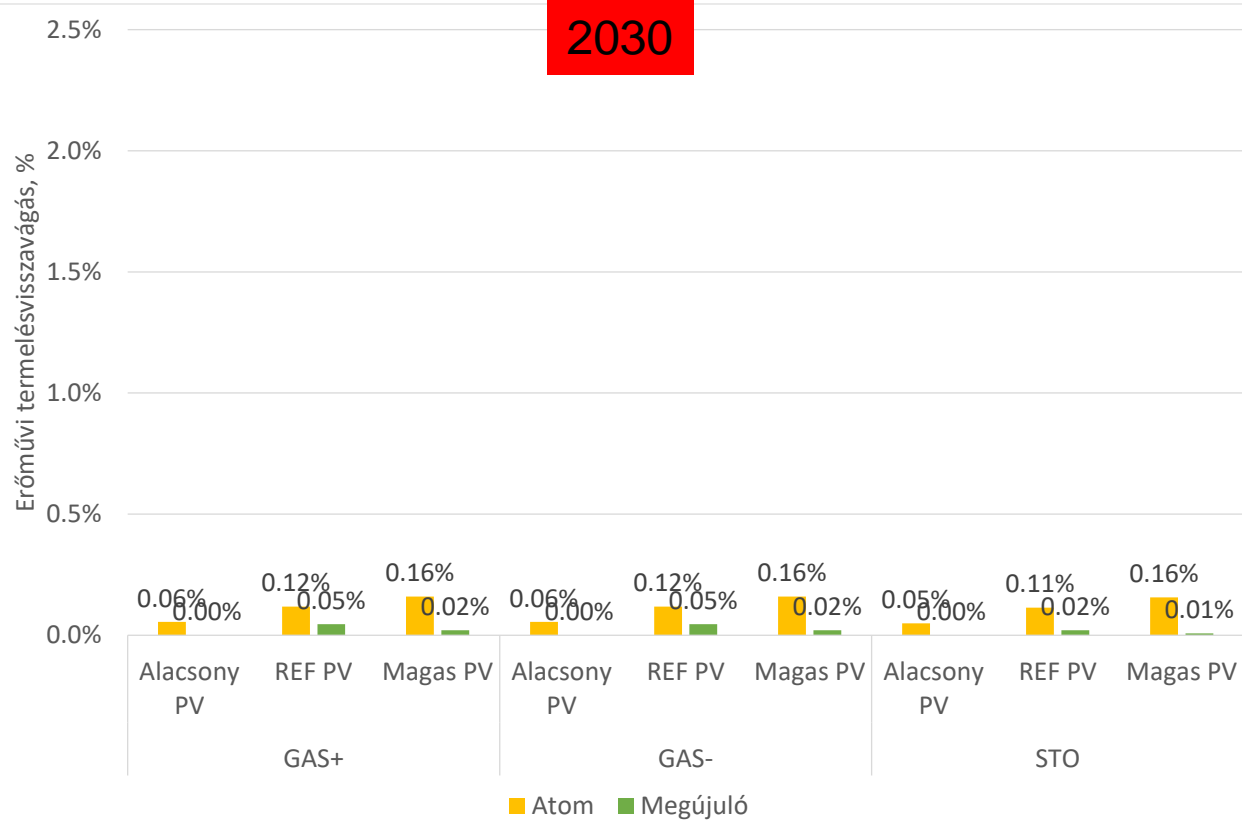
A PV-k növekedésével párhuzamosan növekszik a gázosok termékpiacon kihasználtsága, és a tartalékpiacon részvételének összege



- A nukleáris kihasználtság esetében kismértékű eltérés már 2030-ban is
- A földgáztüzelésű erőművek kihasználtsága alacsony, de nem drasztikusan (22-34%), és a felszabályozási piacon való részvétel is jelentős
- Az új gázos erőművek kiszorítják a régieket → ezért alacsony a GAS+ forgatókönyvben a kihasználtság

- Jelentősebb nukleáris kihasználtság-változások az egyes forgatókönyvek között (1,5% pont)
- Nagyon erős a gázosok felszabályozási piacon való részvétele
- A tárolók erősen csökkentik a földgázos erőművek lekötéseit (GAS- vs. STO)

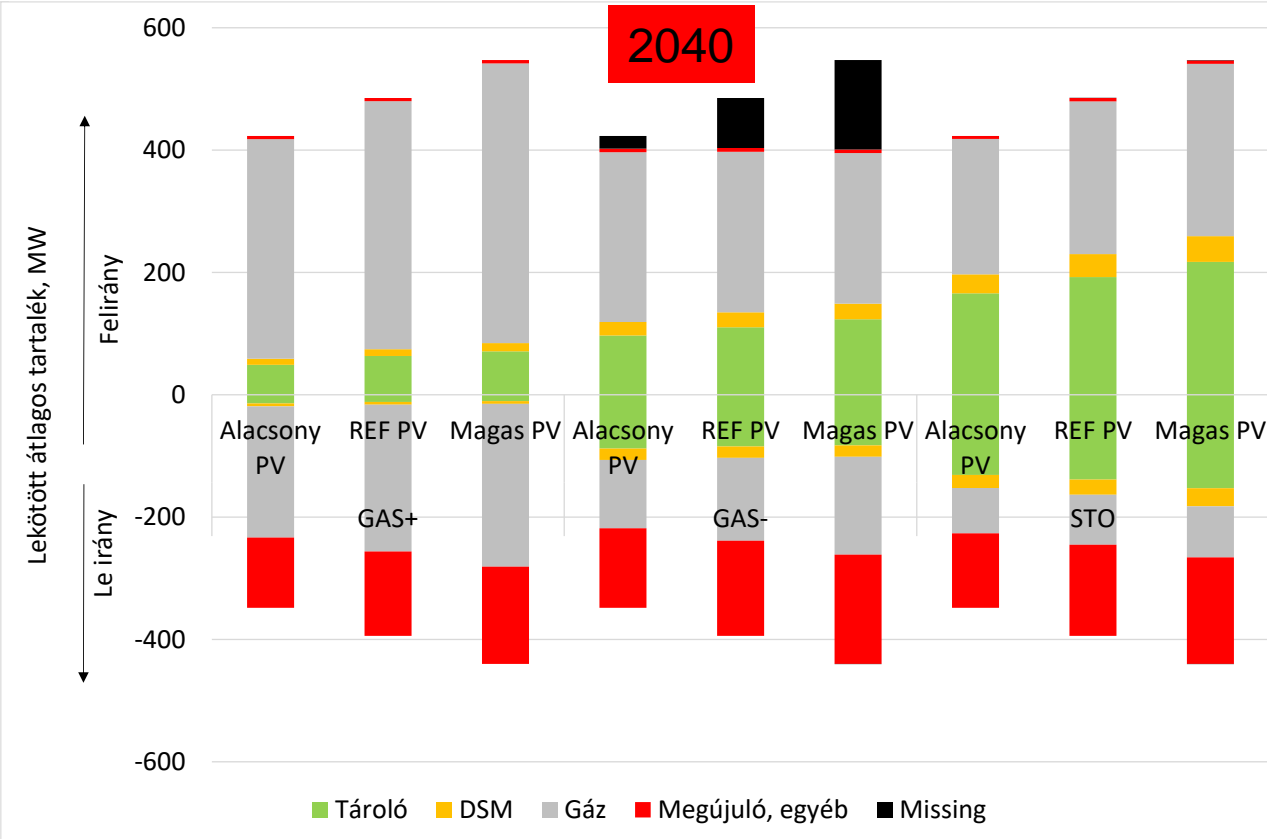
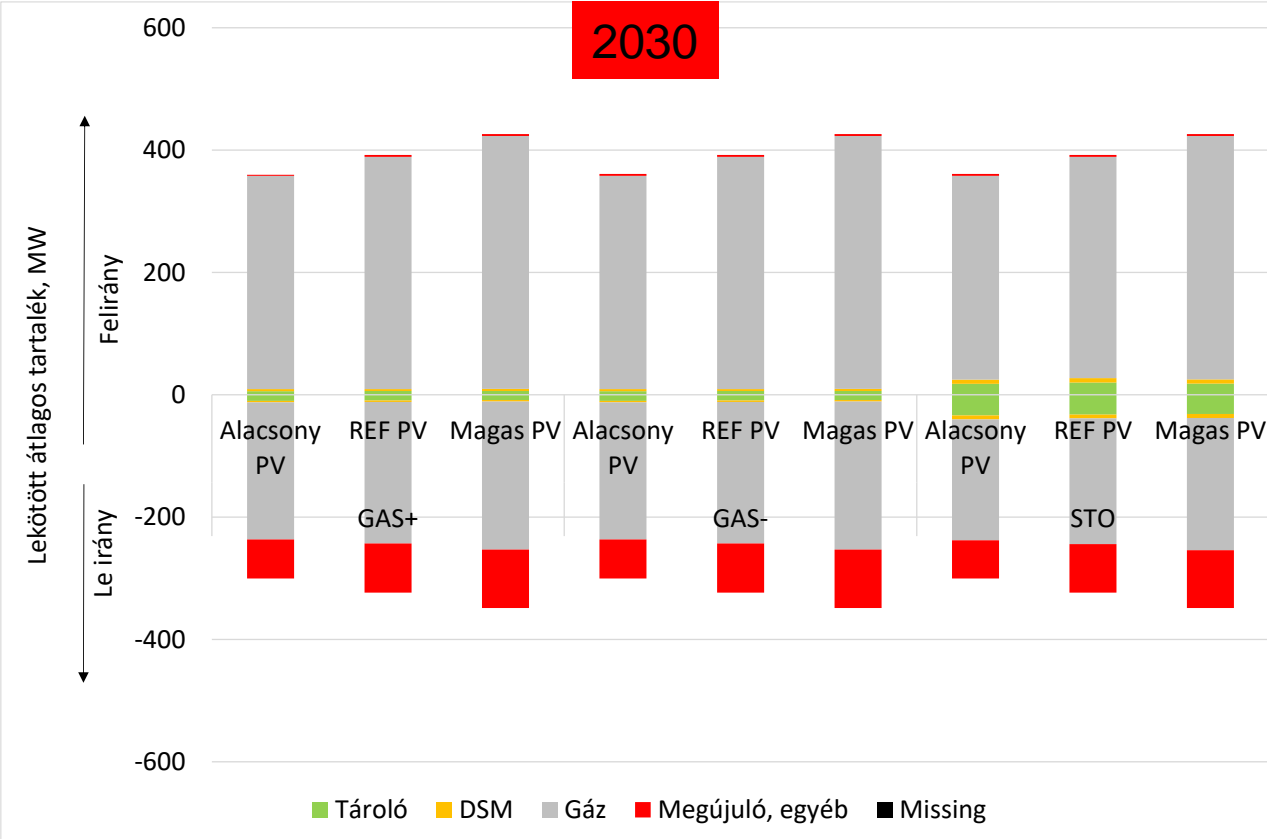
2030-ban még csak kismértékben, 2040-ben már jelentős mértékben gyengíti egymást a PV és az atomenergia



- 2030-ban szinte csak az atomerőművi termelést szükséges csökkenteni
- Ennek mértéke azonban még nem tekinthető jelentősnek (0-0,16% (0-62 GWh) a maximális termelési lehetőségéhez képest)

- 2040-ben már a megújulókat és az atomerőművi termelést is szükséges korlátozni a REF és a magas PV forgatókönyvek esetében
- Az atomerőmű esetében átlagosan 0,8-2,2%-kal (174-460 GWh) szükséges csökkenteni a termelést

A földgázos erőműveket felváltják a tárolók, DSM és a megújulók a szabályozási tartalékpiacon; tárolók és/vagy új gázos erőművek nélkül felszabályozási tartalékhiány 2040-ben



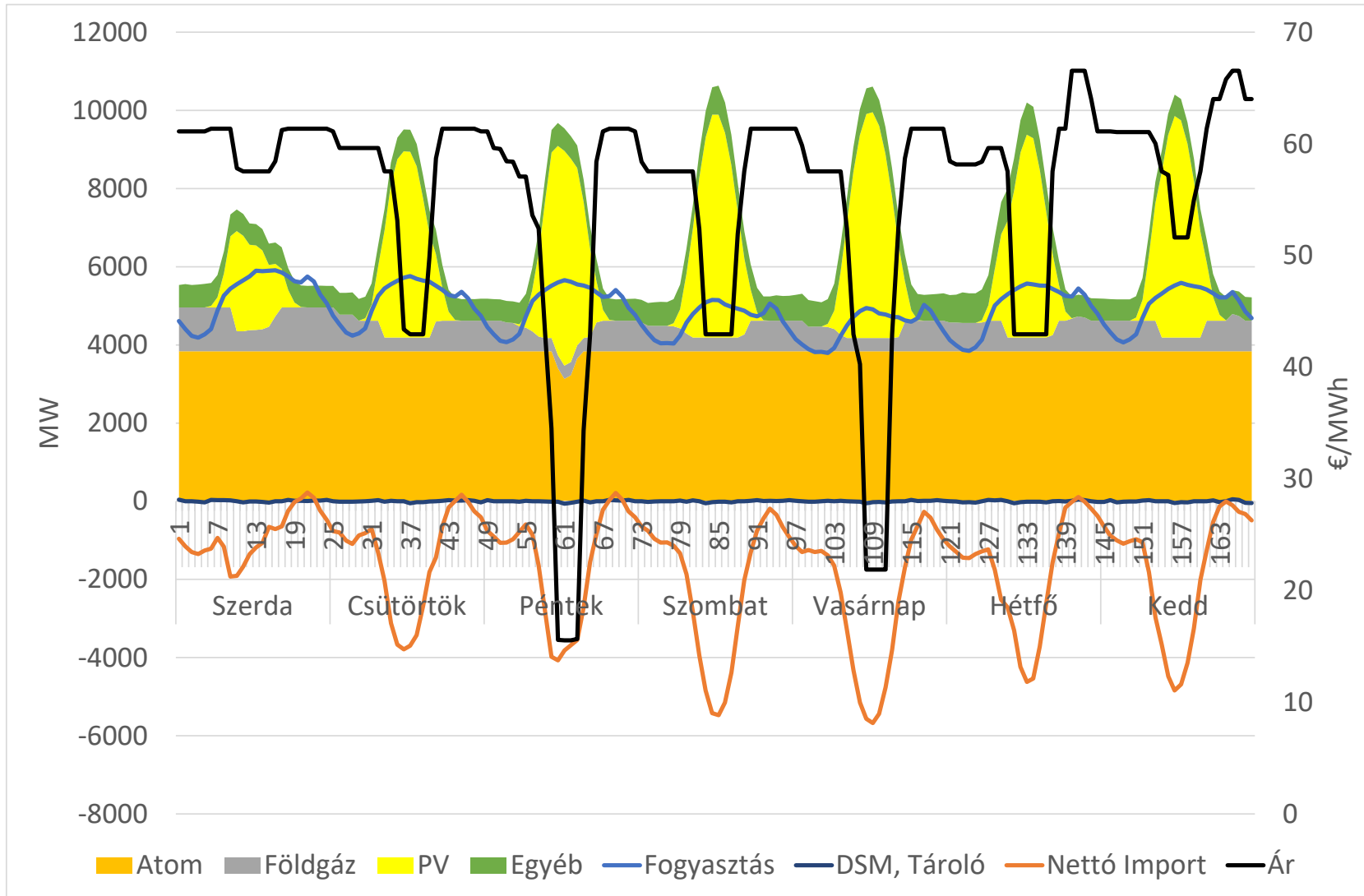
- 2030-ban szinte csak a földgázos erőművek nyújtják a felszabályozási tartalékot, a leszabályozásban a megújulók is részt vesznek
- Minden órában van elegendő tartalék
- A PV-k elterjedtségének mértéke jelentősen befolyásolja a szükséges tartalékkapacitások igényét, főleg felirányban

- Az STO forgatókönyvben a tartalékok több mint felét a tárolók nyújtják
- Jelentős mértékű tároló/DSM és/vagy új gázos kapacitás nélkül felszabályozási tartalékhiány alakulhat ki

Mind 2030-ban, mind 2040-ben nulla a Nem Szolgáltatót Energia értéke

- Az összes forgatókönyvet megvizsgálva azt tapasztaljuk, hogy mind 2030-ban, mind pedig 2040-ben elegendő kapacitás áll rendelkezésre, hogy minden órában kielégíthessük a fogyasztást
- Ellátásbiztonsági szempontból így csak a felszabályozási hiány jelenthet gondot egyes forgatókönyvek esetében

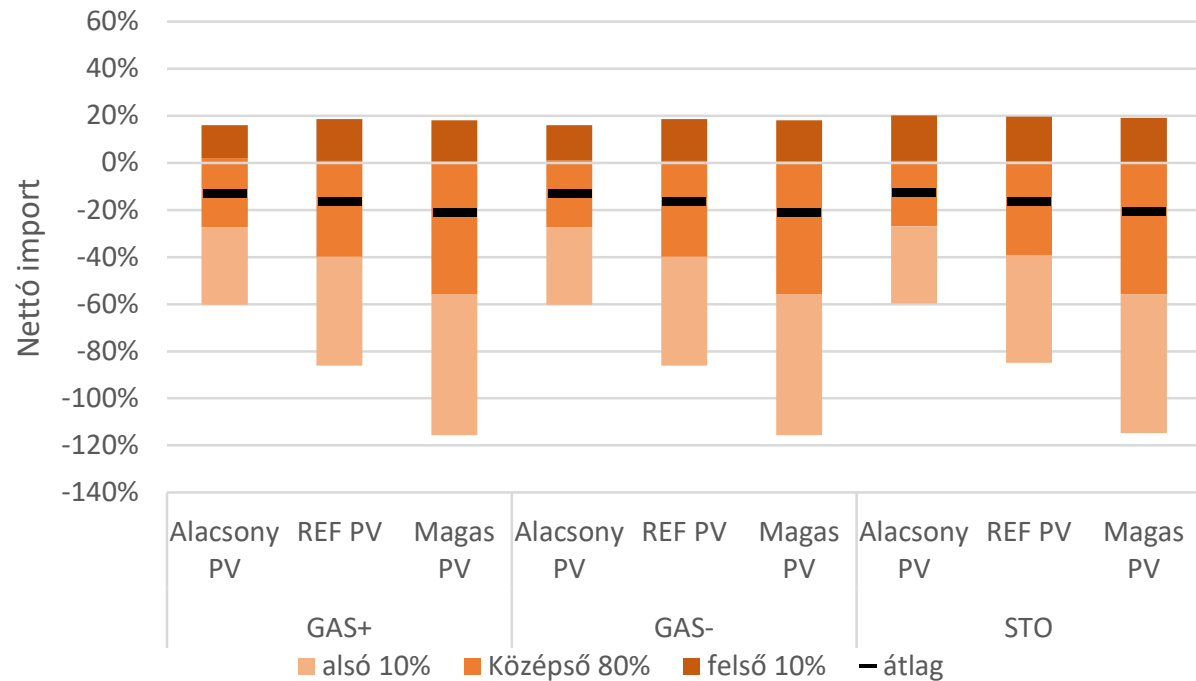
Sok esetben az export sem tudja felszívni a PV és atomerőművi termelést, 2030, 32. hét



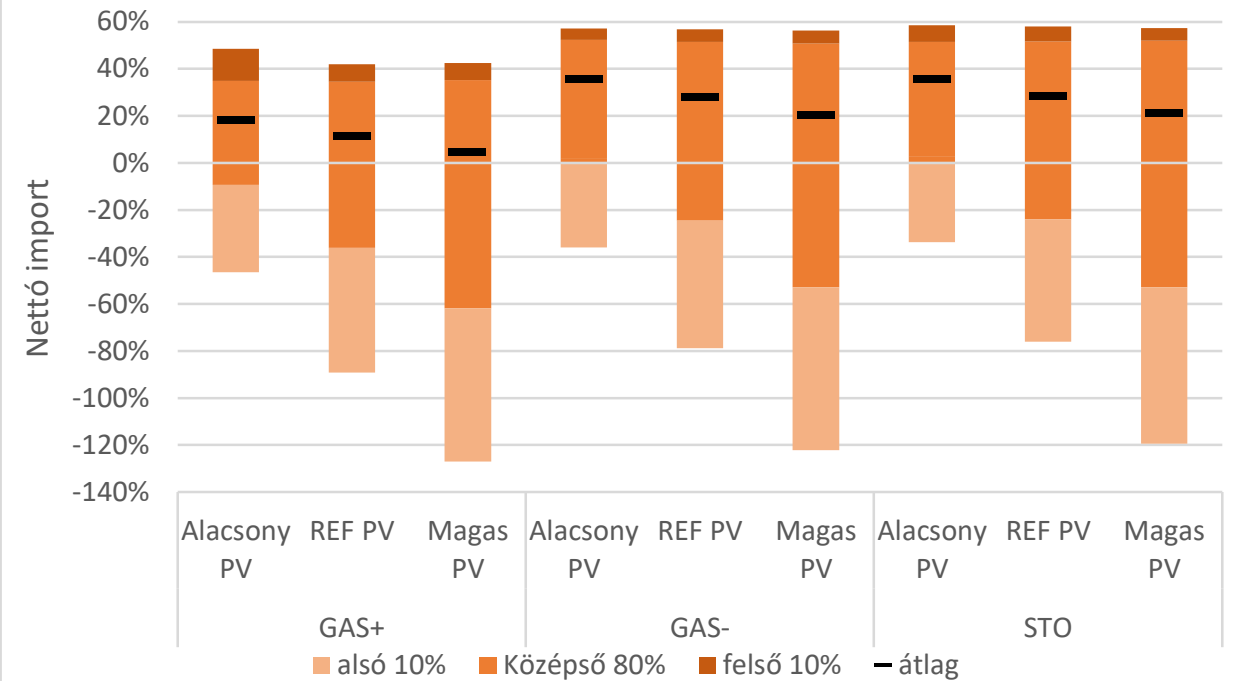
- Vannak olyan órák, amikor az atomerőmű az ármeghatározó
- Ekkor a Paksi blokkokat néhány órára vissza kell terhelni, mert a környező országok energiapiaca sem tudja felszívni (a sok PV termelés miatt)

Egyik évben sem kritikus a nettó import arány egyetlen órában sem

2030



2040



- Minden forgatókönyv esetében nettó exportőr pozíciót tapasztalunk
- Az órák 90%-ában exportőr Magyarország
- A magasabb PV kapacitás jelentősen növeli az exportpozíciót, különösen a szélsőségesebb esetekben

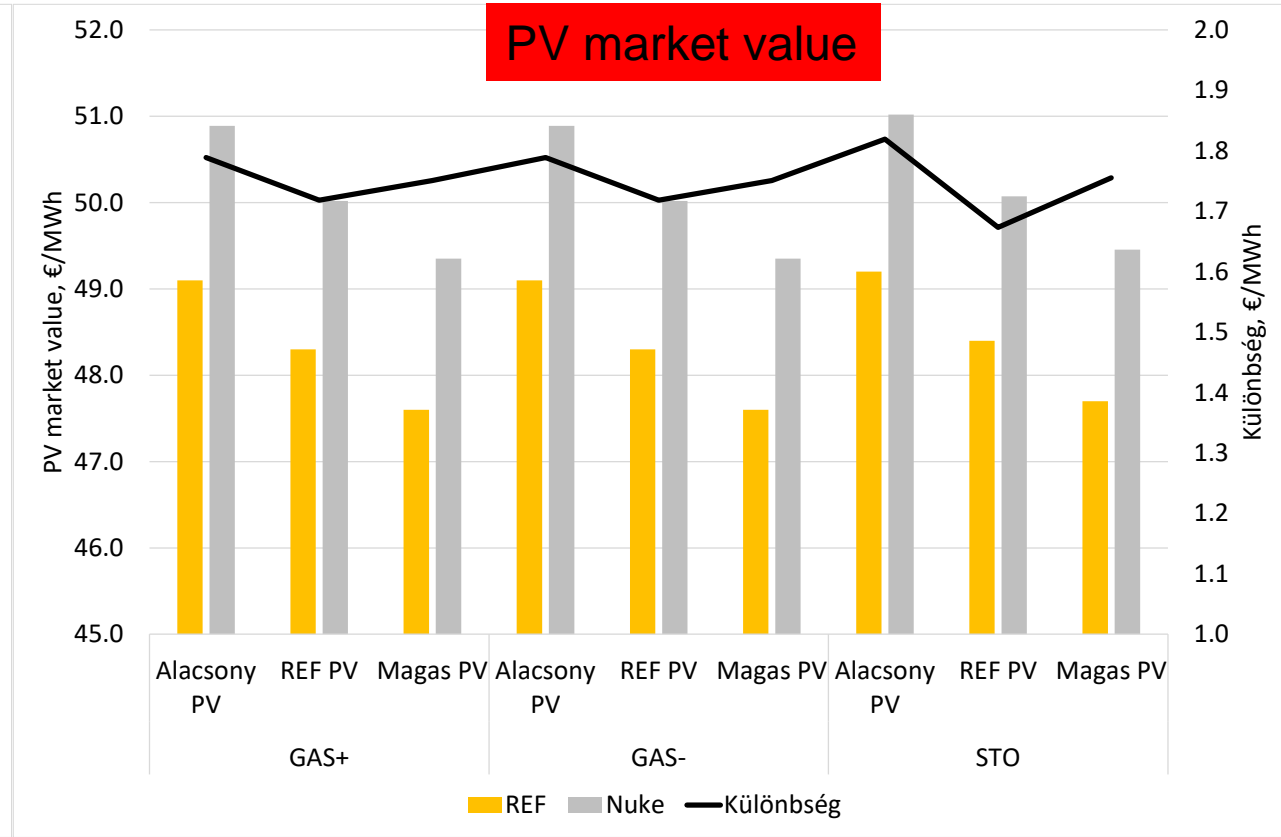
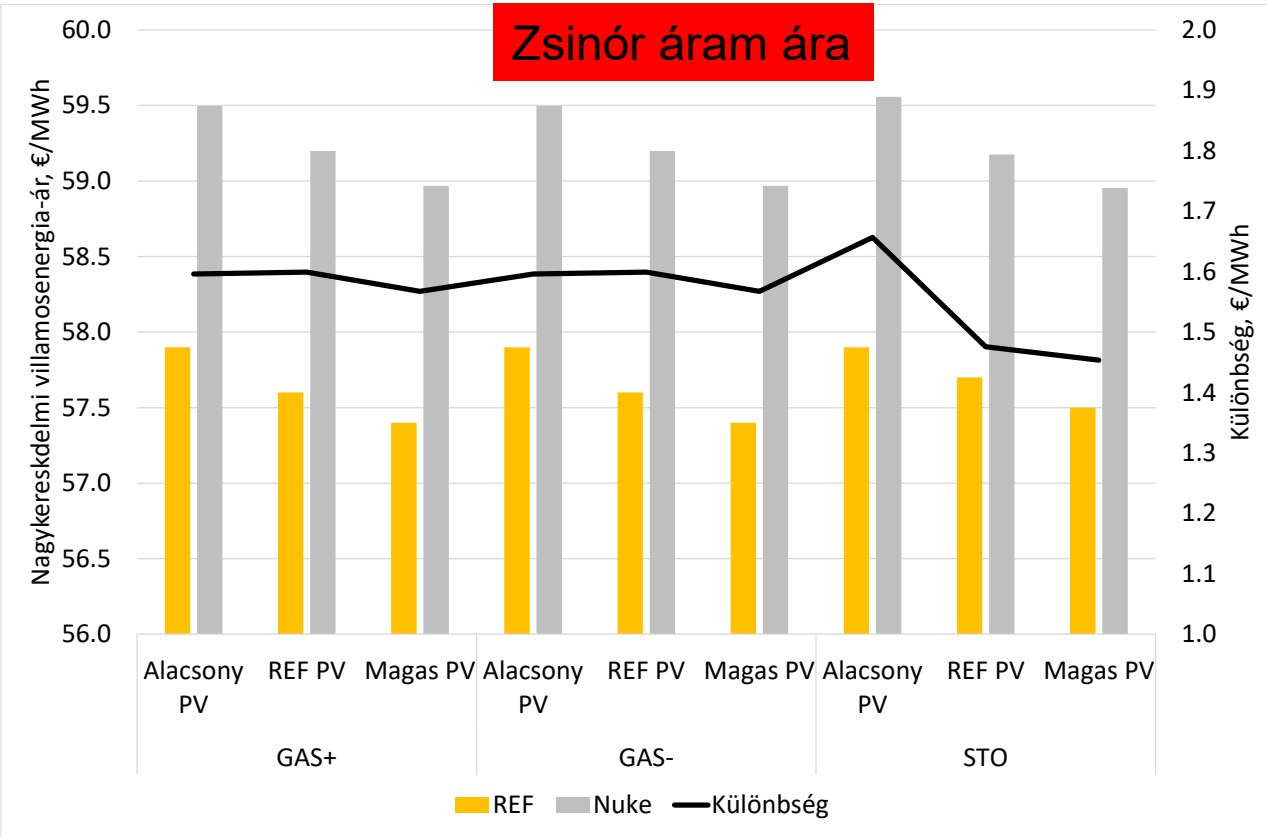
- Minden forgatókönyv esetén az év nagy részében (min 6300 óra) továbbra is nettó importőrök vagyunk
- A nettó exportos órákban azonban jelentős mennyiségeket szállítunk ki – a magas PV forgatókönyvek esetén 100% feletti nettó export is előfordul
- A nettó import maximuma 50% körüli

Érzékenységvizsálatok

- 70%-os szabály „felfelé” történő alkalmazása
 - Az alkalmazott 0-12,5-25%-os növekedés helyett egy erőteljesebb növekedés: 0-25-50%
 - Az összes forgatókönyvre alkalmazásra kerül
- 70%-os szabály „lefelé” történő alkalmazása
 - A 70%-os szabálynak nincs hatása a határkeresztező kapacitásokra
 - Az összes forgatókönyvre alkalmazásra kerül
- Megújulók miatt alacsonyabb/magasabb tartalékigény-követelmények
 - Csak a magas PV forgatókönyvek vizsgálata történik
- Paks II. késése
 - Ha egyik új paksi blokk sem készül el 2030-ra

ÉRZÉKENYSÉGVIZSGÁLAT – PAKS2 KÉSÉSE

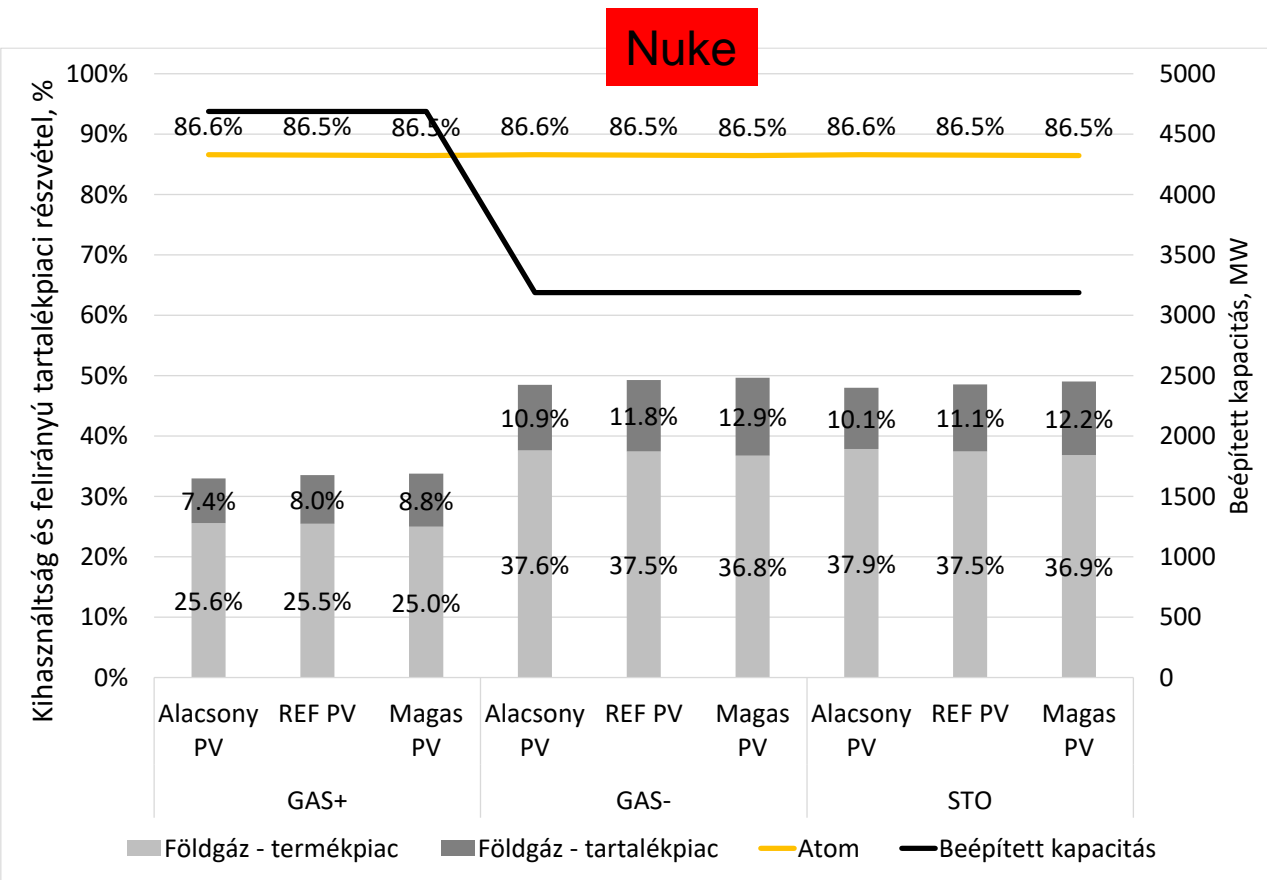
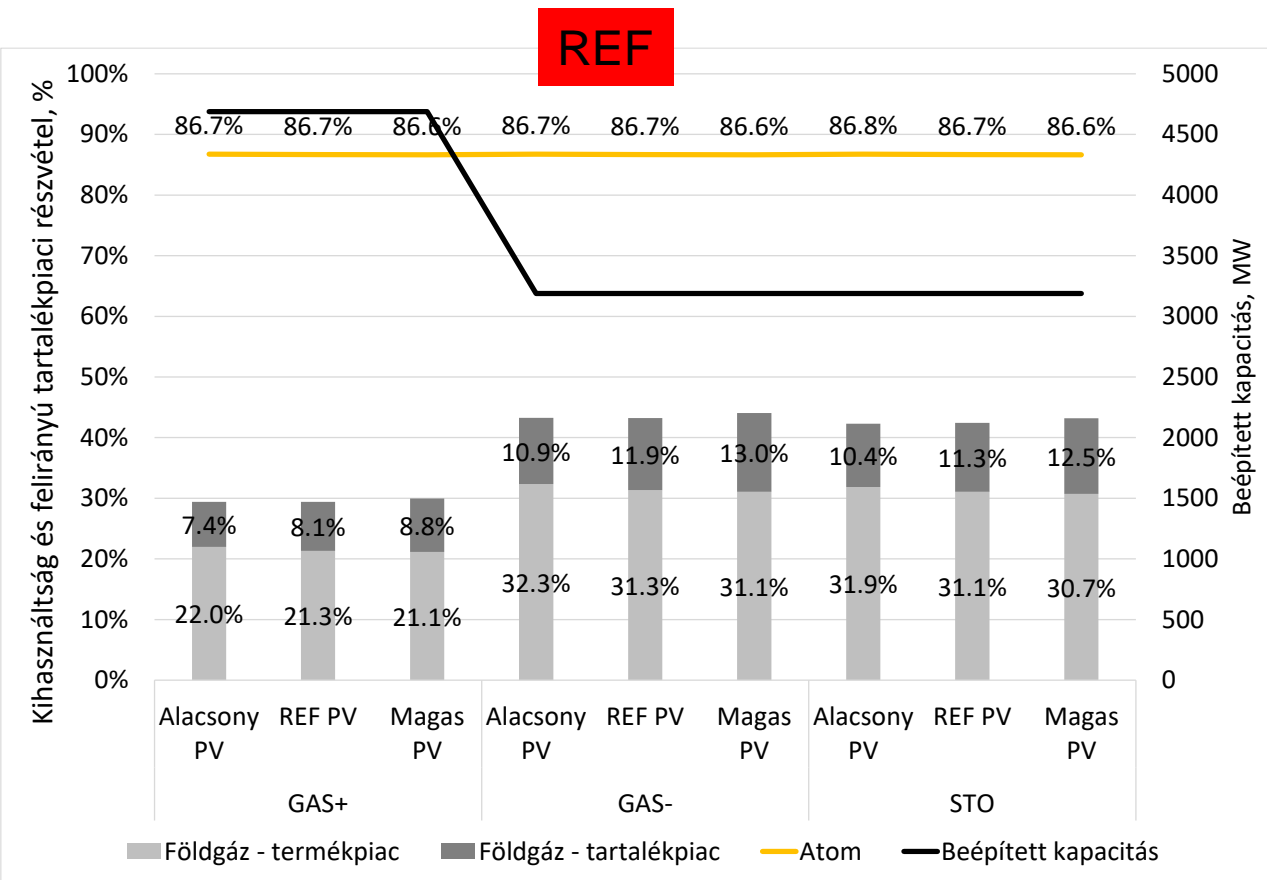
1,5 €/MWh-val növekszik a zsinór áram ára, illetve a PV market value értéke is, ha nem lép be 2030-ban Paks2



- Paks2 nélkül 2030-ban 1,4-1,7 €/MWh-val növekszik a nagykereskedelmi zsinór villamosenergia-ára
- A legnagyobb hatást a STO, alacsony PV penetráció esetében tapasztaljuk

- A PV market value értéke nagyobb mértékben növekszik, mint a zsinór áram ára (1,7-1,9 €/MWh-val növekszik az ár)

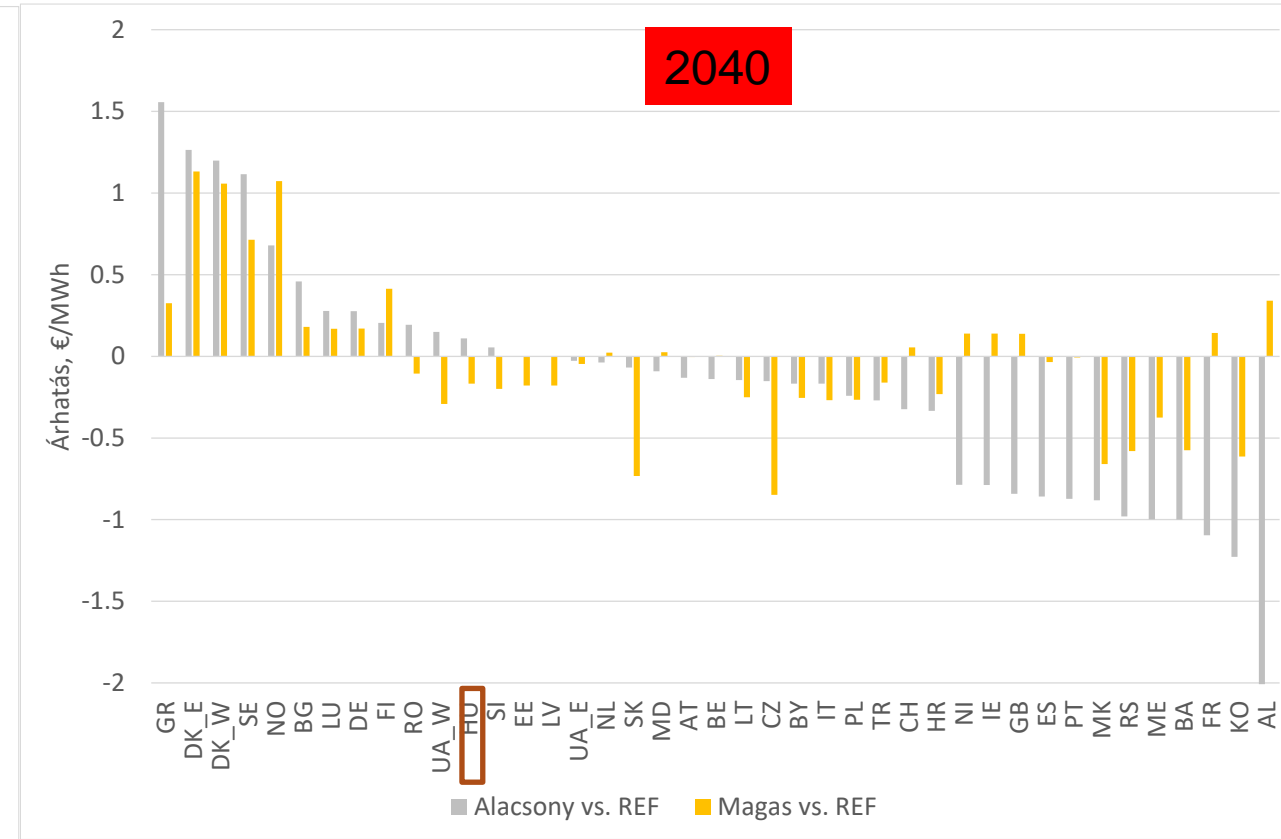
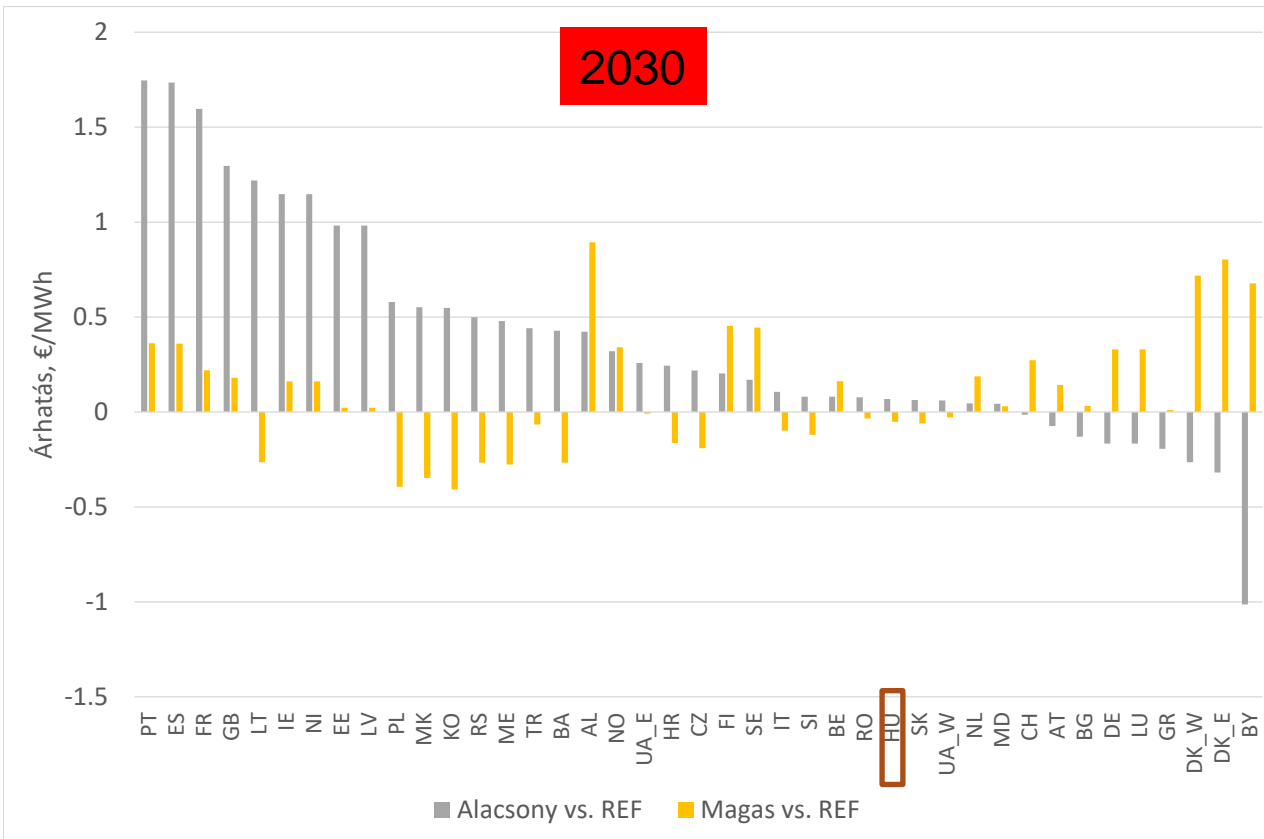
Paks2 késésével növekszik a gázosok kihasználtsága, 2030



- Paks2 késésével a földgáztüzelésű erőművek növelik a termékpiacon a kihasználtságukat, átlagosan mintegy 4-5 százalékponttal
- A tartalékok nyújtására nincs hatással Paks2 belépése
- Paks2 nélküli esetben sem tapasztalunk pozitív Nem Szolgáltatott Energia értéket
- A nettó exportőr pozícióból nettó import pozícióba (15-25%-os a nettó importarány az egyes forgatókönyvekben) kerül át Magyarország

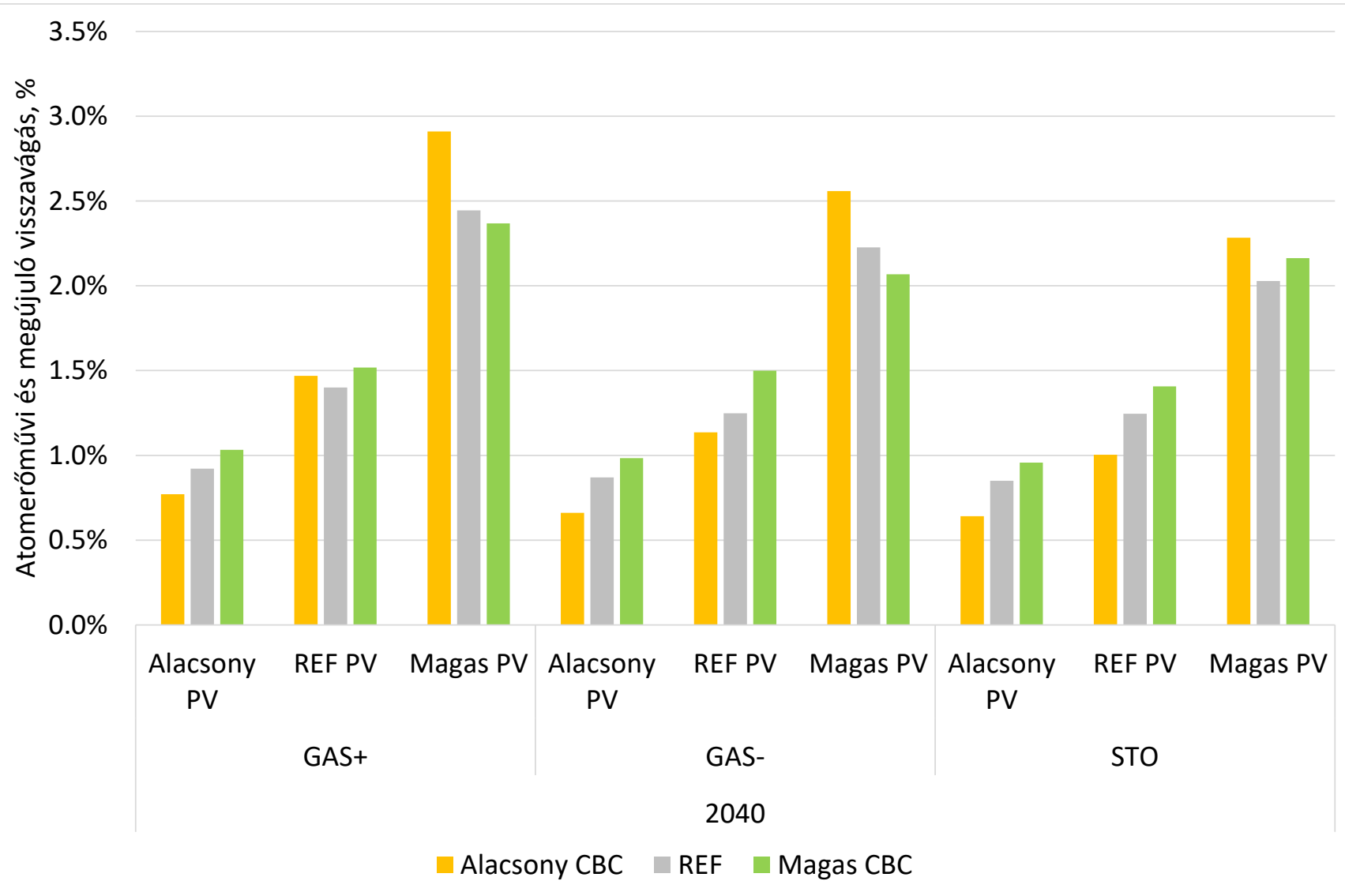
ÉRZÉKENYSÉGVIZSGÁLAT – „70”-OS SZABÁLY

Mérsékelt árhatás Magyarországon



- Mind 2030-ban, mind pedig 2040-ben alacsony a hazai árhatása a „70%”-os szabálynak -> köszönhetően az új SK-HU vezetéknek a torlódás nyugatabbra jelenik meg, míg az osztrák határ esetében csak kisebb NTC növekedést tapasztalunk
- A Balkán képes felszívni ezt az olcsó nyugat-európai áramot, ezért nem jelenik meg szignifikáns árcsökkenés

Alacsonyabb PV penetráció esetén növekszik az atomerőművi és megújuló visszavágás az NTC értékek növekedésével, magas penetráció esetén fordított a hatás

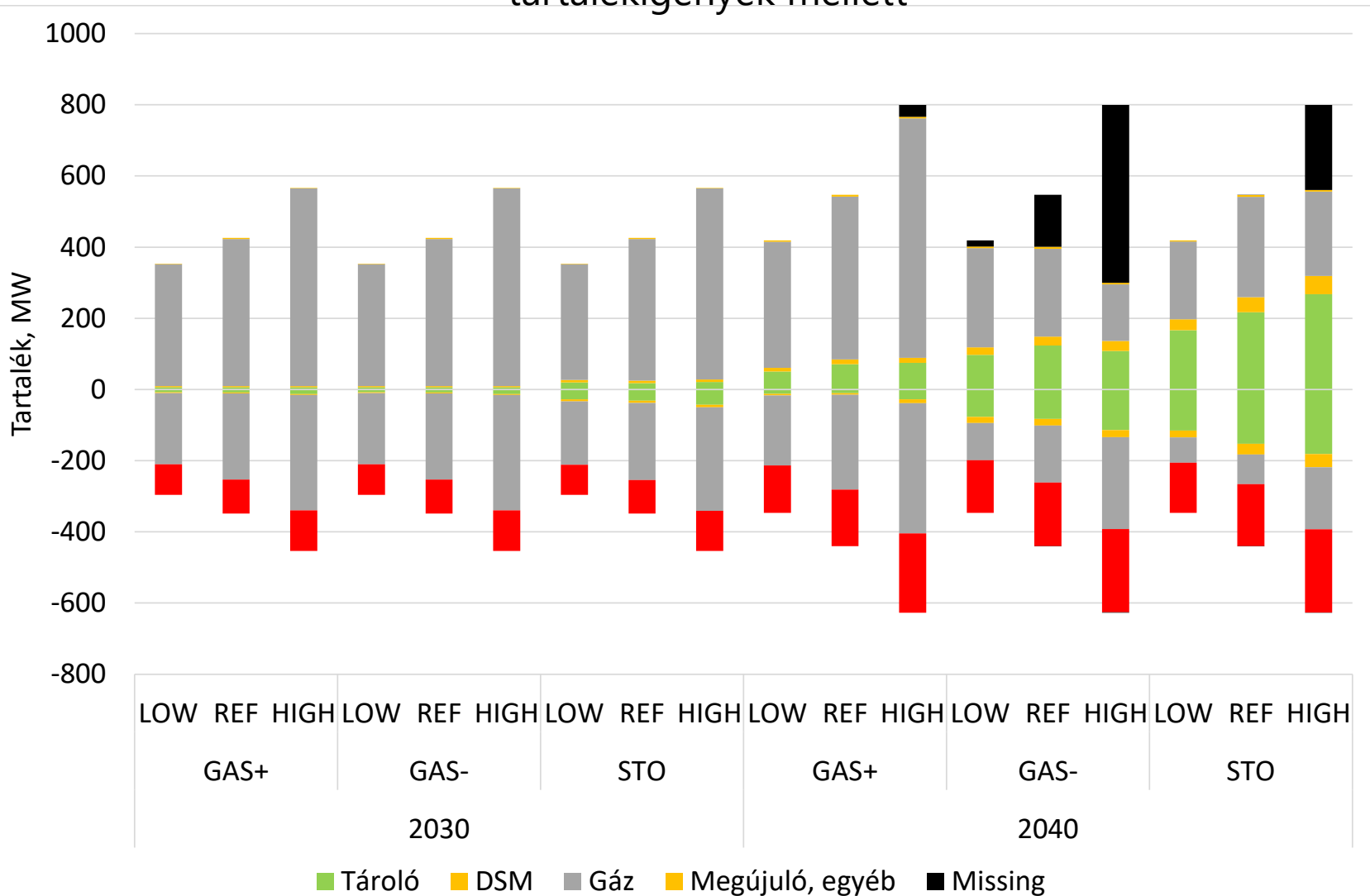


- Alacsony PV penetráció esetében a megnövekedett határkeresztező olcsó megújulót hoz be a rendszerbe, amely révén növekszik a visszavágási kényszer
- Magas PV penetráció esetén ezt a visszavágást részben lehet „exportálni”
- Magasabb határkeresztező kapacitások esetében jobban kiegyenlítődnek az egyes országokban a visszavágások
- A tartalékok és a tüzelőanyag-összetétel esetén nem figyelhetünk meg szignifikáns változást

ÉRZÉKENYSÉGVIZSGÁLAT – ELTÉRŐ TARTALÉKTARTÁSI SZÜKSÉGLET

Magas PV penetráció esetén, amennyiben ehhez magas tartalékigény társul, akkor az jelentősen növeli a felirányú tartalékok hiányát

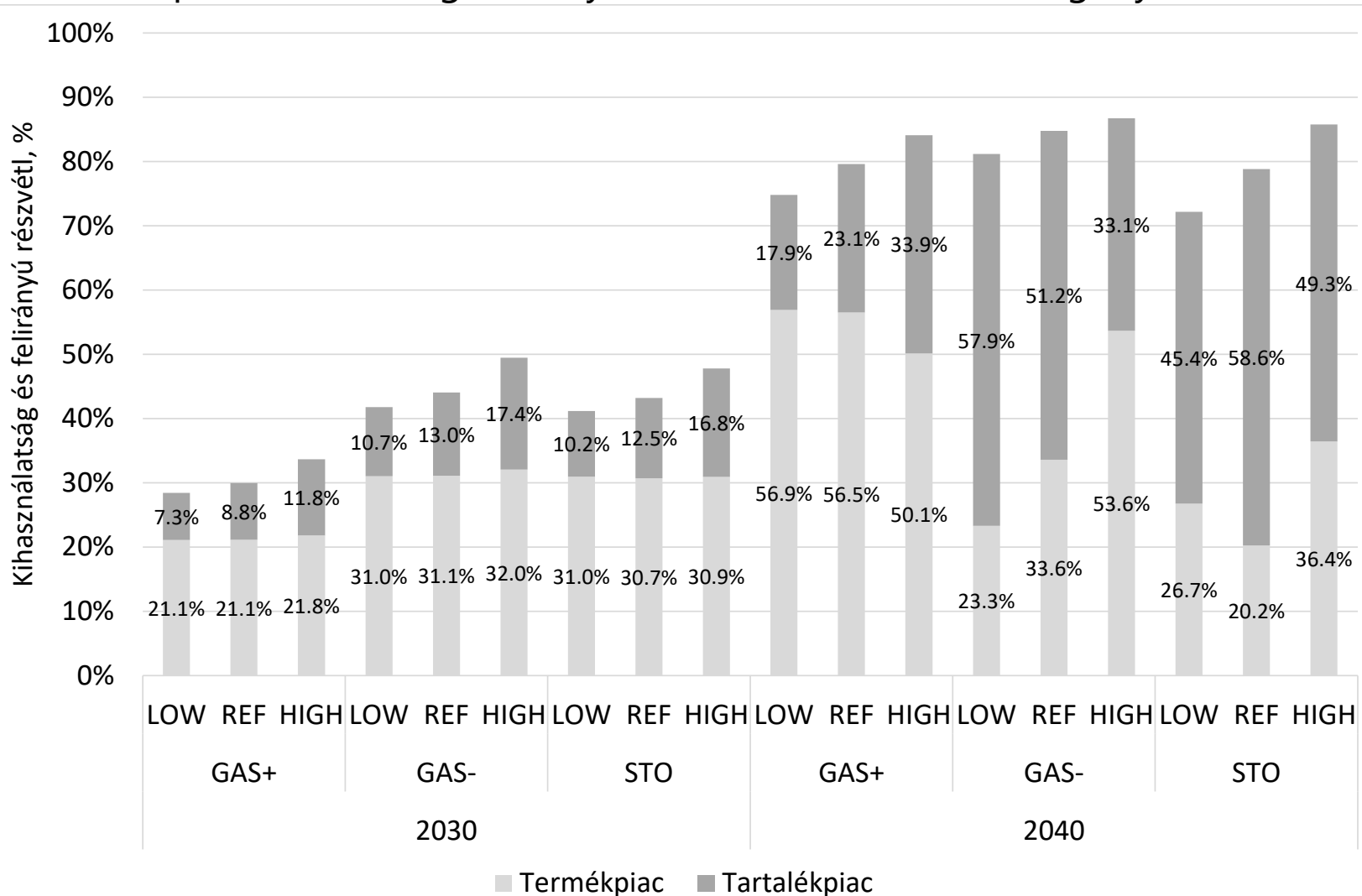
Tartalékpiaci összetétel **magas PV penetrációs** forgatókönyvek és különböző tartalékigények mellett



- 2030-ban minden forgatókönyv mellett és még magas tartalékigény mellett is leköthető a szükséges fel- és leirányú tartalék
- Alacsony tartalékigény esetén szinte minden évben és forgatókönyv esetében nulla a felirányú tartalék hiány
- Ha magas a PV penetráció és ehhez jelentős tartalékigény társul, akkor nem elegendő 2040-ben az 1000 MW tároló, amennyiben nem épül új gázos erőmű -> magasabb tartalékkapacitásigény jelentkezik

A tartalékigények növekedésével növekszik a gázos erőművek kihasználtsága, illetve felirányú lekötésben való részvételük

A gázos erőművek kihasználtsága és felirányú tartalékpiaci részvétele **magas PV** penetrációs forgatókönyvek és különböző tartalékigények mellett



- Minél magasabb a tartalékigény, annál nagyobb a gázosok kihasználtsága/felirányú tartalékpiaci részvétele
- 2040-ben a magas tartalékpiaci igény esetén megközelíti a 90%-os kihasználtságot/felirányú tartalékpiaci részvételt
- 2040-ben a kihasználtság/felirányú tartalékpiaci lekötés 10-15% ponttal magasabb a magas tartalékpiaci részvétel, mint az alacsony tartalékpiaci részvétel mellett.

KONKLÚZIÓK, KÖVETKEZTETÉSEK

Konklúziók I.

- Minden forgatókönyv azt mutatja, hogy van elegendő kapacitás, a Nem Szolgáltatott Energia értéke nulla, akkor is, ha az új paksi blokkok nem képesek 2030-ra rendszerbe állni
- Hosszú távon felszabályozási tartalékhiány alakulhat ki – abban az esetben, ha szükséges azok mennyiségét növelni az időjárásfüggő-termelők kapacitásnövekedésével párhuzamosan
- Fontos cél lehet a jelenlegi gázos kapacitások rendszerben tartása, mivel azok jelentős szereppel bírnak a tartalékok nyújtásában
- Az elemzés rámutat arra, hogy új földgázos kapacitások nélkül is van elegendő flexibilis kapacitás 2030-ban, abban az esetben, ha a piaci és szabályozási környezet lehetővé teszi a tárolók és a DSM jelentős részvételét
- A földgázos erőművek kapacitáskihasználtsága igen jelentős, különösen hosszabb távon, amely indikáció lehet arra nézve, hogy piaci alapon is képesek lehetnek működni
- Középtávon nagy mennyiségű PV kapacitást is be tud fogadni az átviteli rendszer, mindenféle jelentős beavatkozás nélkül is (az elosztóhálózat nem képezte az elemzés tárgyát, így arra ezen megállapítás nem érvényes)

Konklúziók II.

- Hosszabb távon kismértékben gyengíti egymást a PV és az atomerőművi termelés, ezek egymás versenytársai lehetnek
- 2040-re már nagyon jelentős hatása van a PV kannibalizációnak, a PV piaci érték alacsonyabb, mint a nagykereskedelmi ár
- Fontos szakpolitikai cél lehet a megújuló termelőket és az atomerőművi termelőket műszakilag és szabályozási szempontból képessé tenni a tartalékpiaci részvételre
- Hosszú távon megkerülhetetlen a villamosenergia-tárolók és a DSM megoldások elterjesztése, amelyek önmagukban elegendőek lehetnek a rendszerbiztonság fenntartására, és elegendő flexibilis kapacitást nyújthatnak

Köszönjük a figyelmet!

Mezősi András

andras.mezosi@rekk.hu