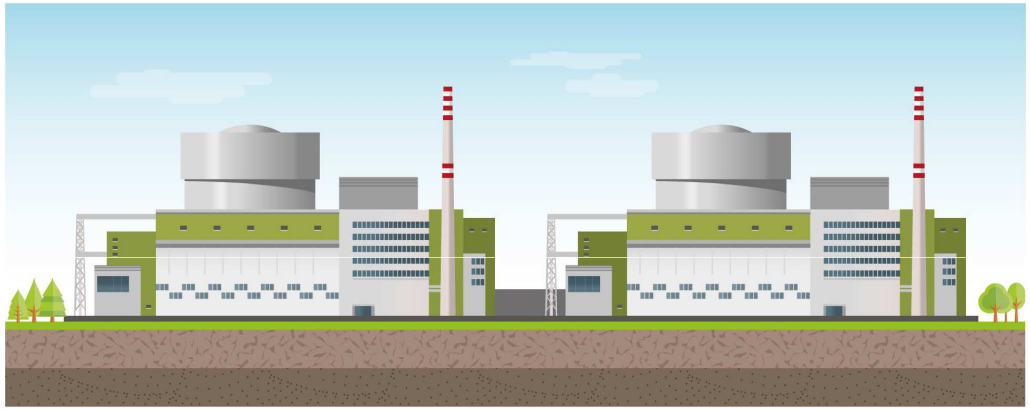


A Paks II. Projekt helye és szerepe az európai atomenergetika fejlesztésében

Prof. Dr. Aszódi Attila

A Paksi Atomerőmű kapacitásának fenntartásáért felelős államtitkár, ME / PTNM

Egyetemi tanár, BME NTI

Úton a tiszta energia felé – MEE 65. Vándorgyűlés Konferencia és Kiállítás

Budapest, 2018. szeptember 12.

Ezen a nyáron különösen sokat beszéltünk magáról a nyárról

A népszerű Der Spiegel német folyóirat 2018. augusztus 4-i lapszáma a klímaváltozás hatásait elemzi (forrás: www.spiegel.de)

Olvasnivaló még: https://aszodiattila.blog.hu/

2018 nyara a valaha volt egyik legmelegebb nyár volt, világviszonylatban

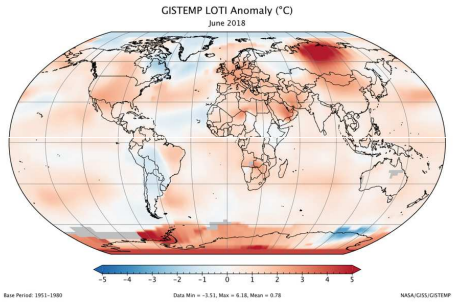
GLOBAL CLIMATE CHANGE
Vital Signs of the Planet

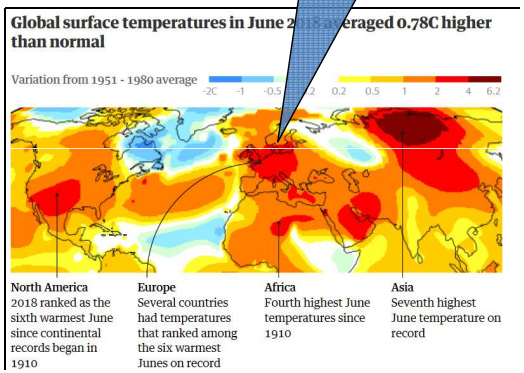
July 17, 2018

June 2018 ties for third-warmest June on record

According to a monthly analysis of global temperatures by NASA scientists, June 2018 tied with June 1998 as the third-warmest June in 138 years of modern record-keeping.

Európa erősen érintett volt globális viszonylatban is.

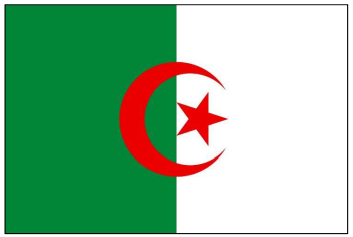


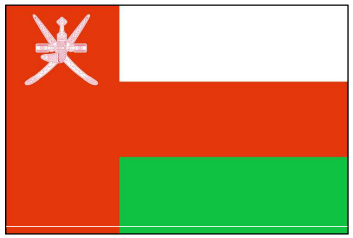


Adatok forrása: climate.nasa.gov
www.theguardian.com

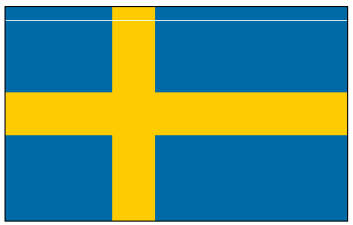
Néhány rekord…

Legmagasabb hőmérséklet Afrikában: 51,3°C (Algéria, 2018.07.05.)





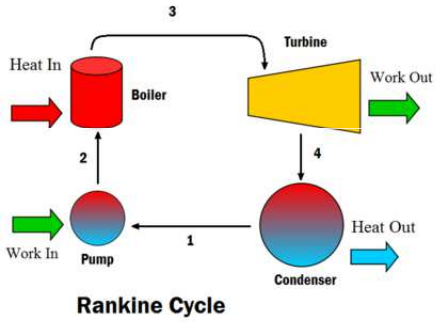
Legmagasabb 24 órán keresztül fennmaradó hőmérséklet: 42,6°C (Omán, 2018.06.25.)

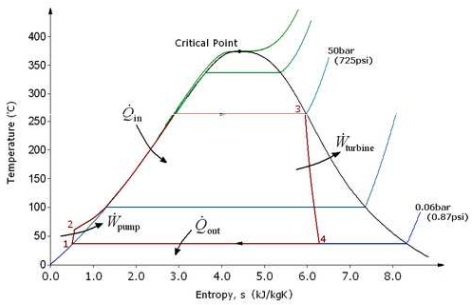


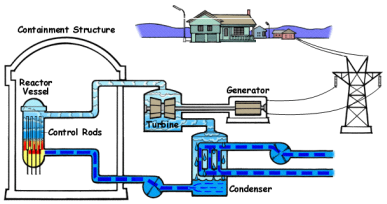
Naimakka-n, Svédország legészakibb állomásán 29,4°C-ot mérnek (2018.07.17.)

Adatok forrása: www.washingtonpost.com
inews.co.uk

A hőerőművi körfolyamatokat a termodinamika törvényei határozzák meg







$$\eta = 1 - \frac{T_{out}}{T_{in}}$$

A növekvő környezeti hőmérséklet hőerőművek esetén csökkenő hatásfokot, csökkenő kiadható villamos energia mennyiséget eredményez

Képek forrása: energyeducation.ca; wikipedia

Atomerőművek termelése Németországban

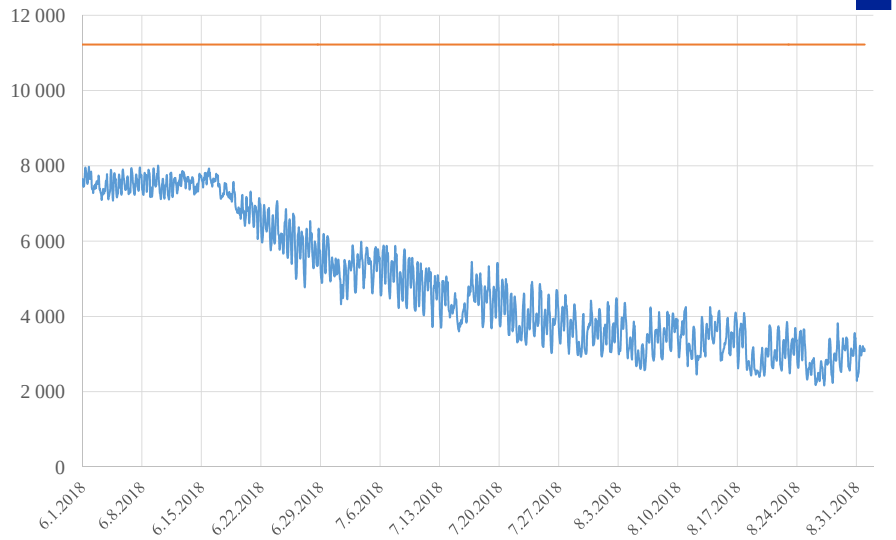
A hőség ellenére az atomerőművek Európa szerte jól teljesítettek

Átlagos kihasználási tényező: 87,43%

Beépített kapacitás: 9.509 MW (ENTSO-E)

Adatok forrása: transparency.entsoe.eu

Folyami vízerőművek termelése Franciaországban

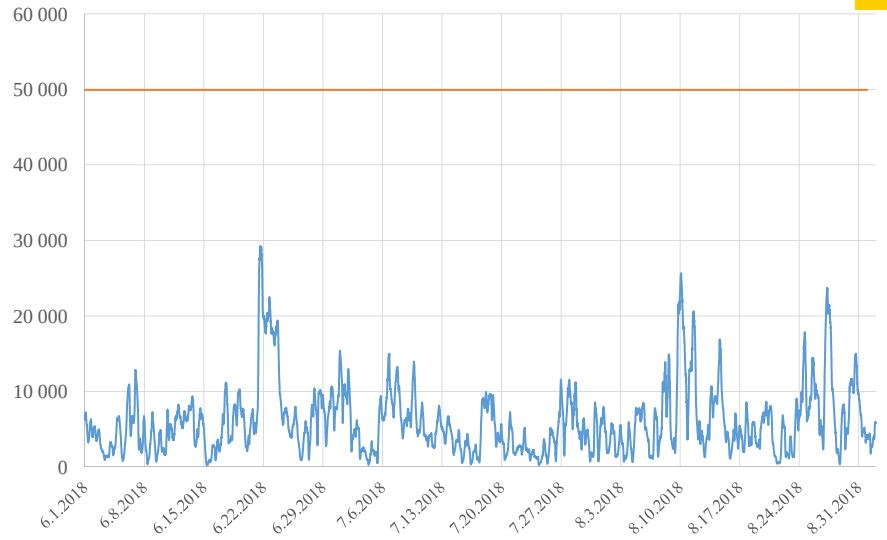


Kihasználási tényező: átlagban 43,23%
Augusztusban: 28,5%

Beépített kapacitás: 11.222 MW (ENTSO-E)

Adatok forrása: transparency.entsoe.eu

Szélerőművek termelése Németországban (onshore)



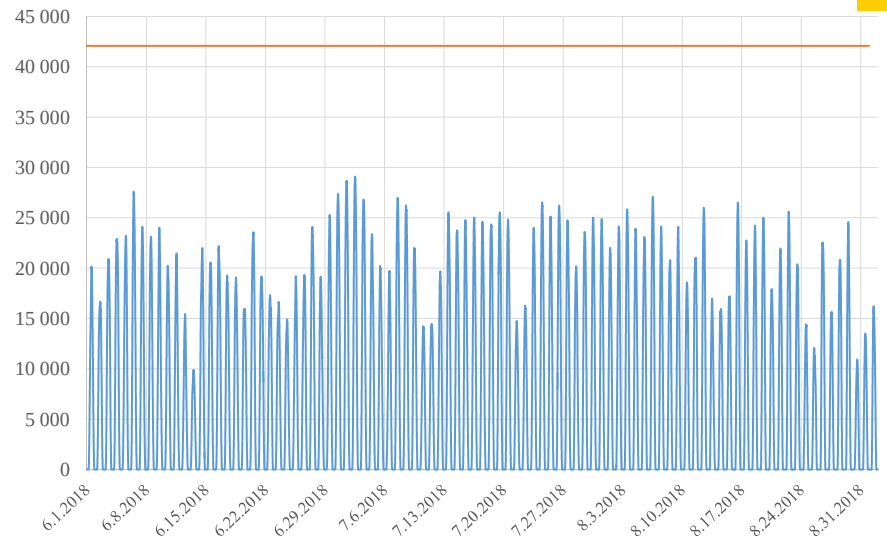
Kihasználási tényező: 12,06%

Franciaországban: 14,22%

Beépített kapacitás: 49.924 MW (ENTSO-E)

Adatok forrása: transparency.entsoe.eu

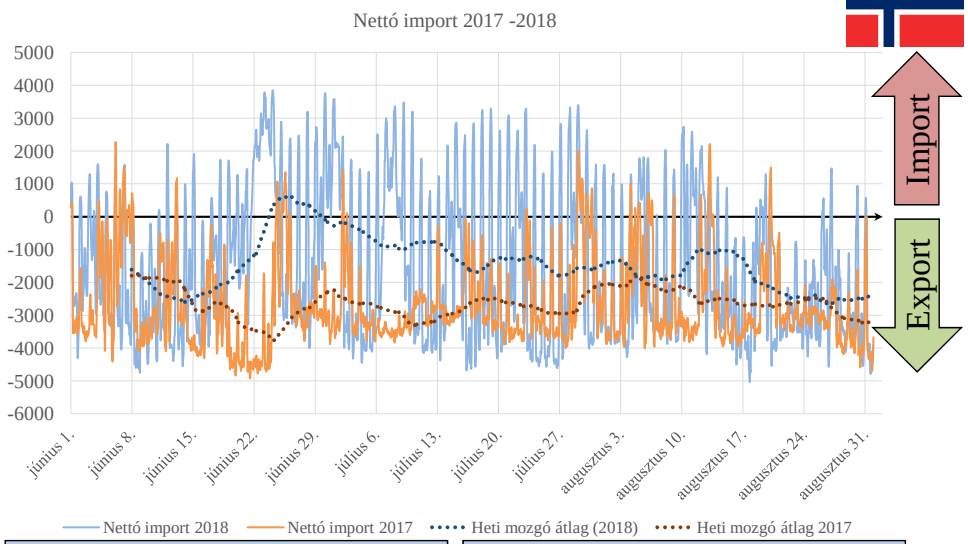
Napelemek termelése Németországban



Kihasználási tényező: 17,9%

Beépített kapacitás: 42.068 MW (ENTSO-E)

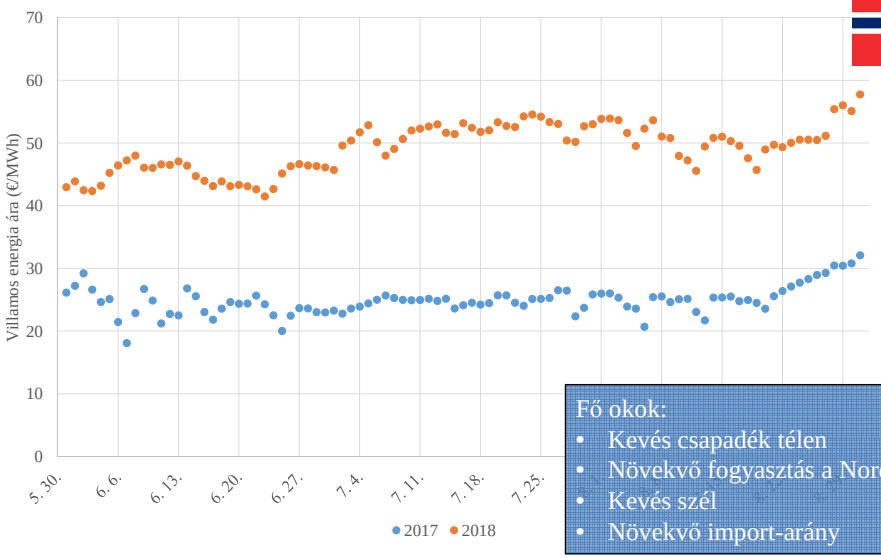
Nettó export változás Norvégiában 2017-2018



3 havi nettó import átlaga:
- 2017: -2667 MW (2667 MW export)
- 2018: -1483 MW (1483 MW export)

Hiányzó (ki nem adott) export villamos energia mennyiség 2018-ban: **2,6 TWh** (2208×[2667-1483])

Villamos energia tőzsdei ára Norvégiában



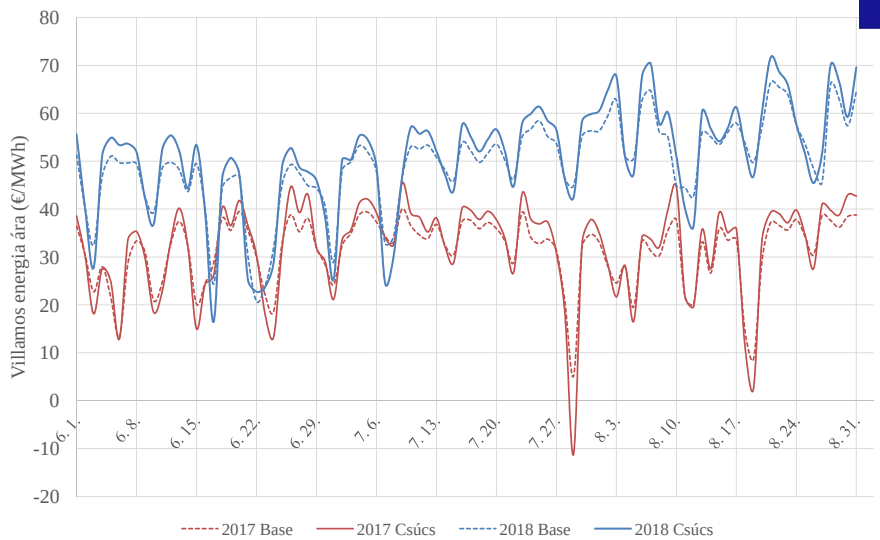
Fő okok:
- Kevés csapadék télen
- Növekvő fogyasztás a Nordic-ban
- Kevés szél
- Növekvő import-arány

3 havi átlagos napi ár 2017-ben: **24,89€/MWh**

+97,6%

3 havi átlagos napi ár 2018-ban: **49,19€/MWh**

Villamos energia tőzsdei ára Európában (Phelix)



3 havi átlagos ár 2017-ben:
- Base: 31,33 €/MWh
- Csúcs: 32,12 €/MWh

+58%

3 havi átlagos ár 2018-ban:
- Base: 49,46€/MWh
- Csúcs: 50,89 €/MWh

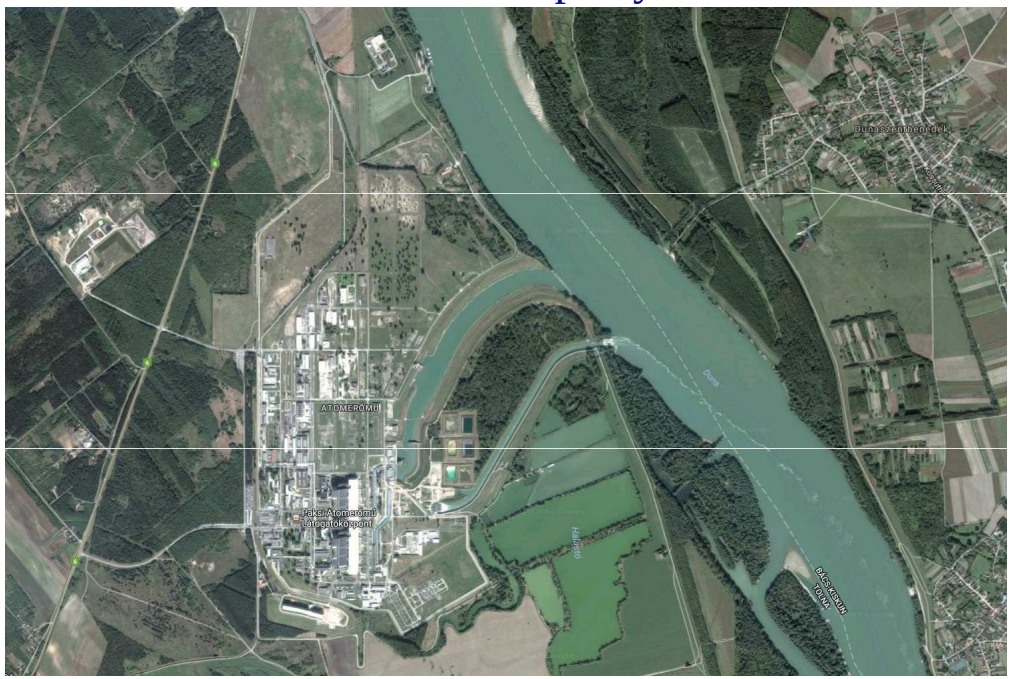
ETS (CO_2) ára Európában

Forrás: markets.businessinsider.com

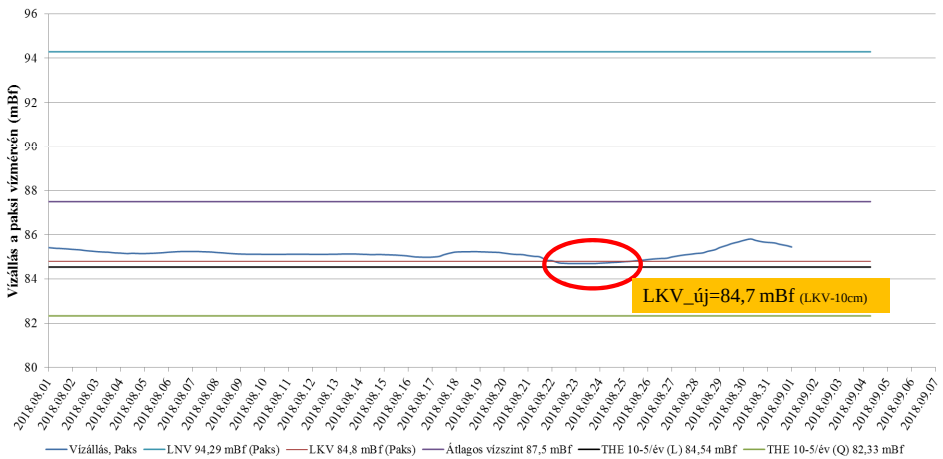
A Duna az idei nyáron

Érdeklődők a Duna partján a budapesti Margit-sziget alacsony vízállásnál járható déli szigetcsúcsánál, a Margit híd középső pillérjénél 2018. augusztus 16-án. MTI fotó, Balogh Zoltán (forrás: hajozas.hu)

Paks II. telephelye



Dunai vízállások 2018 augusztusában a paksi vízmércénél



- A legkisebb vízállás megdőlt. 2018.08.22. 7:00-tól 2018.08.25. 7:00-ig a korábbi legkisebb vízszint alatti vízszinteket mértek (nem csak) a paksi szelvényben.
- A természet új adatpontot produkált.

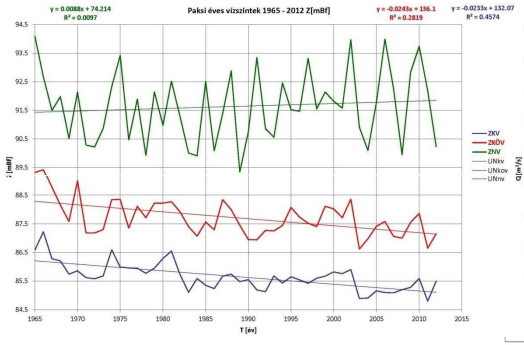
A Duna az idei nyáron Paksnál

- Az atomerőmű szempontjából különválasztandó:
  - Üzembiztonság, üzemeltethetőség
  - Nukleáris biztonság
- A Duna szempontjából különválasztandó:
  - Vízállás
  - Vízhozam
  - Vízhőmérséklet

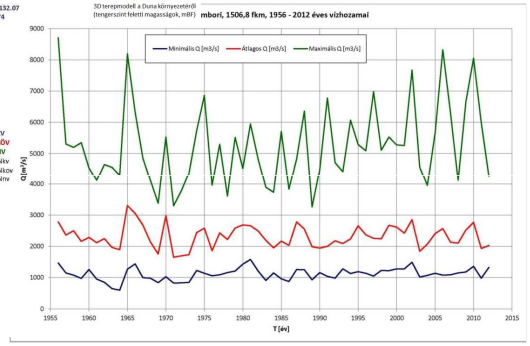
Forrás: saját fotó, 2018.09.27.

Mire számíthatunk a jövőben a historikus adatok alapján?

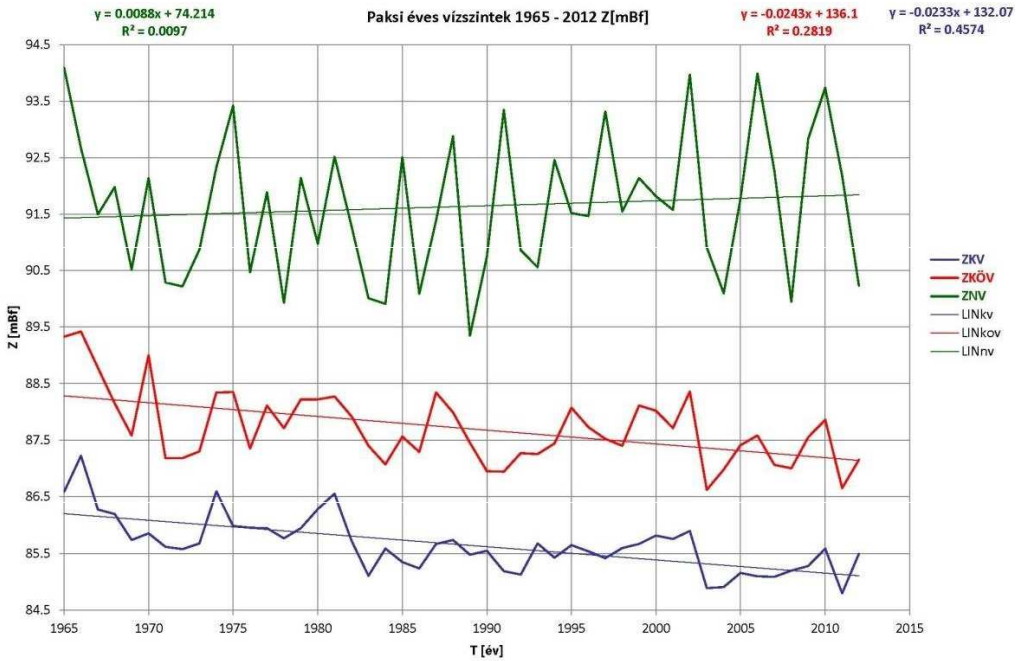
- P2 KHT eredményei: A historikus adatok alapján a Duna vízállása Paksnál a nagyvizek esetében növekvő, míg a közép- és kisvizek esetén csökkenő tendenciát mutat, ez főleg a meder mélyülésének következménye
- A jövőben a szélsőséges helyzetek gyakoriságának növekedésére kell számítani



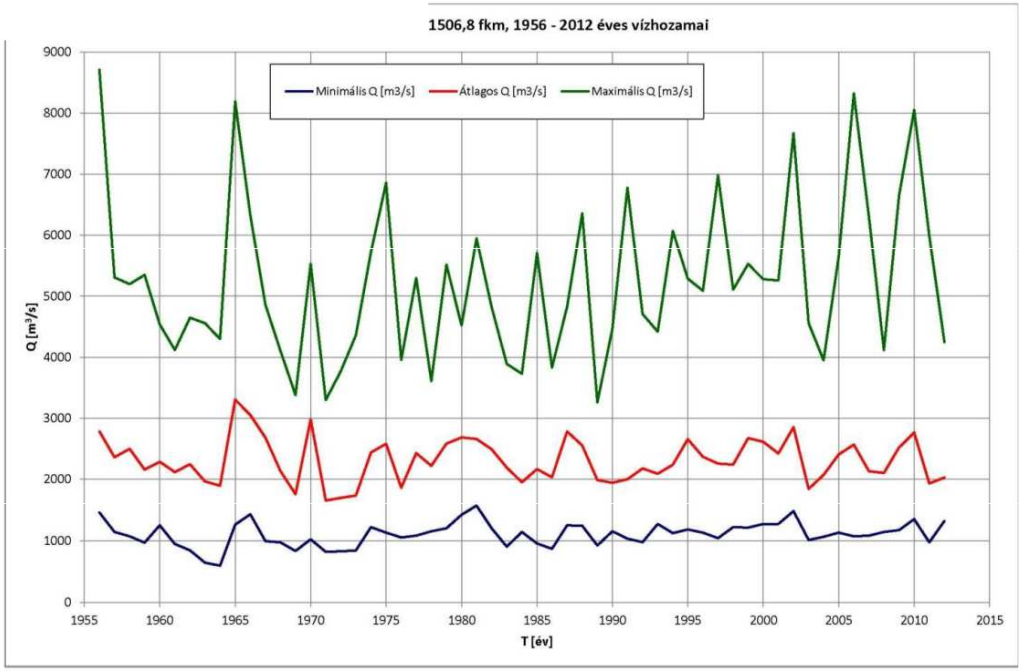
A Duna vízállásának változása 1965-2012 között



A Duna vízhozamának változása 1956-2012 között



A Duna vízállásának változása 1965-2012 között



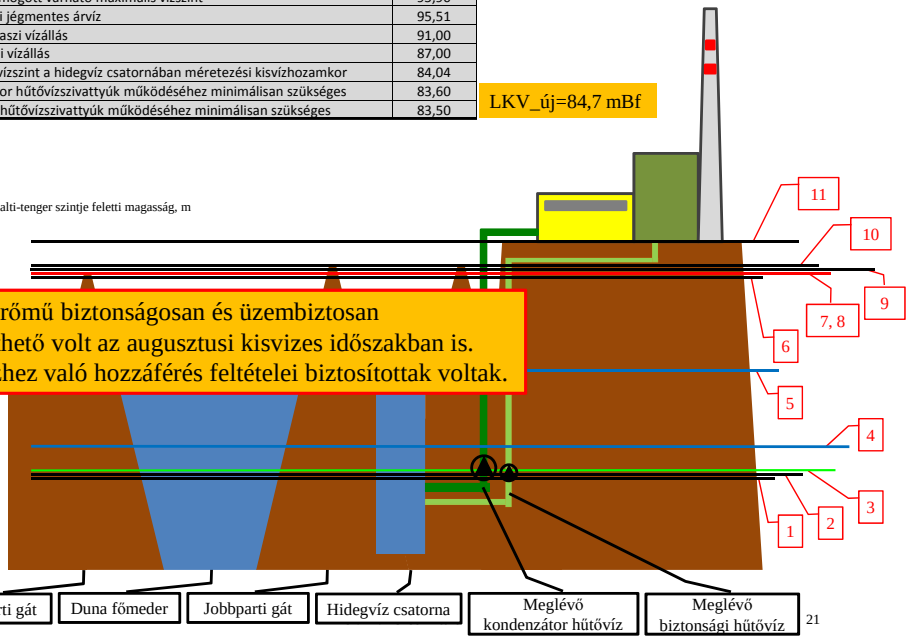
A Duna vízhozamának változása 1956-2012 között

A jellemző magassági szintek Pakson

No.	Megnevezés	Szint (Bf m)
11	Atomerőművi telephely feltöltési szintje	97,15
10	Árvízvédelmi töltéskorona a jobb parton	96,40
9	Méretezési jegesárvíz	96,07
8	Árvízvédelmi töltéskorona a bal parton	95,90
7	Jégtorlasz mögött várható maximális vízszint	95,90
6	Méretezési jégmentes árvíz	95,51
5	Tipikus tavaszi vízállás	91,00
4	Tipikus őszi vízállás	87,00
3	Számított vízszint a hidegvíz csatornában méretezési kisvízhozamkor	84,04
2	Kondenzátor hűtővízszivattyúk működéséhez minimálisan szükséges	83,60
1	Biztonsági hűtővízszivattyúk működéséhez minimálisan szükséges	83,50

LKV_új=84,7 mBf

(Bf m) – a Balti-tenger szintje feletti magasság, m



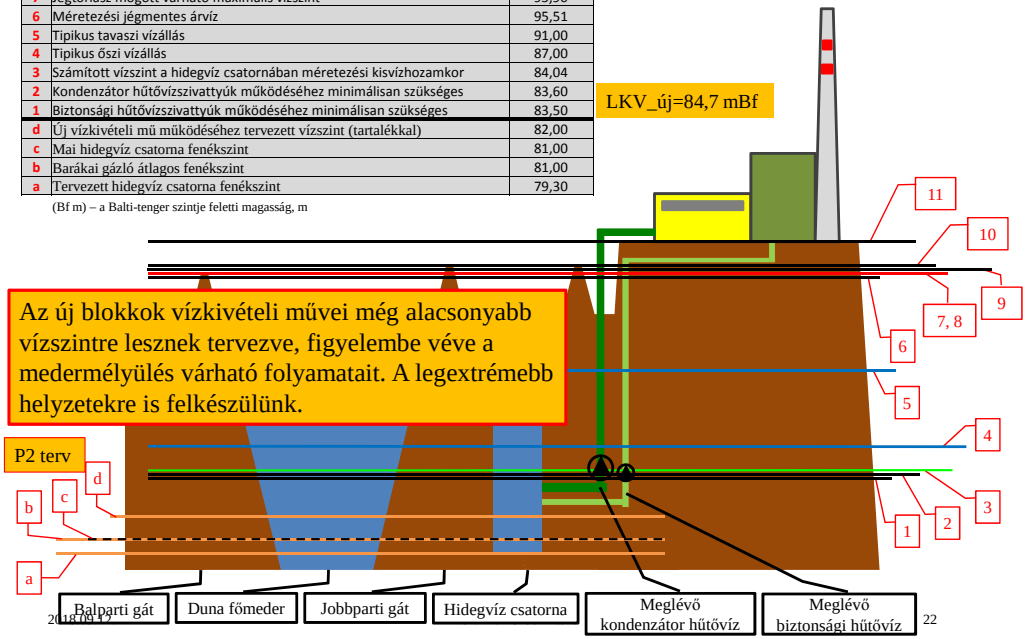
Az atomerőmű biztonságosan és üzembiztosan üzemeltethető volt az augusztusi kisvizes időszakban is. A hűtővízhez való hozzáférés feltételei biztosítottak voltak.

A jellemző magassági szintek Pakson

No.	Megnevezés	Szint (Bf m)
11	Atomerőművi telephely feltöltési szintje	97,15
10	Árvízvédelmi töltéskorona a jobb parton	96,40
9	Méretezési jegesárvíz	96,07
8	Árvízvédelmi töltéskorona a bal parton	95,90
7	Jégtorlasz mögött várható maximális vízszint	95,90
6	Méretezési jégmentes árvíz	95,51
5	Tipikus tavaszi vízállás	91,00
4	Tipikus őszi vízállás	87,00
3	Számított vízszint a hidegvíz csatornában méretezési kisvízhozamkor	84,04
2	Kondenzátor hűtővízszivattyúk működéséhez minimálisan szükséges	83,60
1	Biztonsági hűtővízszivattyúk működéséhez minimálisan szükséges	83,50
d	Új vízkivételi mű működéséhez tervezett vízszint (tartalékkal)	82,00
c	Mai hidegvíz csatorna fenékszint	81,00
b	Barákai gázló átlagos fenékszint	81,00
a	Tervezett hidegvíz csatorna fenékszint	79,30

LKV_új=84,7 mBf

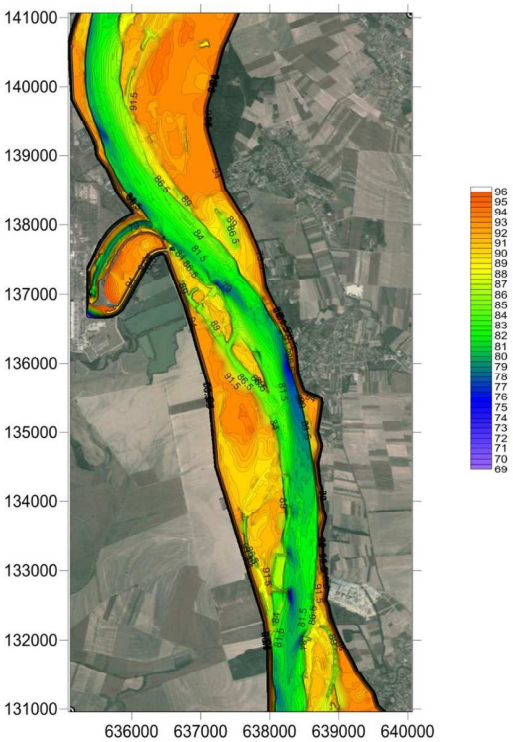
(Bf m) – a Balti-tenger szintje feletti magasság, m



Az új blokkok vízkivételi művei még alacsonyabb vízszintre lesznek tervezve, figyelembe véve a medermélyülés várható folyamatait. A legextrémebb helyzetekre is felkészülünk.

KHT Duna vizsgálata

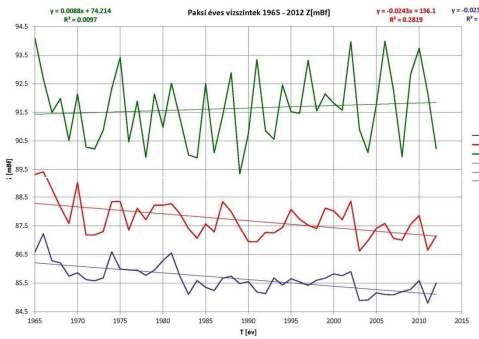
- Részletes **3D mederfenék-vizsgálatok** történtek, amelyekkel az extrém alacsony ill. magas vízállások hatása is modellezhető volt
- Esetleges al- és felvízi földcsuszamlások hatásának vizsgálata
- Al- és felvízen kialakuló jégtorlasz hatása a vízhozamokra, vízszintekre
- Felvízi műtárgy (Bősi vízerőmű) nem rendeltetésszerű használatának hatása (vízvisszatartás vagy gátszakadás)
- Hordalékok felhalmozódása vagy a mederfenék kimosódása



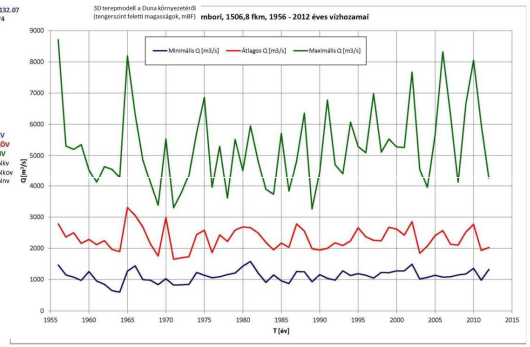
3D terepmodell a Duna környezetéről (tengerszint feletti magasságok, mBF)

Mire számíthatunk a jövőben a historikus adatok alapján?

- A historikus adatok alapján a Duna vízállása Paksnál a nagyvizek esetében növekvő, míg a közép- és kisvizek esetén csökkenő tendenciát mutat, ez főleg a meder mélyülésének következménye.
- A jövőben a szélsőséges helyzetek gyakoriságának növekedésére kell számítani.
- Az új blokkok hűtővízellátása akár ~300 m^3/s hűtővízforgalom mellett is biztosítható lesz.
- A szélsőséges vízhozam-értékek eddig nem estek egybe a szélsőséges hőmérsékleti értékekkel ⇨ ebben a tekintetben a Duna idén újat mutatott.



A Duna vízállásának változása 1965-2012 között

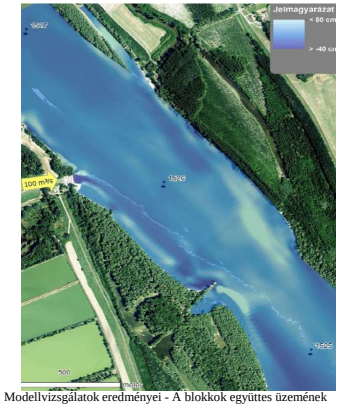


A Duna vízhozamának változása 1956-2012 között

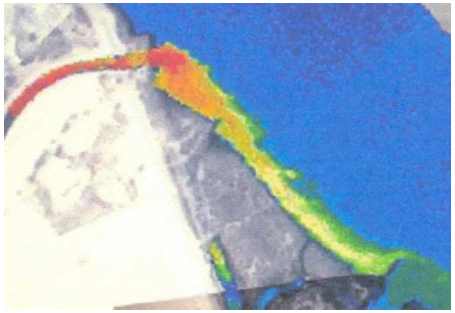
A P2 KHT fő eredményei

Az új blokkok üzemelésének környezeti hatásai

- Vízkivételi mű: dunai áramlási térre és dunai mederre gyakorolt közvetlen hatása nincs
- A legjelentősebb hatás a Duna hőterhelése, de a felmelegedett technológiai hűtővíz okozta terhelés a jogszabályokban meghatározott határértékeknek megfelel
- Az új blokkok hatása nem okoz változást a vizek minőségi állapotában és nem okoz kárt sem a természetes rendszerekben, sem a vízkitermelésre használt rétegekben



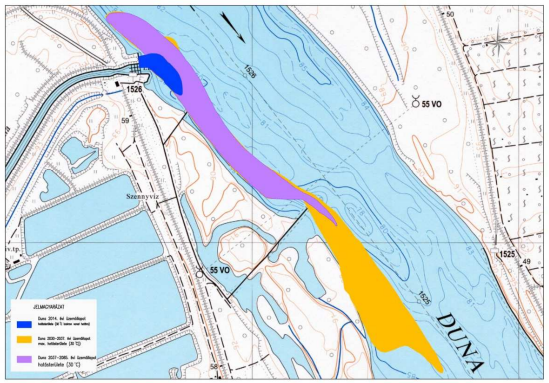
Modellvizsgálatok eredményei - A blokkok együttes üzemének hatása a Duna meder morfológiájára
Forrás: MVM ERBE



Paksi 1-4. blokk melegvíz csövája
Forrás: MVM PA Zrt.

Az üzemeltetés hatása a dunai élővilágra – P2 KHT

- A Duna teljes hazai szakaszának ökológiai állapota mérsékelt, nem éri el a jó állapotot
  - Fő okok: hordalékszállítás csökkenése, medermélyülés (felvízi műtárgyak, alvízi szabályozás miatt)
- Alapállapot felmérése: a jelenlegi blokkok hőterhelése miatt Δt=2,5°C hőmérséklet-változásig mutatható ki (vegyes) hatás
- A hőmérsékletváltozás a Paksi Atomerőmű működése során 2 km hosszúságban jelentkezik a Duna érintett jobb parti szelvényében
  - a makrozoobenton, valamint a halak ökológiai struktúrájában okoz kimutatható hatást, míg ugyanez a hatás a fitobenton esetében nem volt egyértelműen kimutatható, de nem kizárható
  - Az erőmű üzemelése nem gátolja a vízminőség-javítási célokat
- A 6 blokk üzeme alatt a hatásterület hossza 11 km-re nő, a négy jelenlegi blokk leállása után kb. 1 km-re csökken
- 2037-től a mainál kedvezőbb környezeti állapottal lehet számolni a kibocsátás alvizén!
- Műszaki beavatkozási lehetőségek a magas dunai vízhőmérsékletek időszakában:
  - Utóhűtők használatba vétele (beépítésre kerülnek)
  - Karbantartások megfelelő ütemezése
  - Blokkok visszaterhelése



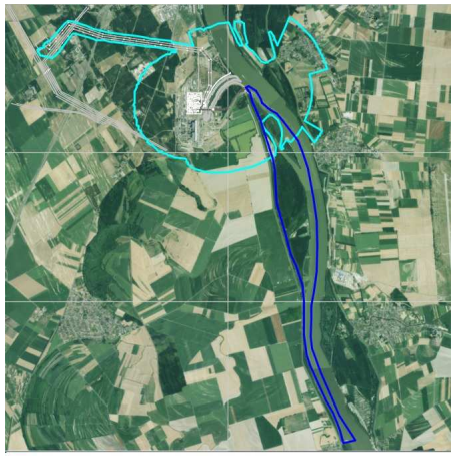
Kék terület: az Atomerőmű jelenlegi üzemállapotához tartozó legalább 30 °C –os hőmérsékletű dunai víz területe
Narancs: Paks I és Paks II 2030-2037-es együttes, legalább 30 °C–os hőmérsékletű dunai víz területe
Lila: Paks II 2037-2085 üzemállapothoz tartozó legalább 30 °C –os hőmérsékletű dunai víz területe
Felmelegedett hűtővíz dunai bevezetés kritikus hatásterületének lehatárolása 2085-ig

Makrozoobenton: makroszkopikus vízi gerinctelenek
Fitobenton: a vizekben az aljzaton élő növények

Környezetvédelmi engedély megállapításai helytállóak

- A referencia szelvény bármely pontján a befogadó víz hőmérséklete nem haladhatja meg a **30°C**-ot.
- A Dunába visszavezetésre kerülő felmelegített hűtővíz engedélyezett hőmérséklete legfeljebb **33°C** lehet a kibocsátási ponton.
- A határérték túllépés elkerülése céljából az atomerőmű blokkjainak üzemeltetése során szükséges korlátozásokra **koncepció tervet kell kidolgozni**.
- A felmelegedett hűtővíz kibocsátási pontjától a Duna folyásirányában számított 500 m-en lévő szelvényben a 30°C-os hőkorlát betartásának ellenőrzése, nyomon követhetősége céljából rendszeres mérési lehetőséget biztosító vízhőmérséklet ellenőrző **monitoring rendszert kell kialakítani**.
- A 30°C-os hőkorlát betartásának ellenőrzése céljából Hőkorlát Ellenőrző Monitoring Rendszert kell **működtetni**.

- A környezetvédelmi engedélyben szereplő megállapítások, előírások a 2018-as év augusztusa fényében is megállják a helyüket, betartásukkal a környezet védelme garantált.



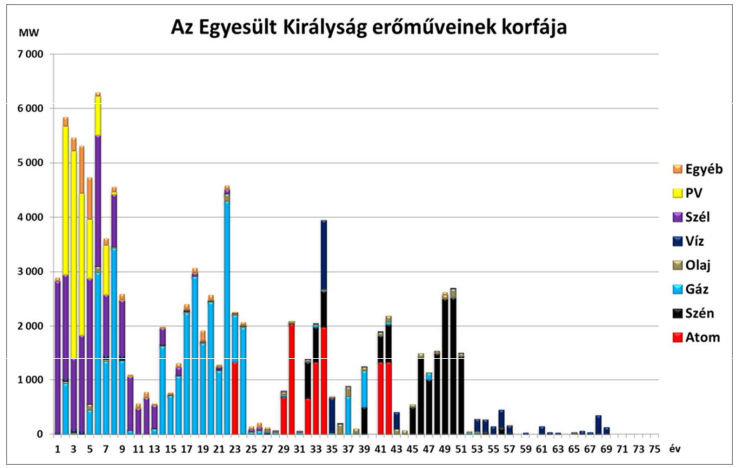
Paks II. üzemelésének összesített hatásterülete
Paksi Atomerőmű és Paks II. együttes hűtővíz kibocsátás hőterhelésének hatásterülete

A Paks II. blokkok látványterve

Egy másik forró nyári esemény: HPC-ügyben az EU Bíróság (Törvényszék) döntést hozott

A Hinkely Point C atomerőmű látványterve (Forrás: www.architectsjournal.co.uk)

Brit villamosenergia-piaci környezet



Forrás: saját ábrázolás a Platts World Electric Power Plant Database 2017Q4, nap- és szélerőművekre az EurObserv'ER adatai alapján

- Idősödő konvencionális erőműpark
- Klímapolitikai és ellátás-biztonsági kihívások
- *(szembetűnő hasonlóság a magyar helyzettel…)*

A brit eljárás kronológiája

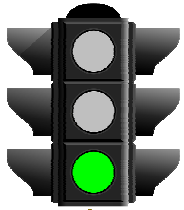
- 2013. december 18.: **a Bizottság eljárást indít** a HPC állami támogatásával kapcsolatos ügyben
- 2014. október 8.: bizottsági döntés, mely szerint **az állami támogatás jogszerű**
- 2015. július 6.: **a döntést Ausztria megtámadja**
- 2018. július 12: **a Törvényszék Ausztria keresetét elutasítja**

Támogatás jellege:

- Contract for Difference
- Kártalanítás, amennyiben politikai okokból leállítják
- Hitelgarancia

A Törvényszék döntésének lényege 1.

- *„az **új atomenergia-termelő kapacitások létrehozásának ösztönzésére irányuló célkitűzés** az Euratom Közösség azon célkitűzéséhez kapcsolódik, hogy az atomenergia területén megkönnyítse a beruházásokat" – **közös érdekű célkitűzés***
- *„az **Egyesült Királyságnak joga van ahhoz, hogy az atomenergia fejlődésének előmozdítását** a támogatási intézkedések által követett **közérdekű célkitűzésként határozza meg**, noha e célkitűzést nem követi az összes tagállam."*
- *„az állami támogatásokra vonatkozó uniós szabályok az atomenergia területét érintő intézkedésekre is alkalmazandók […]. E szabályok alkalmazása során azonban az **Euratom-Szerződés rendelkezéseit és célkitűzéseit is figyelembe kell venni**."*
- *„az EUM–Szerződésből kitűnik, hogy **minden tagállamnak joga van ahhoz, hogy a különböző energiaforrások közül kiválassza azokat, amelyeket előnyben részesít**"*



Idézetek forrása: a HPC-re vonatkozó törvényszéki ítélet sajtóközleménye, saját kiemelések, elérési út: https://curia.europa.eu/jcms/upload/docs/application/pdf/2018-07/cp180104hu.pdf

A Törvényszék döntésének lényege 2.

- *Ausztria: a HPC technológia nem új – Törvényszék: „**sem az állami támogatásokra vonatkozó szabályok, sem az Euratom-Szerződés nem követeli meg a technológiai innováció fennállását**. Mindenesetre **nem vitatott, hogy a Hinkley Point C-ben használandó technológia fejlettebb**, mint az azon atomerőművekben használt technológia, amelyeket az előbbi felváltani hivatott.”*

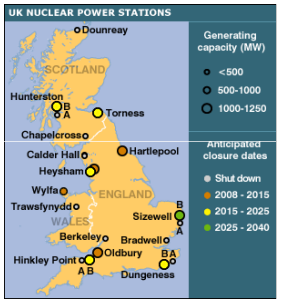
- *„[…] a piaci alapú pénzeszközök, illetve olyan más típusú szerződések hiányára tekintettel, amelyek lehetővé tennék az atomenergia területén való beruházásokkal együtt járó lényeges kockázatok kiküszöbölését, **az állam beavatkozása szükséges ahhoz, hogy megfelelő időben hozzanak létre új atomenergia-termelő kapacitásokat**”*
- *„A szóban forgó támogatások arányosságát illetően a Törvényszék többek között megállapítja, hogy Ausztria nem tudta cáfolni a Bizottság azon megállapításait, miszerint **nem reális azt várni, hogy a Hinkley Point C megépítésére előirányzott időnek megfelelő időn belül ki lehet alakítani hasonló mennyiségű szélenergiát termelő kapacitásokat, tekintettel ezen megújuló energiaforrás bizonytalanul időszakos jellegére**.”*

Képek forrása: The Telegraph; Wikipedia

Idézetek forrása: a HPC-re vonatkozó törvényszéki ítélet sajtóközleménye, saját kiemelések, elérési út: https://curia.europa.eu/jcms/upload/docs/application/pdf/2018-07/cp180104hu.pdf

A Törvényszék döntésének lényege 3.

- *„[…] **A Törvényszék e tekintetben emlékeztet arra, hogy** az Egyesült Királyság szabadon meghatározhatja energiaszerkezetét, és ezen belül egyik energiaforrásként fenntarthatja az atomenergiát, és hogy a Bizottság által nyújtott információk szerint **a Hinkley Point C építési projektje kizárólag azt kívánja megakadályozni, hogy az atomenergiának a teljes villamosenergia-szükséglet fedezéséhez való hozzájárulása drasztikusan lecsökkenjen**”*
- *„**A Törvényszék elutasítja Ausztria azon érvét, miszerint az Egyesült Királyságnak a Hinkley Point C projekttel kapcsolatban közbeszerzési eljárást kellett volna lefolytatnia**. A szóban forgó intézkedések ugyanis nem közbeszerzési szerződésnek vagy koncessziónak, hanem egyszerű szubvenciónak minősülnek, mivel nem teszik lehetővé az Egyesült Királyság számára, hogy az NNB Generationtól a Hinkley Point C megépítését vagy villamos energia szolgáltatását követelje.”*



Kép forrása: BBC News

Idézetek forrása: a HPC-re vonatkozó törvényszéki ítélet sajtóközleménye, saját kiemelések, elérési út: https://curia.europa.eu/jcms/upload/docs/application/pdf/2018-07/cp180104hu.pdf

Összefoglalás

- A nagy és hosszú időn keresztül fennálló nyári hőség nem csak a fogyasztókat, de minden villamosenergia-termelő technológiát kihívások elé állított
- Szükség van a rendszer stabilitását biztosító, folyamatosan rendelkezésre álló forrásokra
- Az atomenergia nem csak a magyar, de az egész európai villamosenergia-rendszer meghatározó eleme ma is és marad a jövőben is
- Hasonlóan a brit HPC projekthez, a P2 projektet is sikeresen meg fogjuk védeni az Európai Bíróságon
- Az atomenergia szolgálja
  - az olcsó villamosenergia-ellátást,
  - az ellátásbiztonságot és
  - a klímavédelmet.