



## PAKS II NÉLKÜL A VILÁG 2050

Sáfián Fanni



## Impresszum

Írta és szerkesztette:

Sáfián Fanni, ENERGIAKLUB

Szakmai vezető:

Fülöp Orsolya, ENERGIAKLUB

A kiadvány a **Zöld Magyarország: Energia Útiter**v kivonatolt, kiegészített és szerkesztett változata.

A kiadvány az alábbi tanulmányok felhasználásával készült:

### **Zöld Magyarország: Energia Útiter**v.

Szerzők: Prof. Dr. Stefan Lechtenböhrer - Magdolna Prantner - Clemens Schneider (Wuppertal Institut);  
Fülöp Orsolya - Sáfián Fanni (Energiaklub).

Készült Jávor Benedek és a Zöldek/Európai Szabad Szövetség megbízásából.

### **Hálózatfejlesztési igények Magyarországon.**

Szerző: Tari Gábor, BiXPERT Tanácsadó Kft.

Készült az Energiaklub megbízásából.

Infografikák:

infotandem



**ENERGIAKLUB**  
SZAKPOLITIKAI INTÉZET  
MÓDSZERTANI KÖZPONT

ENERGIAKLUB 2017.

A felhasznált tanulmányok letölthetők az Energiaklub honlapjáról: [www.energiaklub.hu](http://www.energiaklub.hu)

Minden jog fenntartva.

Az adatok közlésére a „*Nevezd meg! - Ne add el! - Ne változtasd!*” licenz érvényes.



## VEZETŐI ÖSSZEFOGLALÓ

Az Energiaklub Jávor Benedek és a Zöldek/Európai Szabad Szövetség megbízásából a Wuppertal Intézettel közösen készítette el Magyarország lehetséges energetikai jövőképeit 2030-ig és 2050-ig, tudományos alapokon, szoftveres modellezéssel. Négy forgatókönyv született: a „Hivatalos” a Kormány által elfogadott nemzeti energiastratégiát vizsgálja, és Paks II megépülésével és az energiaigények növekedésével számol. A Köztes-B forgatókönyv ezzel azonos energiaigényeket elégít ki, azonban Paks II-t megújuló kapacitásokkal helyettesíti. A Köztes-A forgatókönyv energiahatékonysági intézkedésekkel csökkenti az energiaigényt, atomenergia felhasználása nélkül. A Zöld forgatókönyv pedig a lehető legtöbb energiahatékonysági és megújuló potenciált használja ki 2050-ig, megteremtve így egy decentralizált, többségében megújuló energiaforrásokon alapuló, rugalmas energiarendszer alapjait.

A forgatókönyvek órák szimulációja megmutatja, milyen energiaigénnyel, szén-dioxid-kibocsátással és költségekkel jár az egyes forgatókönyvek megvalósítása.

Az eredmények szerint a Zöld forgatókönyv megvalósításával 2050-re a megújulók aránya az összes energiafelhasználásból meghaladná az 50%-ot Magyarországon, és az áramtermelés több mint 80%-át képesek lennének megújulókkal biztosítani. Az ország összes primer energiafelhasználása pedig 42%-kal csökkenne. Mindezeknek köszönhetően a szén-dioxid-kibocsátás a 2010-es szinthez képest közel 70%-kal csökkenne 2050-ig.

A Hivatalos scenárióban a megújuló energiaforrások az elektromos áramtermelés mindössze 24%-át, a primerenergia ellátás mintegy 15%-át fedeznék 2050-re. Így a 2020-2050 közötti időszakban csak elenyésző mértékben nőne a megújuló energiaforrásokból előállított energia aránya a 2020-ig kitűzött 14,65%-os (bruttó végső energiafelhasználásra vonatkozó) megújuló részarány elérése után.

Az összes forgatókönyv megvalósítása jelentős beruházásokat igényel a következő évtizedekben. Ugyanakkor a magasabb hálózatfejlesztési költségek ellenére a Zöld forgatókönyv jelenti az olcsóbb alternatívát Magyarországnak 2050-ig. A Hivatalos forgatókönyv elsősorban a magas üzemanyagköltségek miatt összesen 132 milliárd eurós, a Zöld forgatókönyv pedig az energiahatékonyságnak és a megújulóknak köszönhetően 108 milliárd eurós összköltséggel valósulhatna meg és működhetne 2016 és 2050 között.

Így a villamosenergia-rendszer összes költségét tekintve - beleértve az erőművi beruházásokat, a hálózattal kapcsolatos fejlesztéseket, a szén-dioxid-kibocsátás költségét és a tüzelőanyag-költségeket is, elmondhatjuk, hogy a zöld alternatíva megvalósítása nem csak környezetvédelmi, hanem gazdasági szempontból is kedvezőbb lenne Magyarország számára egy új atomerőművön alapuló energiarendszernél.

Magyarországon tehát lehetséges felzárkózni az Európában már több mint egy évtizede tartó energiaforradalomhoz. Mindehhez a megújuló és energiahatékonysági potenciálok, a szükséges technológiák már rendelkezésre állnak, sőt, még számos Európai Unió pénzügyi forrás is. Ami még szükséges, az egy határozott és kitartó szakpolitikai döntés - többek között ezt igyekszünk elősegíteni a tudományosan megalapozott energetikai jövőképeket bemutató alternatívákkal.

## TARTALOM

1.	Bevezető.....	3
2.	Energetikai alternatívák bemutatása.....	4
3.	Adatok és feltételezések .....	6
3.1.	Amiben a forgatókönyvek megegyeznek .....	6
3.2.	Amiben a forgatókönyvek különböznek .....	7
3.2.1.	A Hivatalos forgatókönyv feltételezései .....	7
3.2.2.	A Zöld forgatókönyv feltételezései .....	9
3.2.3.	A Köztes forgatókönyvek feltételezései .....	13
4.	Eredmények és összehasonlítás.....	16
4.1.	Összes elsődleges energiafogyasztás (TPES) .....	16
4.2.	Megújuló energia.....	17
4.3.	Szén-dioxid-kibocsátás.....	17
4.4.	A villamosenergia-rendszer fejlesztésének költségei.....	18
4.5.	Miért fontos a modellezés, és mire használtuk a modelleket?.....	20
4.6.	Összefoglaló infografikák.....	21

## 1. BEVEZETŐ

A 2011-es Nemzeti Energiastratégia elfogadása óta a nemzetközi energetikai helyzet jelentősen megváltozott. Nem nő tovább az európai energiafogyasztás, a megújuló energiaforrások és az új technológiák hihetetlen ütemben terjednek, miközben költségeik zuhanórepülésbe kezdtek. Mindeközben a fukusimai nukleáris katasztrófa után az atomerőművek egyre drágulnak, az orosz energiafüggés jelentette kockázatok felértékelődnek, az EU kétségei pedig nőnek a paksi atomerőmű bővítésének kivitelezésével szemben. Az Európai Unió új energetikai célkitűzései, és a párizsi klímaegyezmény új kihívásokat jelentenek globális és hazai szinten is.

Úgy gondoljuk, a keretfeltételek ilyen arányú változása szükségessé teszi Magyarország energiastratégiájának újragondolását. Meglátásunk szerint ehhez hasznos adatokkal, következtetésekkel szolgál a németországi Wuppertal Institut, az Energiaklub és a Zöldek/Európai Szabad Szövetsége együttműködésében 2016-ban elkészült energetikai rendszermodellezés<sup>1</sup>. A munka célja az volt, hogy tudományosan megalapozott, átfogó, alternatív és fenntartható hosszú távú energia-forgatókönyveket dolgozzunk ki Magyarország számára a 2030-ig, illetve 2050-ig tartó időtávra. A vizsgálat során különös figyelmet szenteltünk az atomenergia kiváltásának, a megújuló energiaforrások jelentősebb felhasználásának lehetőségeinek, valamint az energiahatékonyság szerepének.

Célunk, hogy az eredmények járuljanak hozzá egy nyilvános vita kialakításához Magyarországon, amely segít abban, hogy a különböző érintettek és a magyar lakosság jobban megismerje az energiaszektor előtt álló kihívásokat és lehetőségeket. Ezért készítettük el összefoglaló kiadványunkat, melyet a kezében tart az Olvasó.

*Mit tudhatunk meg ebből a kiadványból?*

Ez a kivonatolt verzió elsősorban azt mutatja be, hogyan készültek és milyen felvetéseket tartalmaznak az egyes forgatókönyvek, illetve milyen következtetéseket vonhatunk le a kapott eredményekből.

*Mit nem tartalmaz ez az anyag?*

A kutatás pontos módszertanát, a hazai energetikai helyzetelemzést és a megújuló potenciálok becslését, valamint a használt kutatási módszertan (pl. szoftverek, modellek) részleteit és a tudományos hivatkozásokat - ezeket az eredeti kiadvány tartalmazza.

Reméljük, érdekesnek és hasznosnak találják majd a kiadványt. Ha valamilyen, a forgatókönyvekkel kapcsolatos kérdésre nem találnák meg a választ itt vagy az eredeti kiadványban, várjuk kérdéseiket vagy észrevételeiket a [safian@energiaklub.hu](mailto:safian@energiaklub.hu) címre.

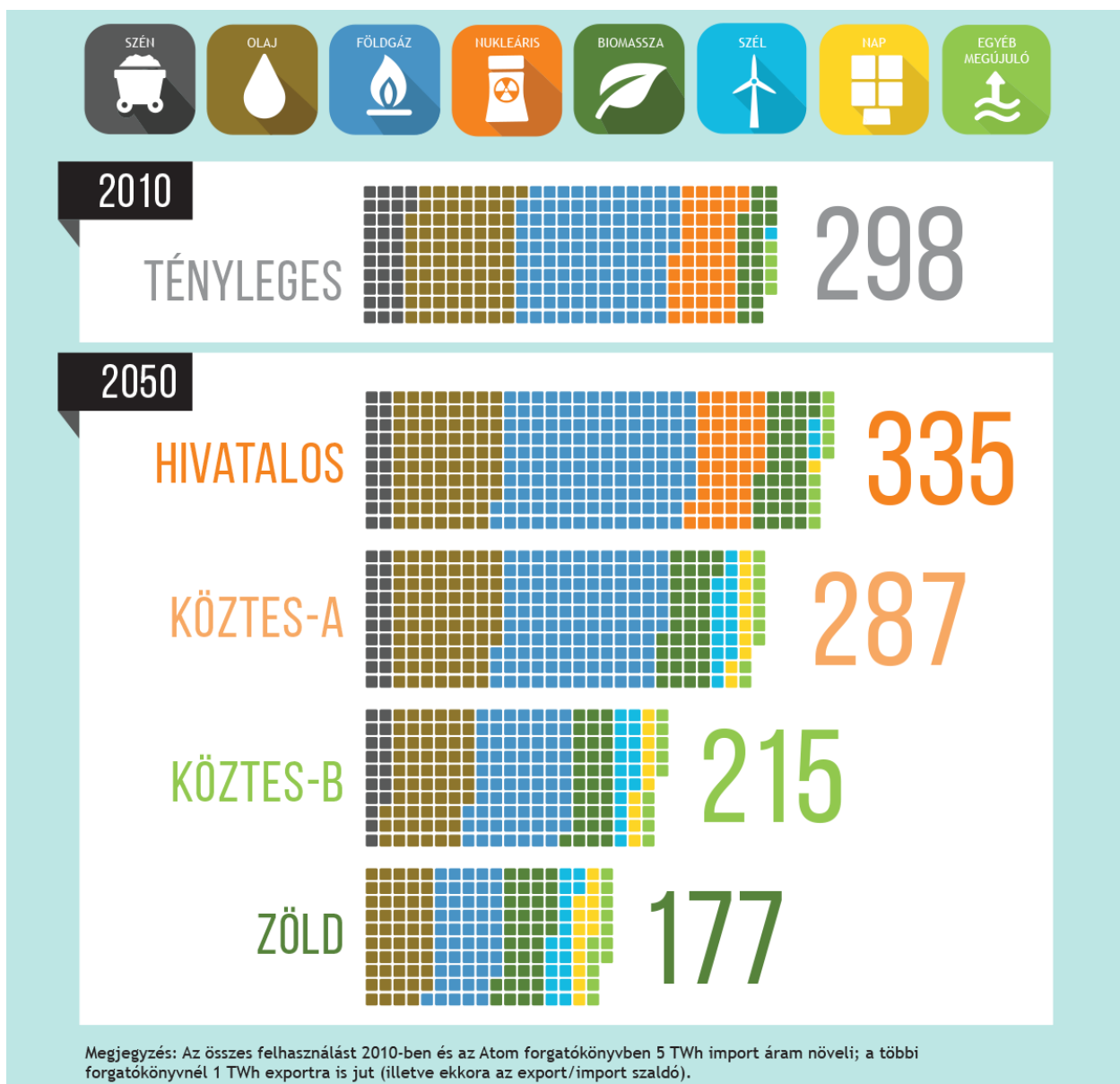
---

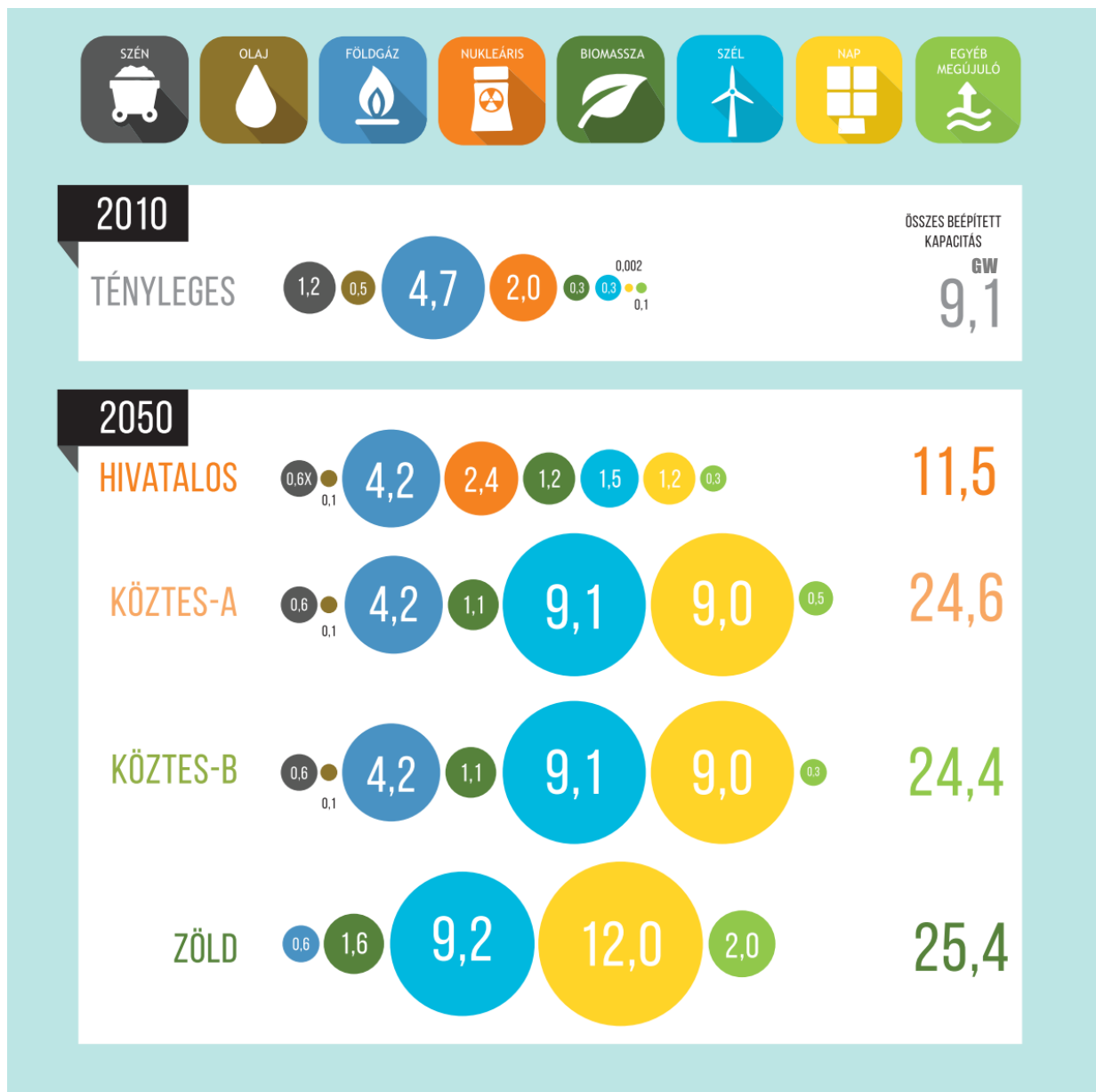
<sup>1</sup> Az eredeti kiadvány letölthető a Zöld Műhely Alapítvány [oldaláról](#) és az Energiaklub [honlapjáról](#) is.

## 2. ENERGETIKAI ALTERNATÍVÁK BEMUTATÁSA

A munka során négy különböző forgatókönyvet dolgoztunk ki Magyarország számára:

1. A HIVATALOS forgatókönyvben azt vizsgáltuk, hogyan alakul Magyarország energiafogyasztása, ha a Nemzeti Energiastratégia, tehát a jelenlegi energiapolitika által kijelölt útvonalat követi hazánk (BAU-szenárió). Ez a forgatókönyv azt feltételezi, hogy megépül egy új atomerőmű Pakson, és csupán szerény előrelépés történik az energiahatékonyság és a megújuló energia fejlesztése terén.
2. A ZÖLD forgatókönyv ezzel szemben azon alapszik, hogy a magyar energiapolitika súlypontja az energiahatékonyság, illetve a megújuló alapú energiatermelés irányába tolódik. Ezáltal jelentősen csökken az energiaigény és nő a megújulók aránya Magyarországon, és a nukleáris energia kikerül a magyar energiamixből.
3. A KÖZTES-A Szenárió a jelenlegi fogyasztási trendeket követi, azaz nem történik komolyabb igénycsökkenés, de atomerőmű-építés helyett a megújuló energiaforrásokon alapuló áramtermelés kap szerepet.
4. A KÖZTES-B forgatókönyv ehhez képest az energiahatékonyság javulását is feltételezi – bár nem olyan nagyratörően, mint a ZÖLD forgatókönyv.





A forgatókönyvek készítése és vizsgálata a következő főbb lépésekben zajlott:

1. Készítettünk egy energetikai helyzetelemzést, feltérképezve a magyar energiarendszer jelenlegi működését, adottságait, problémáit és kihívásait.
2. Meghatároztuk Magyarország megújulóenergia- és energiahatékonysági potenciálját, a hazai és külföldi szakirodalom, valamint saját számítások segítségével.
3. Lefektettük, hogy milyen időtávra, hány forgatókönyv készüljön, s hogy mik legyenek a forgatókönyvek főbb irányai, jellegzetességei.
4. Ezután szakirodalmi források, de legfőként saját számítások és modellek segítségével számszerűsítettük az egyes forgatókönyvek főbb jellegzetességeit (pl. energiaigények, erőművi kapacitások, az elektromos autók száma stb.).
5. Az egyes forgatókönyveket órás felbontású szoftverrel teszteltük, modelleztük, amely egy jövőbeli évben szimulálta – „működtette” – az adott forgatókönyvet. Így megtudhattuk, hogy valóban működőképes-e az elképzelt energiarendszer.

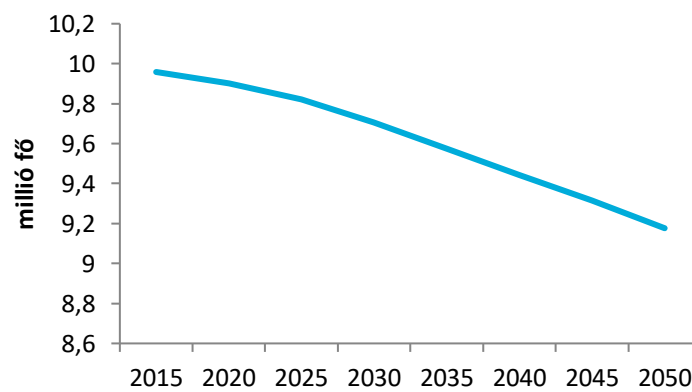
Ezután többféle szempont alapján vizsgáltuk, valamint összehasonlítottuk az egyes forgatókönyvek eredményeit: összes energiaigény, megújulók aránya, CO<sub>2</sub>-kibocsátás, költségek stb.

### 3. ADATOK ÉS FELTÉTELEZÉSEK

#### 3.1. Amiben a forgatókönyvek megegyeznek

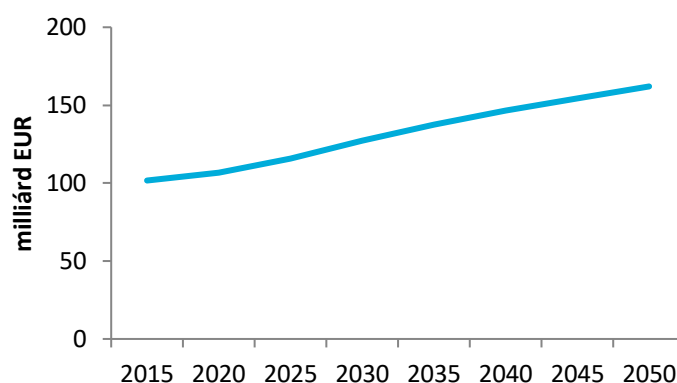
A forgatókönyveink alapvetően az energetikai megoldásokban térnek el egymástól, a társadalmi-gazdasági keretek (népességszám, GDP) alakulását azonosnak vettük mindegyik szcenárióban. A jövőbeli társadalmi-gazdasági feltételezéseket az Európai Unió hivatalos előrejelzéséből, a 2013-as PRIMES (Price-Induced Market Equilibrium System) adatbázisból vettük át. A PRIMES az Európai Unió hivatalos energiapiaci előrejelzése 1993 óta, amely a társadalmi-gazdasági keretek mellett az energiatermelés- és fogyasztás jellemzőit vizsgálja és jelzi előre öt éves bontásban egészen 2050-ig.

A hazai népességszám a PRIMES előrejelzései alapján a következő évtizedekben is csökkenő tendenciát mutat majd, sőt, a fogyás a 2020-as évek közepétől tovább gyorsul (1. ábra). Így a 2015-ös év 9,96 millió lakosához képest a PRIMES szerint 2050-ben már csak 9,18 millióan élünk majd Magyarországon - ami értelemszerűen az energiafogyasztás alakulására is hatással lesz.



1. ábra: Magyarország népességszáma a PRIMES alapján.

A másik fontos alapfeltételezés a GDP jövőbeli alakulása: a PRIMES előrejelzései szerint a magyar gazdaság évente átlagosan 0,9-1,8%-os bővülést produkál majd az évszázad közepéig. Így az éves GDP a 2015-ös 100 milliárd EUR/év értékről 2050-re meghaladja a 160 milliárd eurót.



2. ábra: Magyarország GDP-jének várható alakulása a PRIMES adatbázis szerint.

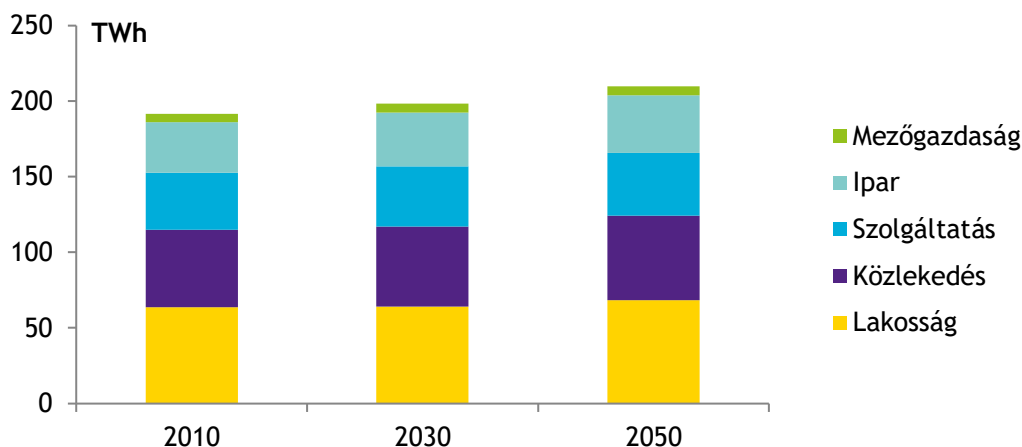


## 3.2. Amiben a forgatókönyvek különböznek

### 3.2.1. A Hivatalos forgatókönyv feltételezései

A Hivatalos elnevezésű forgatókönyv jeleníti meg Magyarország energetikai jövőképét abban az esetben, ha a jelenleg létező energiapolitikai tervek (Nemzeti Energiastratégia, MAVIR előrejelzések) valósulnak meg hazánkban 2030-ig, illetve ezek az irányok folytatódnak 2050-ig. Mivel a PRIMES-előrejelzés is a tagországok hivatalos adatai és stratégiái alapján készül, ezért a PRIMES-modell energiafogyasztási adatait használtuk referencia-forgatókönyvként, kiegészítve a MAVIR előrejelzéseivel.

#### Fogyasztói oldal - energiaigények



3. ábra: Végső energiaigény fogyasztói szektorok szerint a Hivatalos forgatókönyvben.

#### Lakosság

A lakossági szektor esetében a PRIMES-modell kismértékű energiaigény-emelkedéssel számol 2030-ra illetve 2050-re is, elsősorban az áramfogyasztás tekintetében.

#### Közlekedés

A közlekedési szektor esetében a PRIMES-modell szintén energiaigény-növekedést feltételez. Az alternatív mobilitás részesedése alacsony, továbbra is a benzin- illetve dízelmeghajtású járművek határozzák meg a szektor energiafogyasztását.

#### Ipar

A magyar ipar szenet, földgázt, olajtermékeket, elektromos áramot illetve távhőszolgáltatás formájában hőt használ fel. Az ipari energiafogyasztás megközelítőleg felét az energiaintenzív ipari folyamatok energiafogyasztása (etilényártás, polietilén és polipropilén gyártása, ammónia, salétromsav, klórsav, nyersvas/nyersacél előállítás) teszi ki. Az ipari áramfogyasztás 29%-a kapcsolódik az energiaintenzív folyamatokhoz, a klórgyártáshoz körülbelül a harmada. A gázfogyasztás elsősorban az ammóniagyártáshoz kapcsolódik, de a nagyolvasztóban történő nyersvas-előállítás, illetve a nyersvas hengerelése során is fontos szerepet játszik.

Az ipar végső energiafelhasználása a PRIMES referencia-szenárióban folyamatosan növekszik 2050-ig, a 2010-es 33,5 TWh-ról 38,1 TWh-ra. Az energiahordozó-felhasználás szerkezete jelentősen nem változik, az elektromos áram, illetve a szén igénye növekszik enyhe mértékben.

#### Szolgáltató szektor

A PRIMES modell alapján a szektor által termelt bruttó hozzáadott érték 33%-kal nő 2010 és 2030 között, majd 2030 és 2050 további 29%-kal. Ezzel párhuzamosan az egységnyi hozzáadott értékhez köthető energiaintenzitás 2030-ig 20%-kal csökken, majd 2050-ig további 15%-kal mérséklődik.

A Hivatalos forgatókönyvben a szolgáltatások végső energiaigénye lassan növekszik a 2010-2050 közötti időszakban a 2010-es 37,7 TWh-ról 41,5 TWh-ra. Az energiahordozó-fogyasztás szerkezetében továbbra is a földgáz illetve az elektromos áram felhasználása dominál (80% körüli részesedéssel).

### Mezőgazdaság

A mezőgazdasági szektorban szintén a PRIMES-modell növekedési útját képeztük le. A végső energiafelhasználás teljes mennyisége e szerint szinte változatlan az időszak során, a forrásszerkezet azonban átalakul. Az olaj részaránya közel 75%-ról 45%-ra csökken, miközben az elektromos áram igénye 10%-ról 30%-ra nő. A földgáz részaránya 20% körüli, a megújulók pedig 5%-kal részesednek majd 2050-ben.

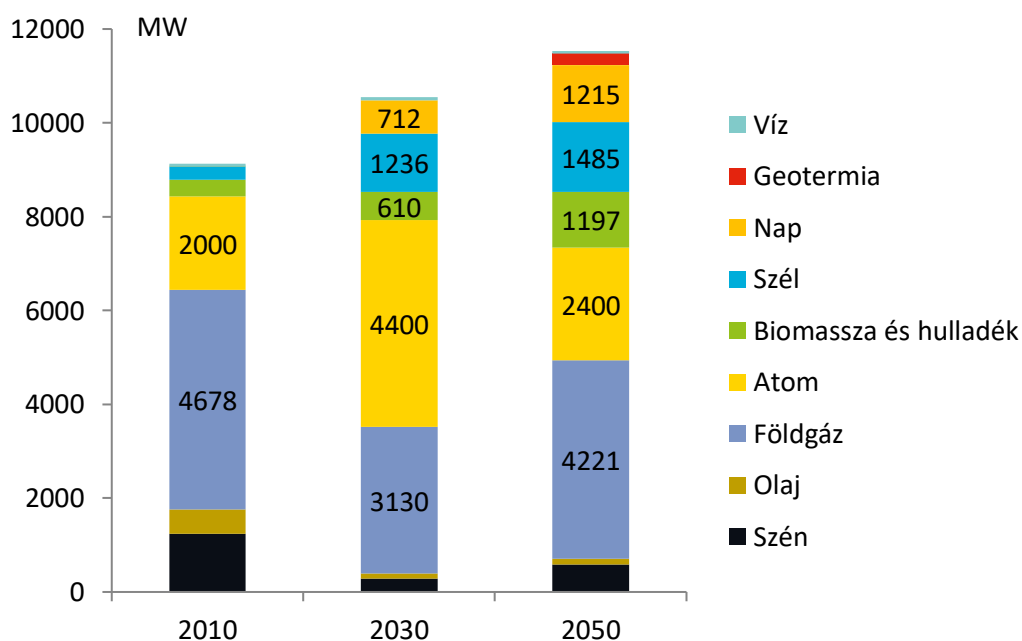
### Termelői oldal - erőművi kapacitások

A Hivatalos forgatókönyv a PRIMES-modellt és a nemzeti energiastratégiát követve alapvetően centralizált nukleáris és földgáz alapú áramtermelésből indul ki. A megújuló energiaforrások szerepe másodlagos.

Az erőműpark és az egyes erőművek típusai és jellegzetességei a PRIMES-adatbázisból nem voltak megfelelő pontossággal kikövetkeztethetők, így azt a PRIMES keretszámai alapján határoztuk meg, a MAVIR Forráselemzésében foglalt előrejelzések és erőművi jellemzők (kapacitás, hatásfokok, hőtermelés stb.) alapján. A biomasszán és biogázon kívüli megújuló kapacitásokat a PRIMES-adatbázisból vettük át változtatás nélkül.

Két fontosabb változtatást tettünk a PRIMES-hoz képest: az egyik, hogy a jövőbeli atomenergia-kapacitások PaksII tervezett kapacitását tartalmazzák. Így 2030-ban a PRIMES-ban szereplő 4035 MW helyett 4400 MW, 2050-ben 3200 MW helyett 2400 MW nukleáris kapacitás szerepel ebben a forgatókönyvben. Nem találtunk ugyanis hivatkozást arra nézve, miért tartalmaz a PRIMES-modell a tervezett Paks II blokkokon felüli nukleáris kapacitásokat 2050-ben.

A másik módosítás, hogy nem számoltunk carbon capture and storage (szén-dioxid-megkötés és -tárolás) technológiával. Ez ugyan csökkentené a légkörbe jutó CO<sub>2</sub> mennyiségét, azonban igen energiaigényes és drága technológia, ami megnehezítette volna a különböző forgatókönyvek eredményeinek összehasonlítását. A forgatókönyv kapacitásait a három időszakra az alábbi, 4. ábra mutatja be.

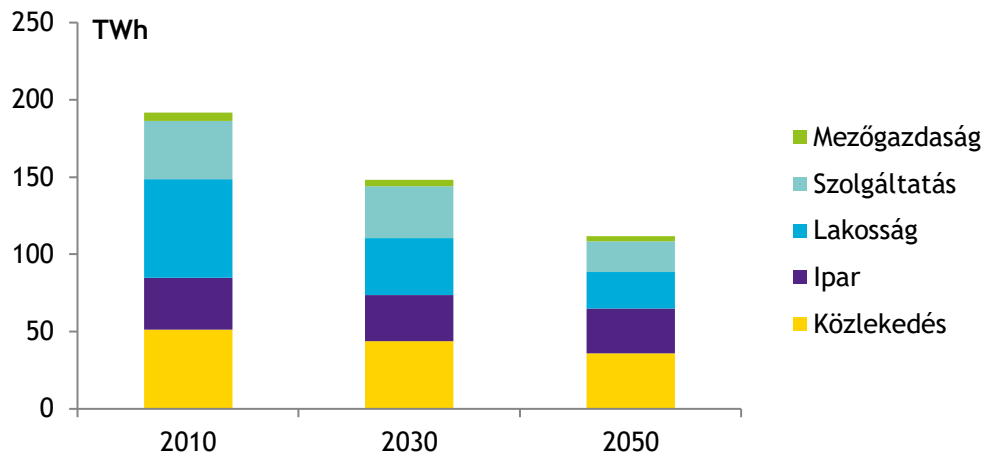


4. ábra: Erőművek kapacitásai a Hivatalos forgatókönyvben, a felhasznált energiaforrások szerint.

### 3.2.2. A Zöld forgatókönyv feltételezései

A Zöld forgatókönyv a Hivatalos forgatókönyvvel szemben egy olyan alternatív növekedési modellt vázol fel, amely a központosított atom- és fosszilis alapú energiatermelés helyett a megújuló energiaforrások használatára, energiahatékonysági intézkedésekre és innovatív megoldásokra helyezi a hangsúlyt.

#### Fogyasztói oldal - energiaigények



5. ábra: Végső energiaigény fogyasztói szektorok szerint a Zöld forgatókönyvben.

#### Lakosság

A lakosság jövőbeli energiafelhasználását két bottom-up modellel határoztuk meg, melyek segítségével az épületállomány (fűtési) és a háztartási gépek (áramfogyasztási) energiaigényét számítottuk ki. Ehhez a Közveti Statisztikai Hivatal és az Energiaklub adatait és épületmodelljét, valamint a CECED 2015-ös felmérésének, és a Wuppertal Intézet LREM projekt adatait és modelljét használtuk. A lakossági áramfogyasztással kapcsolatban a Magyarország Elektronikai-készülék-gyártó Érdekvégyesítő és -képviselő Egyesülés (CECED) kutatásának eredményeit vettük alapul, mely szerint a nagy háztartási gépek fogyasztása a jelenlegi éves lakossági áramfogyasztás egyharmadát adja.

A Zöld forgatókönyvben egy hosszú távú, nagy volumenű energetikai épületkorszerűsítési programmal számoltunk, amelyben 2030-ig 1,5 millió, 2050-ig pedig 2 millió lakás újulna meg. Feltételezéseink szerint ezek kétharmada családi ház lesz, melyek 35%-a épületszerkezeti felújítást (külső hőszigetelés és nyílászárócsere) hajt végre, 10-15% csak hőszigetel, 15-20% korszerűsíti fűtési rendszerét, és 5% használ napkollektort a használati meleg víz előállításához. A családi házak 30-35%-a teljes körű felújítást hajt végre, azaz az épületszerkezet és a gépészeti rendszer egyaránt korszerűsítésre kerül. A távfűtéses panellakásokban teljes körű felújítás (külső hőszigetelés, nyílászáró-csere és fűtésszabályozás) valósul meg. A korszerűsítésre kerülő társasházi téglalakások 45%-a nyílászárókat cserél, 35%-ukban hőszigetelnek és nyílászárót is cserélnek, a maradék 20%-ban a fűtési rendszert korszerűsítik.

Feltételezésünk szerint 2015 és 2030 között 310 ezer, 2050-ig pedig 510 ezer új lakás épül (40%-a családi ház, 60%-a pedig társasházi lakás). Az új családi házak kb. felében kondenzációs kazán, 20-25%-ban faelgázosító kazán, 10-15%-ban pelletkazán, 10-15%-ban pedig hőszivattyú termeli a hőt. 2050-ig több mint 71 ezer háztartás épít be napkollektort a melegvíz-igény ellátására. Az új építésű társasházi lakások esetében elsősorban kondenzációs gázkazánok beépítését feltételeztük.

A meglévő és új épületek esetében is 2020-ig a jelenleg érvényes energetikai követelmények teljesülésével számoltunk, 2020 után pedig már a szigorúbb előírások érvényesülését feltételeztük.

Mindezek révén 2050-ig kiemelkedően sok, 39 TWh csökkenés érhető el a fűtési célú energiafogyasztásban. Az áramfelhasználás is jelentősen csökken, körülbelül a Hivatalos forgatókönyv felére. Ebben a forgatókönyvben azt feltételeztük, hogy a lakosság a tervezett nagy háztartási gépek cseréje révén az új

berendezések (melyek hatékonyságnövekedése kb. évi 2%) aránya körülbelül kétszer annyi évente, mint az Hivatalos forgatókönyvben.

A lakosság összes végső energiafelhasználása 2050-ig jelentősen csökken a Zöld forgatókönyv szerint, 63,7 TWh-ról 45,7 TWh-ra. A földgáz dominanciája ugyan megmarad, de abszolút értékben jelentősen csökken (35,8 TWh/év-ről 21,4 TWh/év-re 2050-ben), emellett az áramigény is jelentékeny csökkenést mutat: 12,33 TWh-ról 9,13 TWh-ra.

### **Közlekedés**

A közlekedési szektorra vonatkozó számítások az Energiaklub statisztikai adatokon nyugvó, Futó András (BME) közreműködésével készített bottom-up modellje alapján készültek, konzervatív feltevésekkel számolva. A jövőbeli fogyasztásra nézve azt feltételeztük, hogy 2020-ig az EU által előírt 95 g CO<sub>2</sub>/km hatékonyságnövekedés teljesül, 2020-tól pedig évente 0,5%-kal javul a hatásfok.

A közlekedési szektor a Zöld forgatókönyvben komoly fejlődési lépéseket tesz egy fenntartható közlekedés kiépülése felé. Az új személyautók fogyasztása 15%-kal csökken, számuk 2050-re „csak” 3 millióra nő. A tömegközlekedés jelentősebb szerepet kap, illetve a vasút is jelentősebb áruforgalmat bonyolít: a közúti teherforgalom 30%-át átveszi. Az elektromobilitás jelentősen nő: 2030-ra eléri a személyautók több mint 33%-át, míg 2050-re majdnem a felét (ez a feltételezés megegyezik az erre vonatkozó kormányzati akcióprogrammal). Az üzemanyagcellás autók aránya is növekszik: 2050-re megközelíti a 10%-ot. A hagyományos benzines és dízeles autók aránya 2030-ra 60% alá, 2050-re pedig 33% alá csökken.

Így a még mindig jelentős kőolajigényt sikerülhet 2050-ig felére, tehát 48 TWh-ról 24 TWh alá szorítani, amivel a szektor végső energiaigénye 70%-ra csökken.

### **Ipar**

Az energiaintenzív ipari folyamatokat egy bottom-up modell segítségével képeztük le, amelyben figyelembe vettük az ágazatra jellemző energiahatékonysági potenciálokat, illetve az elavult technológiák kiváltását korszerű, alacsony széndioxid-kibocsátással járó (úgynevezett low-carbon) technológiákkal. A többi energiaintenzív iparágat (papírgyártás, cementgyártás, üvegyártás és élelmiszeripar) nem alulról felfelé építkező modell segítségével modelleztük. A papír- és a cementipar modellje nem tartalmaz tételesen minden egyes létesítményt, de az iparágra jellemző energiahatékonysági és az energiahordozók kiváltására vonatkozó potenciálokat figyelembe vettük.

A Zöld forgatókönyvben az ipar energiaigényének modellezésénél abból indultunk ki, hogy a szektoron belül elérhető minden ágazat és ipari folyamat esetében a maximális energia- és nyersanyag-hatékonyság érvényesül. Ez a melléktermékek és hulladékok hatékonyabb felhasználását, új, innovatív anyagok, könnyű vázas konstrukciók alkalmazását feltételezi. Az ipari folyamatokhoz kötött fosszilis energiahordozók egy részének kiváltása érdekében azt feltételeztük, hogy az ipar 2050-re közel 3 TWh hidrogént használ fel, amely körülbelül 10%-a az ipar végső energiaigényének. Ennek megtermeléséhez az áramigény ötödével, a megújulók felhasználása pedig ötszörösére nő. Így azonban az ipari szektor úgy tudja megőrizni a nemzetgazdaságon belüli helyzetét, hogy közben - a szén- és olajfelhasználás szinte teljes kiváltásával és a földgázigényének radikális csökkentésével - a végső energiaigényét 87%-ra csökkenti 2050-ig.

### **Szolgáltató szektor**

A szolgáltató szektor energiaigényét top-down megközelítéssel határoztuk meg az EU energiastatisztikai felhasználásával, a jövőbeli értéktermelés alakulását követve.

A Zöld forgatókönyv feltevése alapján a szolgáltatási szektorban az energiaintenzitás 2030-ra 33%-kal csökken, míg 2050-re 54%-kal lesz kevesebb, mint 2010-ben. A szektor tüzelőanyag-intenzitása ezzel párhuzamosan 64%-kal, illetve 82%-kal csökken. Ennek egyik oka az energiahatékonysági intézkedések bevezetése, de a szolgáltatási szektorban a felhasznált energia forrásszerkezete is megváltozik hosszú távon. Míg 2010-ben a szektor jelentős mennyiségben használt földgázt, addig 2050-re ennek az igénynek a nagy

része kiváltható megújuló alapon termelt elektromos árammal, és ez lesz a domináns energiaforrás. A szolgáltatási szektor bruttó hozzáadott értéke a Zöld és a Hivatalos scenárióban megegyezik, míg az energaintenzitásbeli különbség a két forgatókönyv esetében 2050-re meghaladja az 50%-ot.

### **Mezőgazdaság**

A Zöld-forgatókönyvben a mezőgazdasági szektorban is jelentős energiahatékonyság-növekedés érhető el. 2050-ig a mezőgazdaság végső energiafelhasználása körülbelül 40%-kal csökken 2010-hez illetve a Hivatalos forgatókönyvhöz képest, 3,3 TWh-ra. Az abszolút csökkenésen túlmenően a felhasznált energia forrásszerkezete is megváltozik: a fosszilis energiahordozókat kiváltja a helyben megtermelt biomassa, illetve a lokálisan megújuló alapon (nap, szél segítségével) termelt elektromos áram. A végső energiafogyasztás szerkezete így itt is jelentősen változik: az olaj- és földgázfogyasztás szinte teljesen eltűnik, melyet az áramfogyasztás és megújuló energiaforrások váltanak ki.

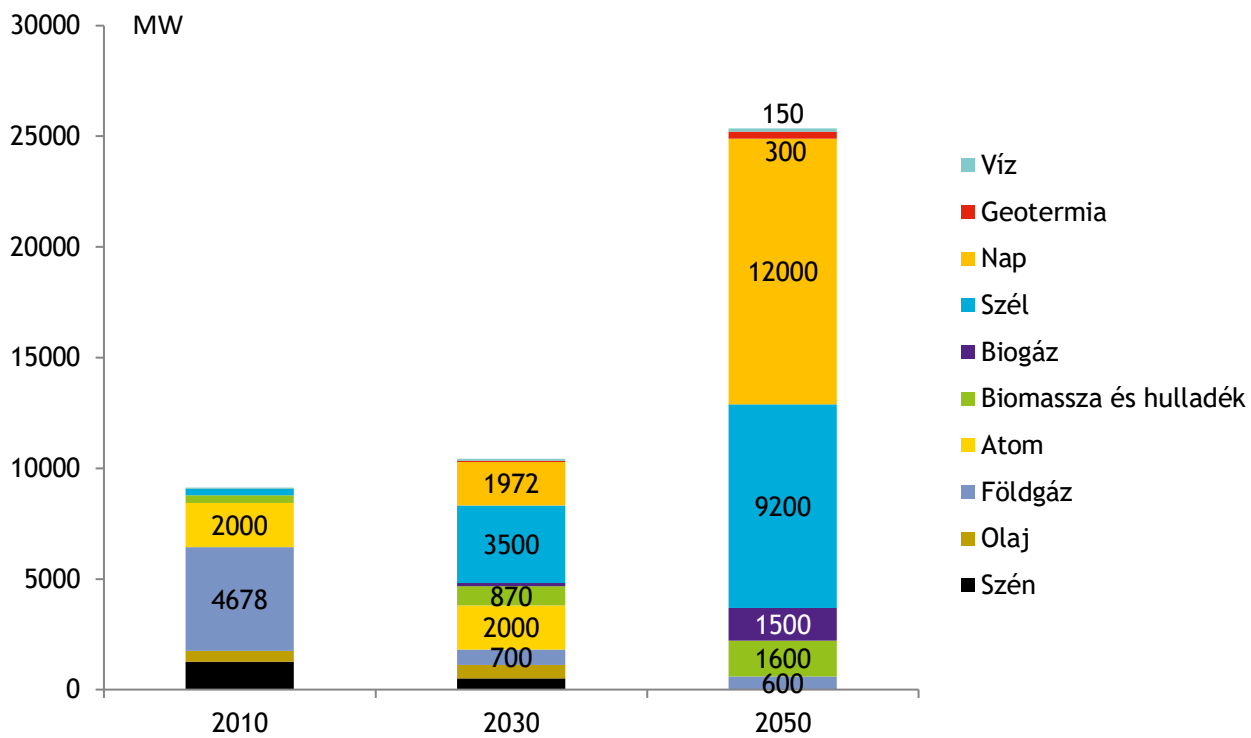
### **Termelői oldal - erőművi kapacitások**

A Zöld forgatókönyvben a megújuló alapú áramtermelés prioritást kap, és az ilyen irányú fejlesztések nagyobb része a biomassa alapú hőtermelés helyett az áramtermelésre koncentrál. A fenntartható technológiai potenciálok figyelembevételével állítottunk össze egy olyan megújuló-mixet, amely mindegyik technológiára kiegyensúlyozottan épít, és figyelembe veszi azok környezeti hatásait. Így például a biomassa esetében figyelembe vesszük a talajerő-utánpótláshoz szükséges, helyben maradó biomassa mennyiségét, illetve pl. a napelemek döntő többségét a meglévő épületek, parkolók tetejére terveztük, kerülve a zöldmezős beruházásokat. A fenntartható energiatermelés érdekében a megújuló energiaforrások térnyerését a fogyasztói oldal energiaigényének jelentős csökkenése egészíti ki.

A megújuló energiaforrások jobb kihasználása érdekében figyelembe vettük a fogyasztó-oldali szabályozás (demand side management, DSM) lehetőségeit is. A nemzetközi hálózatfejlesztésnél abból indultunk ki, hogy az ENTSO-E Tízéves fejlesztési tervében megadott projektek megvalósulnak. A DSM vonatkozásában 2 TWh villamosenergia-mennyiség áll rendelkezésre 2050-ben.

2030-ban még jelentős számú konvencionális erőmű lesz a rendszerben, melyek kiöregedésével fokozatosan új, többnyire decentralizált, megújuló energiaforrásokra építő erőművek épülnek (6. ábra). A megmaradó fosszilis energiaforrások feladata leginkább a rendszer kiegyensúlyozása, illetve tartalék-erőművi kapacitás biztosítása. Ezeket a feladatokat a földgáz-erőművek mellett részben a biogáz- és biomassa-erőművek is ellátják.

Az újfajta energiarendszer szabályozásával kapcsolatban fontos kiemelni, hogy a decentralizált, rugalmas energiarendszer kialakulásával a megújuló energia felhasználása, átalakítása kap prioritást, melyet az egyes átalakító technológiák - például hőszivattyúk, elektrolizáló berendezések, szintetikus gáztermelő berendezések stb. - és az energiatárolás tehet igazán hatékonyá és rugalmassá, minimalizálva a szükséges tartalékkapacitások nagyságát. Forgatókönyvünkben ilyen technológiákkal azonban még nem számoltunk (a háztartási hőszivattyúkon, elektromos autókön és elektrolizáló berendezéseken kívül).

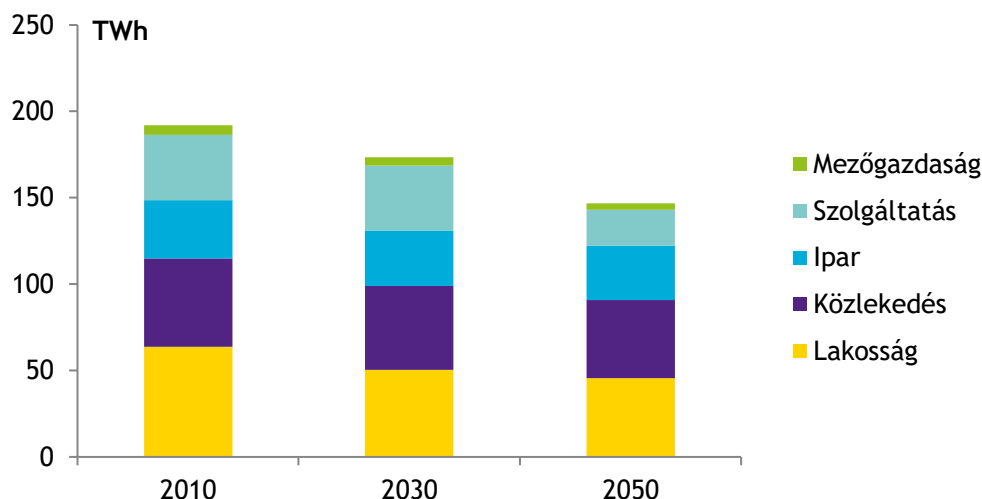


6. ábra: Erőművek kapacitása a Zöld forgatókönyvben, energiaforrások szerint.

### 3.2.3. A Köztes forgatókönyvek feltételezései

A köztes forgatókönyvek átmenetet képeznek a Hivatalos és a Zöld forgatókönyv között. A Köztes-A forgatókönyv megegyezik a Hivatalos forgatókönyvvel, azonban a Paks II atomerőművet megújuló erőművek váltják ki, tehát maga az energiarendszer egy más fejlődési irányt kap. A Köztes-B forgatókönyv ennél kicsit tovább megy, és energiahatékonysági beruházások is megvalósulnak ebben a jövőképben.

#### Fogyasztói oldal - energiaigények



7. ábra: Végső energiaigény fogyasztói szektorok szerint a Köztes-A forgatókönyvben.

A Köztes-A forgatókönyv keresleti oldala változatlan marad a Hivatalos forgatókönyvhöz képest, így azt ebben a fejezetben nem tárgyaljuk.

A Köztes-B forgatókönyvben ugyan történnek energiahatékonysági fejlesztések, azonban nem törekedtünk sem a lehetséges maximális ágazati, iparági energiahatékonyság elérésére, sem különleges, új és innovatív technológiák bevezetésére, így a forgatókönyv energiaigénye körülbelül félúton van a Hivatalos és a Zöld scenáriók végső energiaigénye között.

#### Lakosság

A Köztes-B forgatókönyvben 2050-ig 1 millió háztartás energetikai korszerűsítésével számoltunk. Feltételezésünk szerint a korszerűsítő háztartások 65%-a családi ház lesz.

A köztes forgatókönyv feltételezései szerint 2015 és 2030 között 210 ezer, 2050-ig pedig 410 ezer új lakás épül. A modellben az új lakások 40%-a családi ház, 60%-a pedig társasházi lakás. Az új családi házak kb. felében kondenzációs kazán, 20%-ában faelgázosító kazán, 20%-ában pelletkazán, 10-15%-ában pedig hőszivattyú termeli a hőt. 2050-ig közel 50 ezer háztartás épít be napkollektort a melegvíz-igény ellátására.

Ebben a scenárióban is azt feltételeztük, hogy nagyjából ugyanannyi lakás szűnik meg, mint amennyi épül. A megszűnő lakások 60%-a tűzifát, szénét és villanybojlert használó családi ház, 40%-a pedig elavult, gázkonvektort és villanybojlert használó társasházi lakás.

A lakossági áramigény a Köztes-B forgatókönyvben 2030-ig körülbelül megegyezik a 2015-ös értékkel, mivel a forgatókönyv feltevése szerint az öreg háztartási gépek cseréjéből fakadó elektromosáram-megtakarítást az egyéb elektronikai berendezések iránti igény növekedése ellensúlyozza. 2030 után a lakosság áramigénye enyhén növekszik, és 2050-re eléri a 13,7 TWh-t (a háztartási melegvíz előállításának áramigényével együtt).

A lakosság összes végső energiaigénye a Köztes-B forgatókönyvben 2030-ra 50, majd 2050-re 45 TWh-ra csökken, elsősorban a fűtési célú földgázhasználat visszaesése miatt. A lakossági végső energiafogyasztás fő forrásai a földgáz (47%), és az elektromos áram (30%) lesznek 2050-ben.

### ***Közlekedés***

A Köztes-B forgatókönyv a közlekedési szektor esetében a Hivatalos és a Zöld forgatókönyv feltételezéseit kombinálja. Az elektromobilitás lassan terjed, és az üzemanyagcellás meghajtású autók sem nyernek teret. A személygépjárművek száma 2050-re meghaladja a 4,3 millió darabot. Az új benzines, illetve dízeles autók hatékonyságnövekedése viszont már a Zöld forgatókönyv szintjét éri el annak köszönhetően, hogy az új személyautók fogyasztása körülbelül 15%-kal javul. Egy komolyabb szerkezetváltás is megindul a közlekedési módok megoszlása között, és a tömegközlekedés, illetve a vasúti áruszállítás is jelentősebb szerepet kap.

Mindezeknek köszönhetően a közlekedési szektor végső energiafogyasztása 12%-kal csökken a 2010-es szinthez képest. Ez az érték nem tűnik soknak, az évtizedek óta egyre több energiát felhasználó közlekedési szektor esetében azonban már egy ilyen változás egy igen jelentős előrelépést jelentene.

### ***Ipar***

Az energiahatékonyság területén nem aknáztuk ki az összes lehetőséget, de a Hivatalos forgatókönyvhöz képest a legkönnyebben bevezethető energiahatékonysági intézkedések eredményeit figyelembe vettük. A Köztes-B forgatókönyvben az ipar végső energiafelhasználása 31,7 TWh-ra csökken 2050-re.

### ***Szolgáltató szektor***

Hasonlóan az ipari szektorhoz, a szolgáltató szektorban sem számoltunk minden lehetséges energiahatékonysági intézkedéssel. Az épületek, illetve helyiségek fűtésének hatékonyságnövekedését azonban maximálisnak vettük, miközben az egyes folyamatok hatékonyságnövekedése nem éri el az ideális szintet. Ennek ellenére, elsősorban a fűtési hatékonyságnövekedésnek köszönhetően a szektor földgázfogyasztása közel 20 TWh-ról 2,7 TWh-ra csökken 2050-re, így összességében a szektor végső energiafelhasználása 46%-kal csökken, 21 TWh-ra. Ez a Hivatalos forgatókönyvben elérhető érték fele.

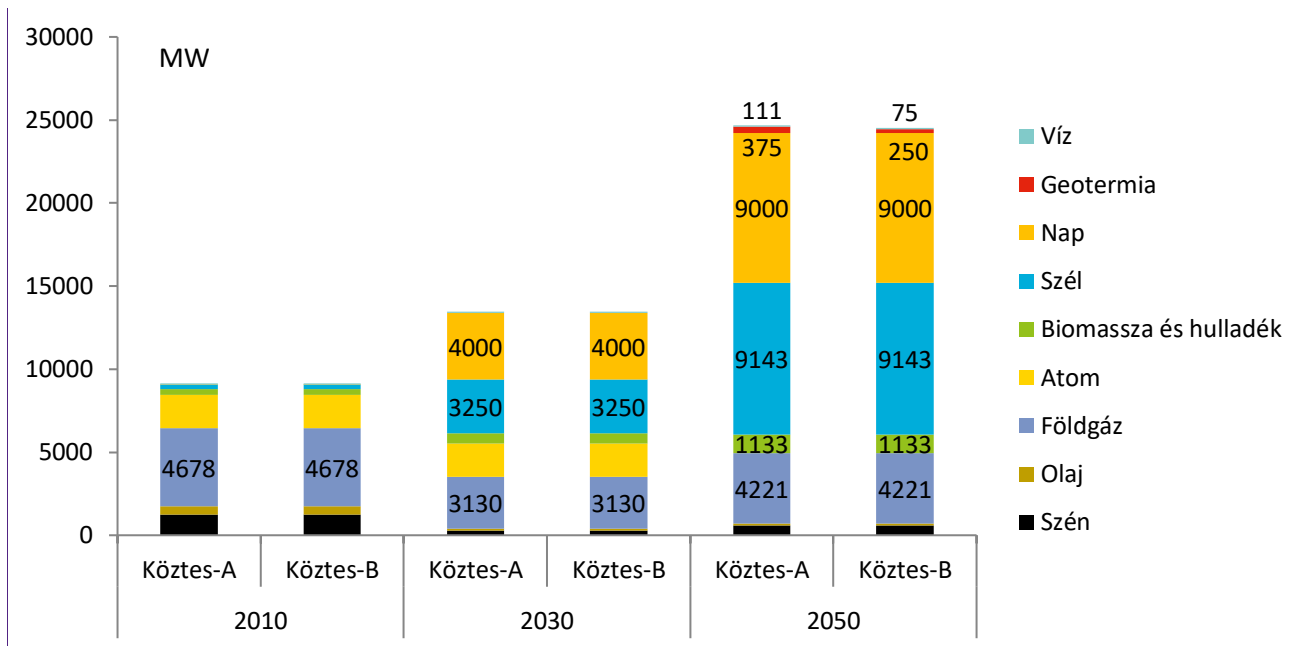
### ***Mezőgazdaság***

A mezőgazdasági szektorban a 2050-ig nagyrészt a lokálisan elérhető megújuló energiaforrások váltják fel a fosszilis energiaforrásokat, az energiahatékonyság területén azonban még maradnak kiaknázható potenciálok. A kőolaj felhasználását sikerülhet olyan mértékben helyettesíteni, hogy 2050-ig 4 TWh-ról 0,1 TWh alá csökkenhet a felhasználása. Ezzel párhuzamosan a mezőgazdasági áramfelhasználás azonban 0,5 TWh-ról 2,8 TWh-ra nő. Összességében a szektor végső energiafelhasználása 30%-kal csökken 2010 és 2050 között.

### ***Termelői oldal - erőművi kapacitások***

A Köztes forgatókönyvek a Hivatalos forgatókönyvre épülve alapvetően fosszilis alapú áramtermelésből indulnak ki. A megújuló energiaforrások szerepe azonban jelentősen megnő az időszak során, mivel az atomenergia helyett ebben a forgatókönyvben a megújuló energiát hasznosító technológiák nyernek teret. Utóbbiak esetében arra törekedtünk, hogy azok optimális eloszlásban szerepeljenek az energiatermelésben, a Zöld forgatókönyvben később részletesen ismertetett arányokkal.





8. ábra: Erőművek kapacitása a Köztes forgatókönyvekben energiahordozók szerint.

## 4. EREDMÉNYEK ÉS ÖSSZEHASONLÍTÁS

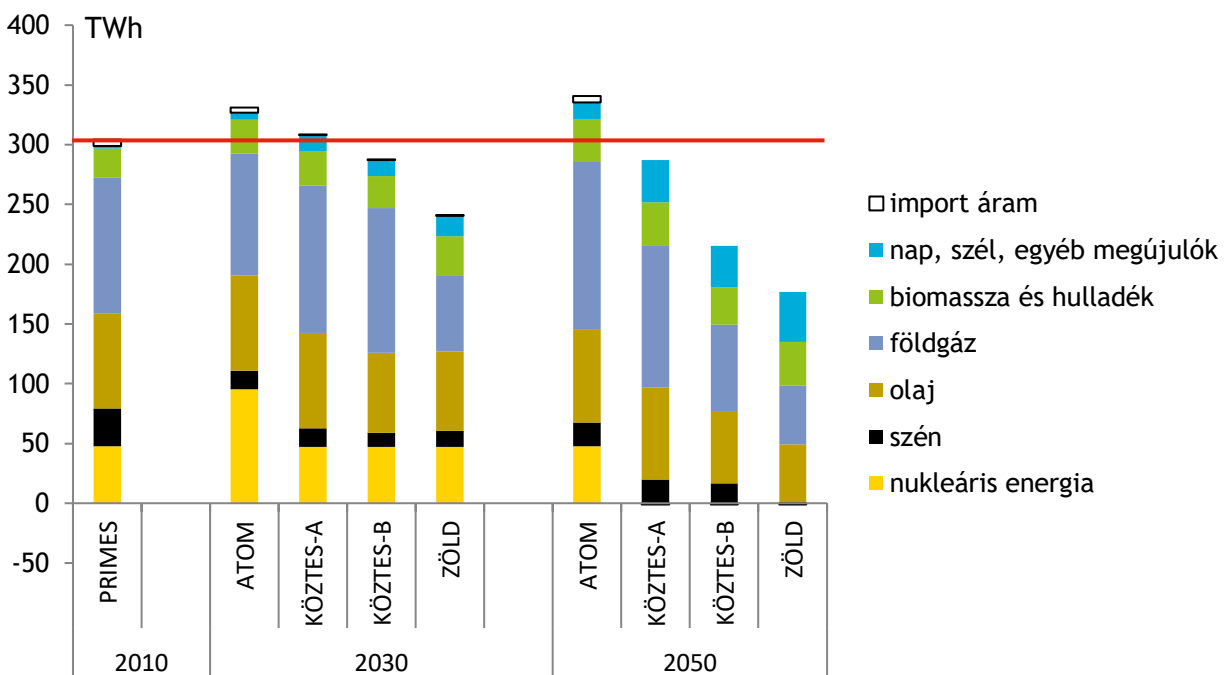
A forgatókönyvek modellezésének legfontosabb eredménye, hogy azok mind működőképes energetikai jövőképeket jelentenek 2030-ra és 2050-re is, azaz: minden órában képesek lennének ellátni az ország összes energiaigényét. Hogy ehhez mennyi energiaforrást kell felhasználni, milyen költségei és milyen környezeti hatásai vannak az egyes forgatókönyveknek, ezek igencsak eltérnek az egyes jövőképekben. A következőkben röviden összefoglaljuk a szimulációk futtatásának legfontosabb eredményeit, mindkét jövőbeli időpontra (2030, 2050) és mind a négy forgatókönyvre, összehasonlítva a 2010-es „alapállapottal”.

### 4.1. Összes elsődleges energiafogyasztás (TPES)

Az egyes forgatókönyvek működéséről sokat elárul, ha megvizsgáljuk és összehasonlítjuk összes elsődleges energiaigényüket, hiszen ezek alakulása főként az egyes forgatókönyvekben kialakított és működtetett kapacitások összetételétől és az energiahatékonysági intézkedésektől függ.

A lenti diagramon piros vonal mutatja a 2010-es energiafogyasztási szintet a PRIMES adatbázis alapján. Ehhez képest a Hivatalos forgatókönyv elsődleges energiafogyasztása 12%-kal lesz több 2050-re, a fosszilis és nukleáris energiatermelés aránya pedig még mindig domináns lesz, 85%-kal. A nagyobb megújuló kapacitásoknak köszönhetően az atomenergiát kiváltó Köztes-B forgatókönyv elsődleges energiaigénye már enyhén csökken a 2010-es szinthez képest, pedig a végső energiaigény ebben a scenárióban megegyezik a Hivatalos forgatókönyvével. Az energiahatékonysági intézkedéseket is tartalmazó Köztes-B forgatókönyv még hatékonyabban váltja ki az atomenergiát, és 30%-kal kevesebb energiát igényel ennek a rendszernek az ellátása. A nukleáris energiatermelés itt tehát 0%, a fosszilis pedig 66%-ra csökken.

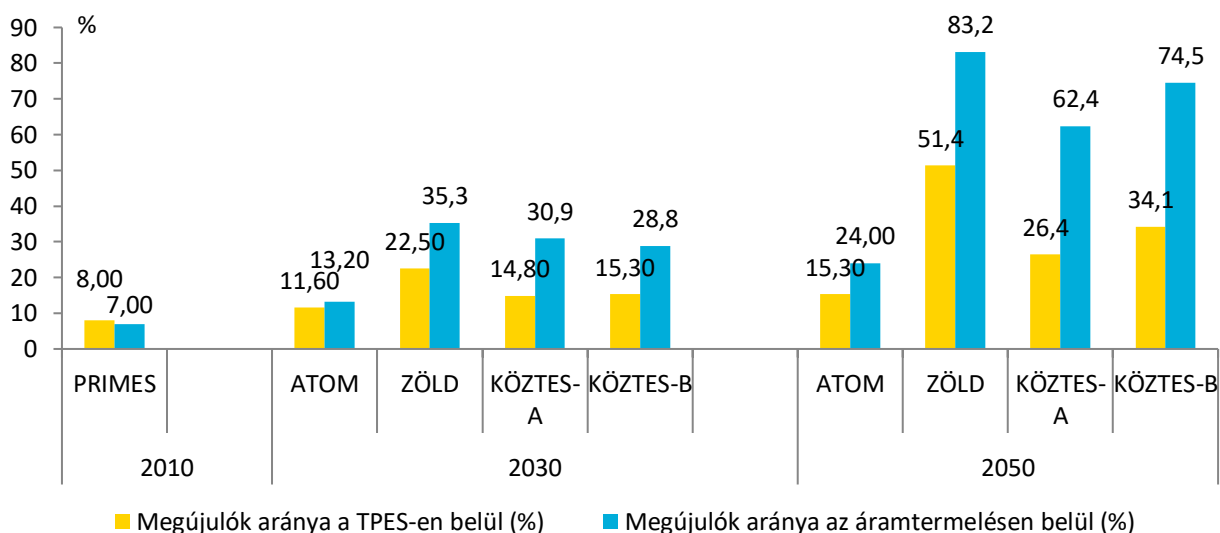
A Zöld forgatókönyv még fejlettebb energiahatékonyság-növelő megoldásokat és még több megújuló energiaforrást használ, amivel 2050-re az energiafelhasználást közel a Hivatalos forgatókönyvben lévő érték felére, 42%-kal csökkenti! Az atomenergia felhasználása megszűnik, a szén felhasználása minimális lesz, a földgázé a 2010-es fogyasztás kevesebb mint felére esik vissza, és az olajfelhasználás is mérséklődik. A fosszilis energiaforrások aránya így 2050-re elveszti domináns jellegét, és 49%-ra szorul vissza.



9. ábra: Elsődleges energiafelhasználás (TPES) a forgatókönyvekben.

## 4.2. Megújuló energia

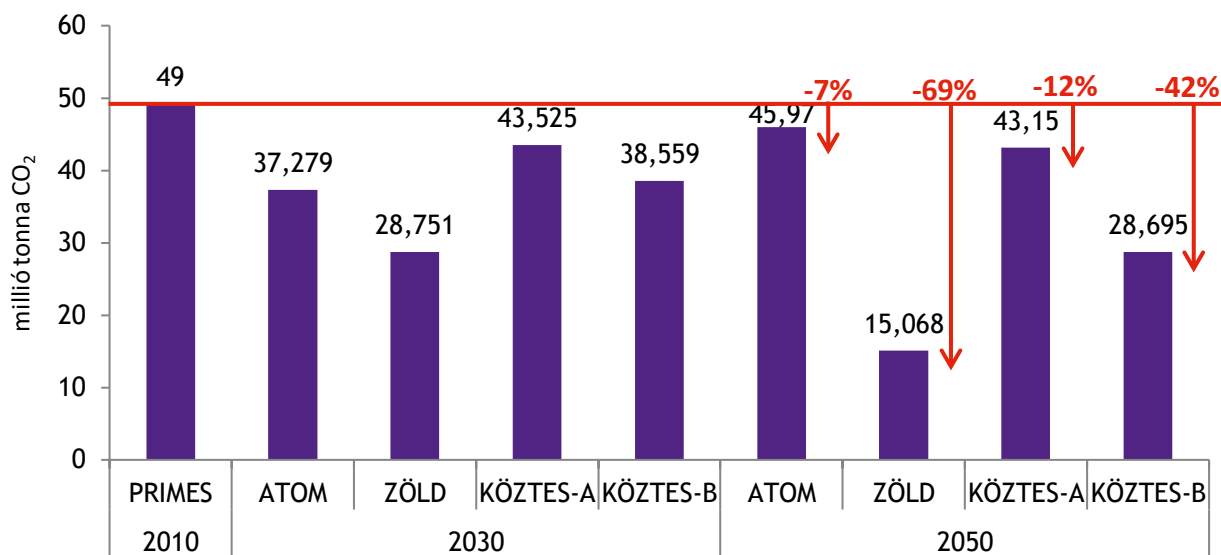
Érdemes megvizsgálni részletesebben az egyes megújuló energiaforrások arányát az elsődleges energiatermelésen belül (sárga oszlopok), valamint az áramtermelésen belül (kék oszlopok). A Hivatalos forgatókönyv esetében jól látszik a megújulókkal kapcsolatos, ma is érvényes energiapolitikai szemlélet, miszerint a megújuló termelés Magyarországon egyelőre elsősorban hőtermelést jelent: itt a legalacsonyabb a megújulók részaránya az áramtermelésből. Ennek azonban természetesen az is oka, hogy ebben a forgatókönyvben 2050-ben is működik majd atomerőmű, amely mellett a megújulók csak marginális szerepet kapnak. Ezzel szemben a Paks II-vel nem számoló forgatókönyvek mindegyikében az áram nagy része, 60-80%-a megújuló forrásokból lesz megtermelve 2050-ben. A Köztes-B forgatókönyvben az áramtermelés közel háromnegyede, a Zöld forgatókönyvben pedig több mint 80%-a megújuló alapú lesz!



10. ábra: Megújuló termelés a forgatókönyvekben.

## 4.3. Szén-dioxid-kibocsátás

A különböző forgatókönyvek becsült, energiaiparhoz (beleértve a közlekedési szektort) kapcsolódó szén-dioxid-kibocsátása igen eltérően alakul majd a következő évtizedekben a szimulációk alapján. A Hivatalos forgatókönyvben 2030-ban a két atomerőmű együttes működésének is köszönhetően alacsonyabb lesz az üvegházgáz-kibocsátás, 2050-re ez azonban növekszik, így a 2010-es szinthez képest csak 7%-os csökkentést ér el 40 év alatt. Az igények megegyeznek a Köztes-A forgatókönyvben, így ott is csak 12%-ot sikerül megtakarítani 2050-ig. Az energiahatékonysági intézkedéseknek köszönhetően azonban - atomerőmű nélkül is - 42%-os kibocsátás-csökkenés érhető el a Köztes-B, míg közel 70%-os a Zöld forgatókönyvben a 2010-es szinthez képest.



11. ábra: Szén-dioxid kibocsátás alakulása a forgatókönyvekben

#### 4.4. A villamosenergia-rendszer fejlesztésének költségei

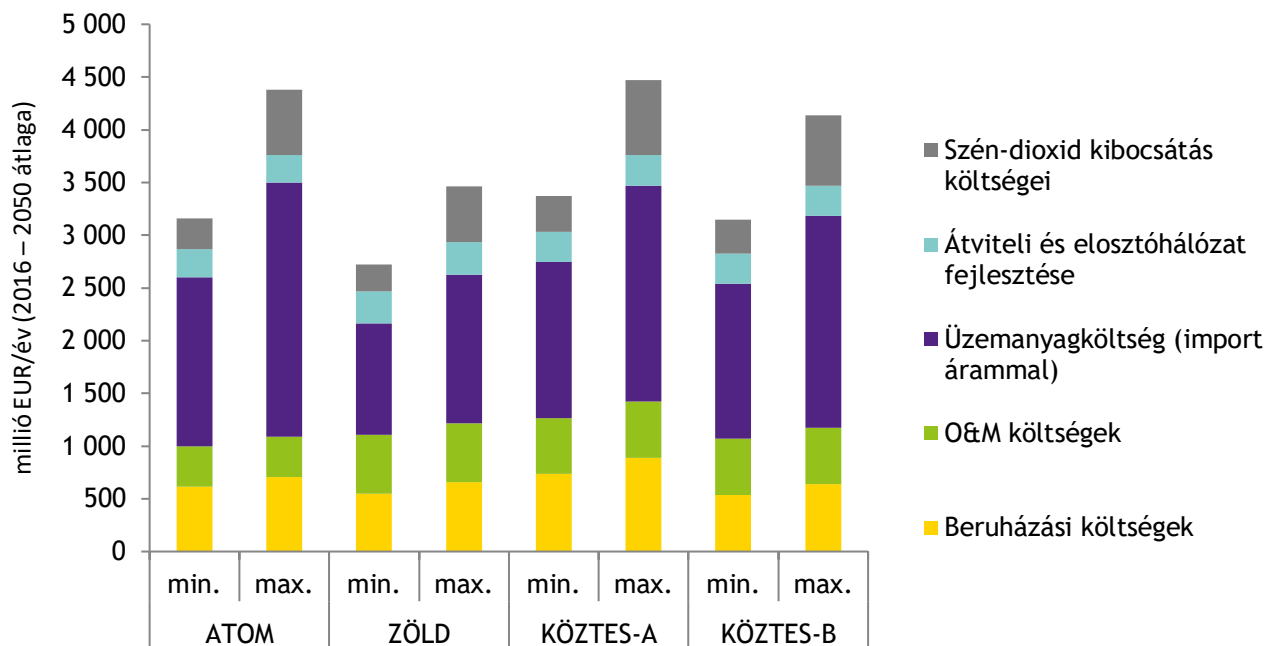
És hogy mennyibe fog kerülni mindez?

A hazai energiarendszer jövőbeli költségeivel kapcsolatban igen sok a bizonytalanság. Mégis, úgy gondoltuk, hogy az elérhető szakirodalmi adatok és tervek alapján lehetséges egy nagyságrendi becslést adni az egyes scenáriók áramtermelésének költségvonzataira. A kutatás során a beruházási, működtetési, hálózatfejlesztési, üzemanyag- és CO<sub>2</sub>-költségek kalkulációját végeztük el. Az alsó becslés konzervatív áremelkedéssel számol 2050-ig, a felső becslés pedig a jelenlegi piaci árelőrejelzések átlagával számol.

Beruházási költségként a földgázos erőművek esetében 862 EUR/kW-tal számoltunk, az atomerőmű esetében 5000 - 6000 EUR/kW közötti értéket vettünk figyelembe. A szélerőművek beruházási költségei esetében a szakirodalom lassú csökkenéssel számol (1183 EUR/kW 2030-ban és 1075 EUR/kW 2050-ben). A fotovoltaiikus erőművek esetében mérettől és technológiától függően 600 - 950 EUR/kW költséggel számolunk 2030 esetében, illetve 425 - 600 EUR/kW-tal 2050-ben.

A költségszámítás során minden árat euróban, 2010. évi értéken adtuk meg. Az árfolyam-ingadozás kiküszöbölésére az euró-dollár árfolyam esetében 1,33 átváltási rátával számoltunk, ami megegyezik a szakirodalom ajánlásával. A részletes számítási módszertan a teljes kiadványban megtalálható, a hálózatfejlesztési költségek számítása pedig a BiXPERT (2017) tanulmányában található meg<sup>2</sup>.

<sup>2</sup> A tanulmány innen letölthető: <http://energiaklub.hu/hirek/egy-megujulokon-alapulo-energiarendszer-olcsobb-valasztas-lenne-paks-ii-nel-4447>



12. ábra: Az egyes forgatókönyvek átlagos évi költségbeclése.

Az eredményeket vizsgálva szembetűnő, hogy a legnagyobb részarányt az üzemanyagköltségek teszik ki, az összes forgatókönyv esetében. Ez különösen a nagy mennyiségben importált fosszilis energiaforrások esetében jelenthet nagy kockázatot. A Zöld forgatókönyvben, a fosszilis források alacsony aránya és a jelentős energiaigény-csökkentésnek köszönhetően az üzemanyagköltségek a többi scenáriónál jelentősen alacsonyabbak.

A Hivatalos forgatókönyvben az atomerőmű építése miatt jelentős beruházásra van szükség 2030-ig, a Zöld forgatókönyvben pedig a megújuló kapacitások kiépítése jár viszonylag jelentős költségekkel.

A szén-dioxid-kibocsátás költsége jelenlegi információink szerint nehezen jelezhető előre, ezért ez az összes forgatókönyv esetében meglehetősen széles skálán mozog. Ez a költség szintén a magasabb fosszilis részarányal rendelkező forgatókönyveket sújtja jobban.

Mindent egybevéve, összességében elmondható, hogy a Zöld forgatókönyv a legalacsonyabb költséggel kiépíthető és működtethető energiarendszert jelenti Magyarország számára 2050-ig.

## 4.5. Miért fontos a modellezés, és mire használtuk a modelleket?

Ahhoz, hogy meg tudjuk vizsgálni, egy-egy mai energiapolitikai döntés mit eredményez majd évtizedek múlva, vagy azt, hogy a különböző energetikai fejlődési pályák milyen előnyökkel és hátrányokkal járnak, meg kell tudnunk becsülni, hogyan néz majd ki Magyarország jövőbeli energiagazdálkodása, energiarendszere.

Ebben kétféle módon is segítenek a modellek. Egyrészt abban, hogy a legfontosabb jövőbeli mutatókat, ún. indikátorokat számszerűen meghatározhassuk, minél részletesebben. Ehhez persze nagyon sok adatra és tudományos összefüggésre van szükség, meg persze egy modellre. A Wuppertal Intézet egy saját fejlesztésű modellt használ erre a célra, a WISEE-t, melyet ezúttal kissé átalakítottak a magyar sajátosságoknak megfelelően.

A WISEE segítségével határoztuk meg statisztikai és technikai adatok felhasználásával a jövőbeli energiaigényeket, energiahordozónként és szektoronként (lakosság, ipar, szolgáltatás, mezőgazdaság), különösen részletesen az energaintenzív iparágak esetében. Ehhez például olyan adatokat használtunk, mint a lakosságszám, gazdasági aktivitás, politikai tervek, adott technológiák piaci részesedése és fajlagos energiaszükségletük stb. Ez a modell kalkulálta a forgatókönyvek összes végső energiafelhasználását is.

A lakosság esetében a lakóépületek fűtési igényét az Energiaklub egy saját, korábbi kutatása, a NegaJoule eredményeinek felhasználásával kalkuláltuk a különböző forgatókönyvekben.

Szintén más módszertannal készült a közlekedés jövőbeli energiaigényének meghatározása, ahol a különböző közlekedési módok aránya, a technológiák és a fogyasztói szokások változása alapján a BME-vel közösen határoztuk meg a közlekedéshez köthető különböző jövőbeli energiaigényeket.

Akár a hivatalos, akár az alternatív forgatókönyveket vizsgáljuk, a megújuló energiaforrások aránya mindenképpen nőni fog a következő évtizedekben. És amíg a biomassza (tűzifa, mezőgazdasági és erdészeti hulladékok és melléktermékek, biogáz, bioüzemanyag stb.), a geotermia és a víz segítségével történő energiatermelés szabályozható, tehát az áram- és/vagy hőtermelés akkor történhet, amikor az igények szükségessé teszik, az időjárásfüggő megújulóknál nem ez a helyzet. Ilyen a nap- és a szélenergia: akkor termelnek, amikor süt a nap vagy fúj a szél. És bár ez ma már számos létező technológia és módszer segítségével megoldható (pl. energiatárolás, fogyasztó oldali szabályozás, okos hálózatok, rugalmas energiarendszer stb.), fontos leellenőrizni, hogy az általunk meghatározott erőmű-mix valóban biztonságosan ki tudja majd elégíteni a jövőbeli energiaigényeket az év minden napján és órájában.

Ehhez használtuk a dán Aalborgi Egyetem által fejlesztett EnergyPLAN szoftvert, amely kifejezetten arra készült, hogy egy ország teljes energiarendszerét szimulálja óránkénti felbontásban. Minden szektort vizsgál, beleértve a lakosságot és a közlekedést is, figyelembe véve a különböző erőművek kapacitásait, jellemzőit, a különböző energiaigényeket (pl. távhő, áram, üzemanyag, lakossági tűzifa), és persze a megújulók óránként változó termelését, tehát az időjárás változásait is.

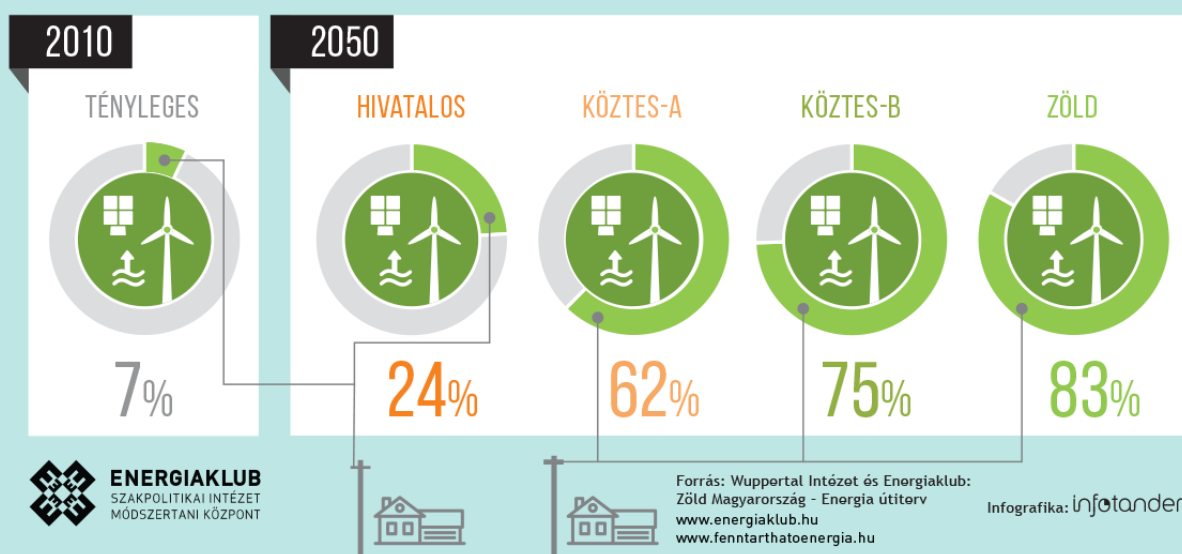
Az EnergyPLAN szoftvert tehát arra használtuk, hogy többek között a WISEE segítségével kalkulált jövőbeli igényeket, az általunk meghatározott erőművek számát, nagyságát és jellemzőit, valamint a fogyasztók és a különböző termelők óránkénti aktivitását betápláltuk, és megvizsgáltuk az eredményeket. Ha a megadott feltételezésekkel, adatokkal a modell nem működik, a szoftver jelezte ezt, illetve azt is, ha bizonytalanná válhat a működése. Abban az esetben, ha a modell rendben működik, dokumentáltuk a bemenő adatokat, illetve a szoftver által kiszámolt kimeneti adatokat is, amelyek segítenek összehasonlítani és értékelni a forgatókönyveket. Ilyen például az összes elsődleges energiafelhasználás, a megújulók aránya, az import áram nagysága, a CO<sub>2</sub>-kibocsátás mértéke, az elektromos autók energiaigénye stb.

# ENERGIA ÚTTERVEK

Az Energiaklub a Wuppertal Intézettel közösen készítette el Magyarország lehetséges energetikai jövőképeit, tudományos alapokon, szoftveres modellezéssel. Négy forgatókönyv született: a Hivatalos a jelenlegi stratégiát vizsgálja, Paks II megépülésével és az energiaigények növekedésével számolva. A Köztes-A ezzel azonos energiaigényeket elégít ki, azonban Paks II-t megújuló kapacitásokkal váltja ki. A Köztes-B scenárió ezen túlmenően hatékonysági intézkedésekkel csökkenti az energiaigényt. A Zöld forgatókönyv pedig a lehető legtöbb energiahatékonysági és megújuló potenciált használja ki 2050-ig, megteremtve egy decentralizált, többségében megújuló forrásokon alapuló, hatékony, innovatív és rugalmas energiarendszer alapjait. A forgatókönyvek szimulációjából beeláthatunk, milyen energiaigénnyel, szén-dioxid-kibocsátással és költségekkel termelnének az egyes alternatívák erőművei, milyen színvonalú lakásokban lakunk majd, és milyen autókkal közlekedünk.

## MEGÚJULÓ ÁRAMTERMELÉS ARÁNYA A VILLAMOSENERGIA-FELHASZNÁLÁSBÓL

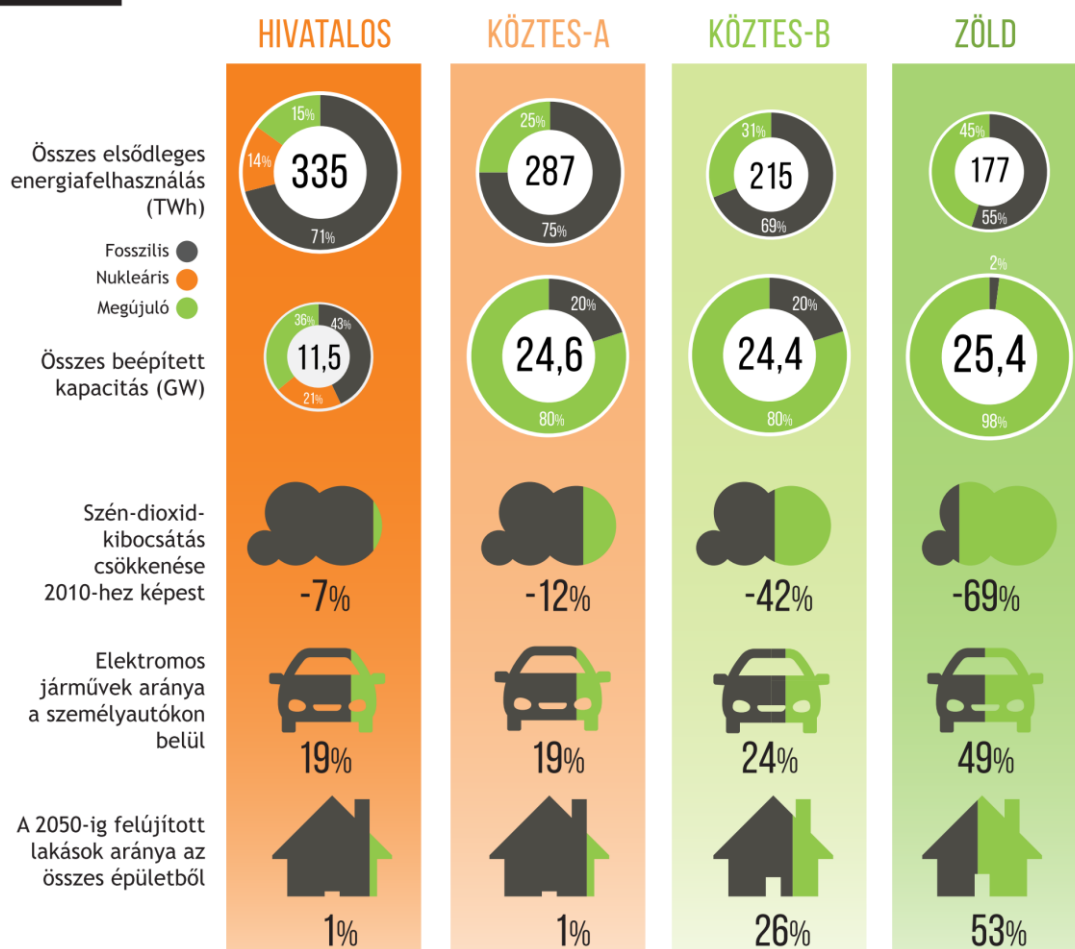
Rendkívül sokféle és jó adottságú megújuló energiaforrással rendelkezünk, mégsem használjuk ki a helyi lehetőségeket. A Hivatalos scenárió szerint a zöld áramtermelés az évszázad közepéig is csak kiegészítő szerepet kapna, míg a Zöld forgatókönyvben a tisztább és egészségesebb hazai erőforrások dominálnak majd.



# 4 LEHETSÉGES FORGATÓKÖNYV 2050 -RE

Az, hogy 2050-ben hogyan termeljük és használjuk fel Magyarországon az energiát - ami a berendezéseinken, a közlekedési eszközökön és a rezsiköltségeken keresztül mindennapi életünket is meghatározza - a mai döntéseinken múlik. A számos lehetőség közül négyet dolgoztunk ki részletesen. Modellezésük kimutatta, hogy a biztonságos áramellátáshoz nem szükséges atomerőművet építeni, s energiatakarékossággal, hatékony megoldásokkal többet nyerhetünk, mint elsőre gondolnánk.

2050





# KUTATÁS KOMMUNIKÁCIÓ KÉPZÉS

DÖNTÉSHOZÓKNAK, ÖNKORMÁNYZATOKNAK,  
VÁLLALATOKNAK ÉS HÁZTARTÁSOKNAK

HAZAI ÉS NEMZETKÖZI KLÍMA- ÉS  
ENERGIAPOLITIKÁRÓL, ENERGIAHATÉKONYSÁGRÓL,  
MEGÚJULÓ ENERGIAFORRÁSOKRÓL



**ENERGIACLUB**  
SZAKPOLITIKAI INTÉZET  
MÓDSZERTANI KÖZPONT

[www.energiaklub.hu](http://www.energiaklub.hu)