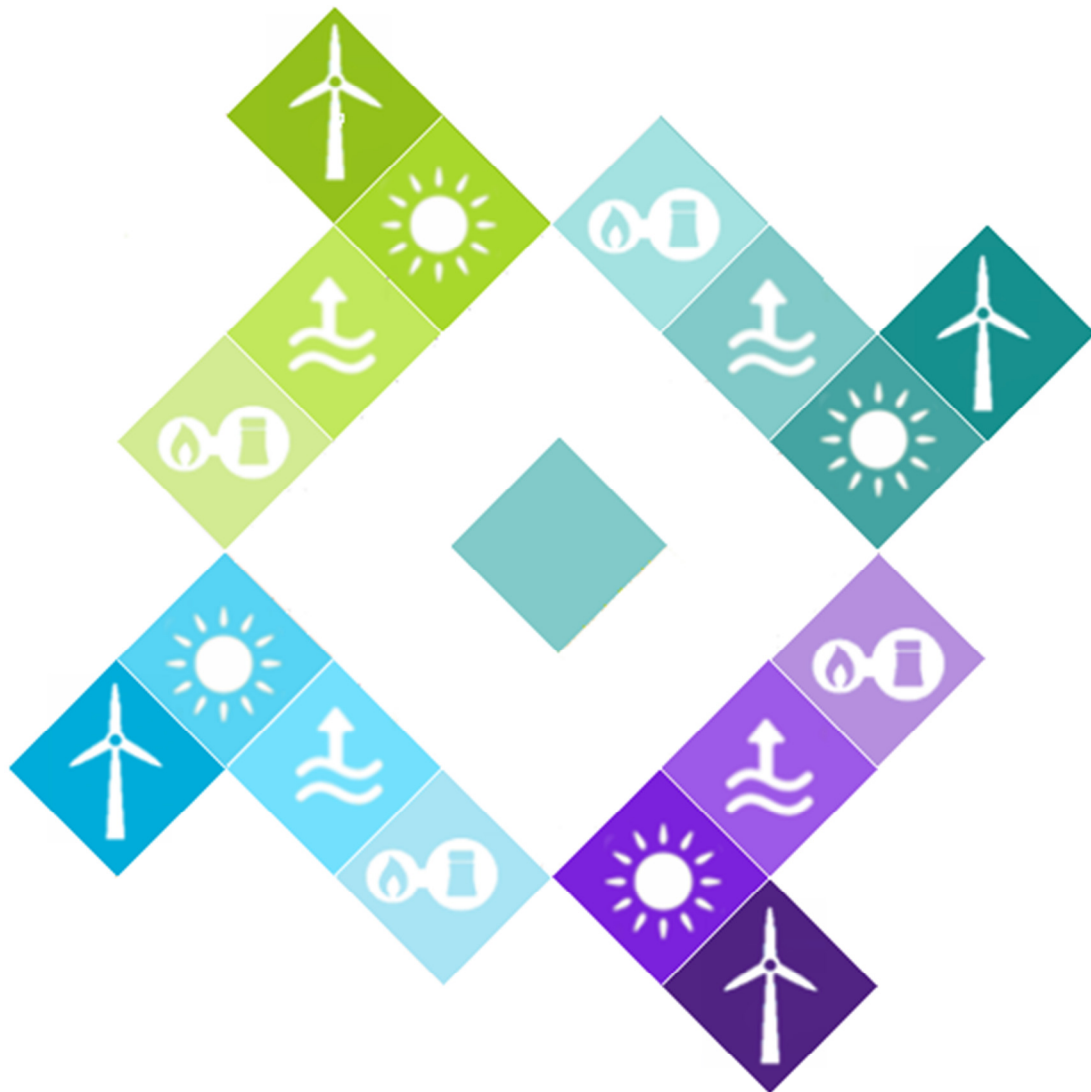




PAKS II NÉLKÜL A VILÁG

Az Energiaklub energetikai jövőképe 2030-ra az EnergyPLAN szoftver felhasználásával

készítette: Sáfián Fanni



PAKS II NÉLKÜL A VILÁG

Az Energiaklub energetikai jövőképe 2030-ra
az EnergyPLAN szoftver felhasználásával

Tanulmány

ENERGIAKLUB Szakpolitikai Intézet és Módszertani Központ

2015. január

PAKS II NÉLKÜL A VILÁG

Az Energiaklub energetikai jövőképe 2030-ra az EnergyPLAN szoftver felhasználásával

Kutatásvezető: Sáfíán Fanni

Projekt-koordinátor: Perger András

Szakmai lektorok:

Dr. Kádár Péter (Óbudai Egyetem)

Dr. Munkácsy Béla (Eötvös Loránd Tudományegyetem)

Közreműködő szakértők:

Ámon Ada (Energiaklub) – energiapolitika

Csanaky Lilla (Energiaklub) – megújuló energiaforrások

David Connolly (Aalborg University) – modellezés

Futó András (Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem) – közlekedés

Fülöp Orsolya (Energiaklub) – lakossági hőenergia

Harmat Ádám (Eötvös Loránd Tudományegyetem) – biomassa

Irmalós Zsuzsanna (Energiaklub) – erőművi hatásfokok

Vetőné Móznér Zsófia (Budapesti Corvinus Egyetem) – szektoriális energiaigények

A kutatást a Rockefeller Brothers Fund támogatta, 2014. májustól decemberig.

A tanulmány és annak háttéranyagai az Energiaklub Szakpolitikai Intézet és Módszertani Központ honlapján is megtalálhatók, onnan letölthetők: www.energiaklub.hu



ENERGIAKLUB
SZAKPOLITIKAI INTÉZET
MÓDSZERTANI KÖZPONT

ENERGIAKLUB, 2015. január

Minden jog fenntartva.

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



TARTALOM

VEZETŐI ÖSSZEFOGLALÓ.....	2
1. Előszó.....	4
2. Bevezetés – Vízióink.....	6
2.1. A fenntartható energia-gazdálkodás megvalósítása 3 lépésben.....	6
2.1.1. Az energiapazarlás megszüntetése, az igények racionalizálása.....	6
2.1.2. A hatékonyság növelése.....	7
2.1.3. Átállás a megújuló energiaforrásokra.....	7
2.2. A jelenlegi és a rugalmas energiarendszer koncepciója.....	7
2.2.1. A jelenlegi gyakorlat.....	7
2.2.2. A rugalmas energiarendszer.....	8
2.2.3. És ha nem fúj a szél...?.....	9
2.3. Széllal szemben Európában.....	9
2.4. Paks II vagy rugalmas energiarendszer? Atomenergia vagy megújulók?.....	10
2.5. Mindig van alternatíva!.....	10
2.6. Egy Paks II alternatíva.....	11
3. Jövőkép-szimuláció az EnergyPLAN szoftverrel.....	12
3.1. Az EnergyPLAN energiatervező szoftver főbb jellemzői.....	12
3.2. Mit mutathat meg nekünk ez a szoftver?.....	13
3.3. Mire nem ad választ?.....	13
3.4. A hazai alkalmazás korlátai.....	14
3.5. Validálás – a 2011-es hazai energiarendszer modellezése.....	14
3.5.1. A 2011-es modell eredményei.....	15
4. Alternatív jövőkép – Magyarország 2030-ban.....	16
4.1. Koncepció.....	16
4.2. Jövőképalkotás – források és módszerek.....	16
4.3. Jövőképünk főbb energetikai jellemzői.....	17
4.3.1. A villamosenergia-fogyasztás alakulása.....	17
4.3.2. Erőművi kapacitások.....	19
4.3.3. Villamosenergia-termelés.....	21
4.3.4. Hőellátás.....	21
4.3.5. Ipar, mezőgazdaság és szolgáltatási szektor üzemanyag-igénye.....	22
4.3.6. Közlekedési szektor.....	23
4.3.7. Igénygörbék.....	23
5. Eredmények.....	25
5.1. Összes elsődleges energiaellátás – energiamix 2011-ben és 2030-ban.....	25
5.2. Villamosenergia-termelés.....	26
5.2.1. A legnagyobb igényű téli és nyári nap áramellátása.....	27
5.2.2. A legszelesebb nap áramellátásának alakulása.....	28
5.3. Lehetne jobb is!.....	28
6. Következő lépések.....	29
6.1. A szükséges feltételek kidolgozása.....	29
6.2. Várjuk a visszajelzéseket!.....	29
6.3. És mennyibe kerül?.....	29
7. Zárószó.....	30
8. Köszönet.....	30
9. Irodalomjegyzék.....	31
10. Ábra- és táblázatjegyzék.....	34
11. Melléklet.....	35

VEZETŐI ÖSSZEFOGLALÓ

Az Energiaklub elkészítette és az EnergyPLAN energiatervező szoftverrel modellezte azt az energetikai jövőképet, amely Paks II megépítése nélkül kínál megnyugtató és számos szempontból kedvezőbb megoldást a jövőbeli energiaigények kielégítésére. Az eredmények azt mutatják, hogy 2030-ban Paks II nélkül minden hazai energiaigény ellátható lesz, a villamosenergia-termelés 27%-át pedig megújuló erőművek adhatják majd. Mindez az energiafogyasztás racionalizálásával, energiahatékonysági fejlesztésekkel, a megújuló energiaforrások prioritásként való kezelésével és centralizált helyett egy rugalmas, decentralizált energiarendszer kiépítésével érhető el.

Az Energiaklub számításai szerint a villamosenergia-igények elmaradnak majd a Paks II szükségességét megalapozó előrejelzésektől, a hiányzó kapacitások pótlására így több idő marad. Ez lehetővé teszi, hogy egy alaposan átgondolt, széleskörű szakmai és társadalmi vita után, az érvek, ellenérvek és háttérszámítások átláthatósága mellett döntsük el, hogyan nézzen ki Magyarország energetikai jövőképe. Az Energiaklub szerint Paks II megépítése ugyanis végérvényesen eldöntené, hogy hosszú távon egy atomenergia által meghatározott, centralizált, néhány nagy erőmű (és nagyvállalat) által működtetett energiarendszert, vagy a fenntarthatóság felé törekvő, döntően helyi, megújuló erőforrásokat felhasználó, decentralizált energiarendszert hozunk létre Magyarországon. Ez két külön energetikai paradigmát képvisel, melyek közül az Energiaklub jövőképe egyértelműen a megújuló termelésnek elsőbbséget adó, rugalmas energiarendszer.

Az Energiaklub kutatása ezt a koncepciót bontotta le konkrét, reálisan teljesíthető célszámokra 2030-ra. Ehhez számos szakmai szereplő anyagát vizsgálta meg és dolgozta fel: hazai és nemzetközi statisztikákat, trendeket, előrejelzéseket, kutatási anyagokat, potenciálszámításokat, háttér tanulmányokat, stratégiákat és jövőképeket. A már meglévő kutatási eredményeket a saját, illetve a közreműködő szakemberek által végzett számítások egészítették ki a komplex és részletes adatigényű modell felépítéséhez.

A jövőkép működőképességének vizsgálatához az Energiaklub a dán fejlesztésű EnergyPLAN energiatervező szoftvert használta. A program segítségével 1999 óta számos tudományos kutatást és alternatív jövőképet készítettek és vizsgáltak világszerte, többek között Nagy-Britanniában, Írországból, az USA-ban és Kínában is. A szoftver

fejlesztői által készített dán alternatívák fontos szerepet játszottak abban, hogy ma Dánia hivatalos energiastatégiája 2050-re teljes mértékben megújuló energiaforrások felhasználására alapoz.

A szoftver egy ország vagy régió teljes energiagazdaságát modellezi, tehát az összes szektor – lakosság, mezőgazdaság, ipar, szolgáltatások, közlekedés – minden típusú energiaigényét. Az EnergyPLAN az energiarendszer egy éves működését modellezi és vizsgálja órás felbontásban, amely az időjárásfüggő megújuló és a villamosenergia-igény folyamatos változása miatt döntő fontosságú szempont volt a szoftver kiválasztásánál.

A program magyarországi alkalmazhatóságát egy 2011-es hazai energiamodell létrehozásával ellenőriztük. A kapott eredmények alig mutattak eltérést a statisztikai tényadatokhoz képest.

Az Energiaklub 2030-ra szóló jövőképeinek modellezése a következő eredményeket adta:

- 2030-ban a hazai energiarendszer működőképes Paks II nélkül;
- az összes áramigény a 2012-es 40,2 TWh-ról 47,1 TWh-ra nő, a hivatalos előrejelzéseknél (50,6 TWh) lassabb ütemben;
- a megújuló energiaforrások aránya az áramtermelésből konzervatív célszámok alapján is több mint 27%;
- a villamosenergia-import minimális, 0,7 TWh (2013-ban 11,9 TWh volt);
- a hőigényekhez szükséges erőforrások mennyisége az energiahatékonysági beruházásoknak és az új, alacsony energiaigényű épületeknek köszönhetően 24%-kal csökken;
- az alternatív meghajtású személyautók (gáz, hibrid, elektromos) aránya eléri a 20%-ot, az áruforgalom 30%-a vasútra terelődik;
- az ország összes erőforrásigénye 3%-kal csökken 2011-hez képest.

Az Energiaklub jövőképe azért készült, hogy rámutasson: léteznek alternatívák Paks II mellett, melyek összevetése, széleskörű szakmai vitája máig nem történt meg. Ennek szellemében az Energiaklub köszönettel veszi a jelen anyaghoz, mint vitaalaphoz érkező visszajelzéseket, pontosításokat. Ezeket figyelembe véve készül majd el a 2030-as jövőkép gazdasági vizsgálata, lehetővé téve a Paks II költségeivel való összevetést is. Végül a 2030 utáni évtizedekre is készül majd egy modell, hogy megvizsgálja a hazai energiarendszer működését atomenergia nélkül.

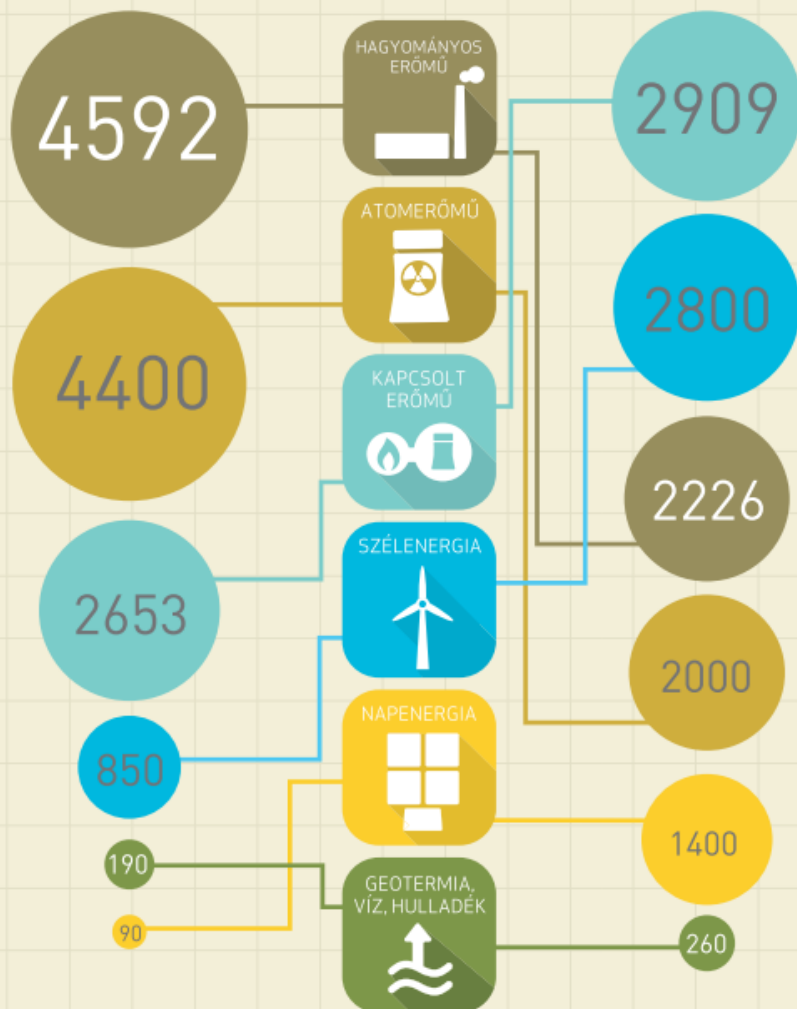
ÁRAMTERMELŐ KAPACITÁSOK 2030-BAN (MW)

HIVATALOS FORGATÓKÖNYV, PAKS II-VEL

A MAVIR előrejelzése szerint 2030-ban az áram döntő részét néhány centralizált erőmű állítja majd elő. A prioritás az atomenergiáé és a csak áramot termelő hagyományos (földgáz, szén és olaj alapú) erőművéké. A rugalmatlan kapacitások és Paks II többlettermelése mellett a megújuló források hosszú távon is csak kiegészítő szerepet kaphatnak.

AZ ENERGIACLUB JAVASLATA, PAKS II NÉLKÜL

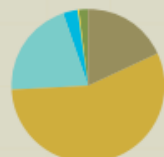
Az Energiaklub jövőképe egy fenntartható, rugalmas energiarendszer. A megújuló források így elsőbbségét kapnak az atomenergiával szemben. A kapacitások kiegyenlítettebbek, a decentralizált rendszerben megjelennek a kis, helyi, biomasszán alapuló kapcsolt erőművek. Paks II nélkül is csak 1,5%-nyi áramimport szükséges.



ÁRAMTERMELÉS, 2030 (TWh)

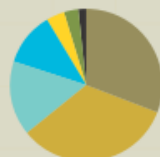
Az egyes erőműcsoportok áramtermelése nem arányos a kapacitásokkal (például egy atomerőmű sokkal több áramot termel egy év alatt, mint megegyező kapacitású megújuló erőművek), ezért a termelési mennyiségek megoszlását külön is szemléltetjük.

HIVATALOS FORGATÓKÖNYV



Összesen: 56,03 TWh

ALTERNATÍV FORGATÓKÖNYV



Összesen: 47,11 TWh

- Hagyományos erőmű
- Atomerőmű
- Kapcsolt erőmű
- Szélerőenergia
- Napenergia
- Geotermia, víz, hulladék
- Import áram

1. ELŐSZÓ

A Paksi Paktum első évfordulójára

2014 januárjában a moszkvai paktum aláírásával a magyar kormány önkényesen, szakmai és társadalmi egyeztetés nélkül döntött arról, hogy Magyarország jövőbeli energiagazdálkodásának alapja egy új paksi atomerőmű lesz. A nagy horderejű döntés meglepetésszerű és legtöbb elemében máig titkos lebonyolítása megdöbbentette a közvéleményt. Azóta egy év telt el, és szinte semmivel nem tudtunk meg többet, inkább a kérdések szaporodtak. A Paks II melletti kormányzati érvek továbbra is nehezen állják meg a helyüket.

- „Paks II-nek nincs alternatívája” – miközben nem láttunk semmilyen összevetést más energiaellátási forgatókönyvekkel;

- „ez a lehető legjobb pénzügyi megoldás, legolcsóbb jövőbeli áram” – tender és háttérszámítások nélkül kellene mindezt elhinnünk;

- „a növekvő áramigények és a kieső kapacitások fenntartása miatt nélkülözhetetlen” – miközben 2010 óta a villamosenergia-felhasználás és a csúcsterhelés is csökken, valamint az erőművi kapacitások egy jó része is paragon hever.

Ismereteink és számításaink szerint azonban a villamosenergia-igények elmaradnak majd a Paks II szükségességét megalapozó előrejelzésektől, a hiányzó kapacitások pótlására így több idő marad. Ezért kijelenthetjük, hogy – az elmúlt egy évben átláthatatlanul meghozott döntéseken és megkötött szerződéseken túl – semmi, a hazai energetika szempontjából mutatkozó sürgető körülmény nem mutatkozik e projekt kapkodva történő megindítására. Lehetőségünkben áll tehát egy alaposan átgondolt, széleskörű szakmai és társadalmi vita lefolytatására. Az érvek, ellenérvek és háttérszámítások átláthatósága mellett és ütköztetése után dönthetjük el, hogy nézzen ki Magyarország energetikai jövőképe, és ehhez rendelhetjük majd a szükséges kormányzati intézkedéseket.

Ehhez a szakmai vitához szeretnénk hozzájárulni a jelen kiadványban bemutatott modellel, amit az elmúlt év során készítettünk el és 2015 során fejlesztjük tovább. Ez egy olyan modell, ami egy lehetséges és reálisan, nagy biztonsággal megvalósítható fejlesztési iránnyal számol 2030-ra vonatkozóan, amiben a paksi újabb erőmű már nem szerepel.

Miért 2030?

Ahogy az EU legújabb energia- és klímapolitikájának célszámai is erre az időpontra vonatkoznak, úgy hazánk hatályos energiastratégiája is a 2030-ig szól. A többi hivatalos, ám ennél frissebb dokumentum (pl. a MAVIR kapacitásfejlesztési terve) is ezzel a dátummal operál. Továbbá azért is fontos ez a dátum, mert 2030-ban ugyan nagy valószínűséggel még termelne mind a négy régi paksi blokk, a tervek szerint ekkorra már működésbe lépő két új blokk modellünkben már nem szerepel. Ahogy az is egy fontos körülmény, hogy addig még van 15 évünk. 15 év pedig az energetika számára is belátható, a változások beindításához elegendő időtáv.

Paradigmák

Fontos látni, hogy itt nem csupán egy erőmű sorsáról van szó. Ha vitáznánk – de sajnos erre a kormányzat nem hajlandó – akkor két szemlélet; a centralizált, fosszilis- és atomerőművi termelésnek elsőbbséget adó energiapolitika és a decentralizált, helyi erőforrásokat felhasználó, kisléptékű beruházásokat felkaroló paradigmák ütköznek meg egymással. Előbbi, az 50-es évektől, a tervutasításos korszakból ismert logika mentén néhány nagy és több menetrendtartó erőmű segítségével, és ezek koordinálásával gondolja kielégíteni az ország energiaigényét. A decentralizált látásmód ezzel ellentétben a nagyobb erőművek fokozatos leépítése mellett, a sok kis erőmű összehangolását látja a jövőben legjobb megoldásnak. Nyilvánvaló, hogy az általunk preferált decentralizált energiarendszer eléréséhez több évtizedre lesz szükség, és az átmeneti időszakban a nagy erőművek és a kisebb megújuló kapacitások együtt fognak üzemelni. Azt azonban mindenkinek látni kell, hogy a centralizált energiarendszer limitálja a megújuló arányát és hosszabb távon ezek együttes alkalmazása nemzetgazdasági szinten is költségesebb megoldást jelentene.

Most van tehát itt az idő arra, hogy közösen eldöntsük, milyen jövőkép szerint akarjuk továbbfejleszteni energetikai rendszerünket. Egy atomenergia által meghatározott, centralizált, néhány nagy erőmű (és nagyvállalat) által működtetett energiarendszert; vagy egy, a fenntarthatóság felé törekvő, helyi erőforrásokat felhasználó, decentralizált energiarendszert akarunk létrehozni, ahol a hazai megújuló energiaforrások dominálnak. Meglátásunk szerint ez utóbbi irány képviseli azt az energetikai

jövőképet – és az Európai Unió is ezt tette magáévá –, amely sok lábon álló technológiai megoldásaival, erőforrásaival és számos különböző méretű termelőegységgel képes lesz rugalmasan alkalmazkodni a jövőbeli technológiai és gazdasági kihívásokhoz.

Nem titkoljuk, hogy ennek létrehozása, kialakítása nagy odafigyelést igényel, feltételez egy sokkal rugalmasabb rendszerirányítást, valamint költséges lesz. Ugyanakkor növeli a hazai ellátásbiztonságot, csökkenti függőségünket az orosz energiainporttól, helyi munkahelyek tízezreit teremti meg, növeli az ország jövedelem megtartó képességét, hozzájárul a hazai innováció fejlődéséhez, továbbá megkímélve a közpénzeket, átláthatóan, piaci alapon finanszírozható, és nem mellékesen egy környezeti szempontból is lényegesen fenntarthatóbb, jobb teljesítményt eredményező rendszert hozunk létre így.

Egy izgalmas diskurzusra hívom tehát Önt. Kérem, olvassa el tanulmányunkat, és gondolkozzunk együtt tovább egy olyan ágazatról, vagy ha jobban tetszik, a paksi projektről, amely Magyarország sorsát jelentősen meghatározza.

Ámon Ada
igazgató
Energiaklub Szakpolitikai Intézet
és Módszertani Központ

2. BEVEZETÉS – VÍZIÓNK

Az energiaipart meghatározó energiapolitika sokkal többről szól, mint az energia termeléséről és fogyasztásáról. Ha komolyan végiggondoljuk, egy ország energiagazdálkodása jól tükrözi az emberekhez, a természethez és a gazdasághoz fűződő viszonyát. Néhány nagyvállalaté a nyereség vagy sok kis vállalkozásé? A bányákat vagy a tartamos erdőgazdálkodást bővítjük? A rezsi csökkentjük vagy a hatékonyságot növeljük?

Az utóbbi évek energiastratégiái nem álmodtak nagyot, még ha a távoli jövőről is volt szó – inkább ragaszkodtak a meglévő, kissé idejétmúlt, de bevált megoldásokhoz és rendszerekhez. Lépünk egy pillanatra hátrébb a minket körülvevő problémáktól, vélt vagy valós korlátoktól, és koncentrálnak a megoldásokra – milyen energetikai jövőképet képzelnénk el magunknak? Milyen lenne Magyarország energiagazdálkodása ideális esetben, gyermekeink, unokáink idejében? Milyen irányba szeretnénk elindulni?

Hogyan képzeljük el Magyarországot energiagazdaságát valamikor a távoli jövőben?

- **Legyen jó az embereknek** – biztosítson megfelelő mennyiségű és minőségű energiát, megbízható ellátással. Biztosítsa az önrendelkezést és az energiademokráciát, azaz tegye lehetővé, hogy mindenki beleszólhasson, hogyan állítják elő az általa felhasznált energiát. Emellett hozzon létre és tartson fenn méltányos munkahelyeket a városokban és vidéken egyaránt.
- **Legyen jó a környezetnek** – használjon szelíd, megújuló energiaforrásokat és technológiákat, melyek átgondolt használatával nem fogynak el, és amelyekkel minimalizálhatjuk a káros környezeti hatásokat. Ne alkalmazzon túlságosan nagy kockázatokkal járó, vagy kezelhetetlen hulladékokat eredményező módszereket. Biztosítsa a teljes élethez szükséges egészséges környezetet – tiszta földeket, vizet és levegőt – és hosszú távon a klíma védelmét is.
- **Legyen jó a gazdaságnak** – adjon lehetőséget arra, hogy kisvállalkozások, termelői gazdaságok segíthessenek lakókörnyezetük energiaellátásában,

felvirágoztatva a helyi gazdaságokat. Tegye lehetővé, hogy akár helyi energiaszövetkezetek formájában a lakosok is részt vehessenek akár szélturbina-beruházásokban és így gazdaságilag is érdekeltté váljanak a megújuló megoldások elterjedésében. Mindenki elérhető áron férhessen hozzá a számára szükséges energiához, sőt energiatermelőként akár extra bevételhez is juthasson.

Ma Magyarország még nagyon messze áll ettől az ideális állapottól: a felhasznált energiaforrásaink döntő többsége nem megújuló, ráadásul az erőműveink által felhasznált energiaforrások majdnem 70%-át külföldről importáljuk. A földgáz, amiből a legtöbbet fogyasztunk egy évben, több mint 70%-ban egyetlen országból, Oroszországból származik¹. Az energiagazdaságunk legbefolyásosabb szereplői hazai és külföldi nagyvállalatok, melyek arányaiban kevés munkahelyet biztosítanak, átláthatóságuk korlátozott, a fosszilis energiaforrások iránti elkötelezettségük pedig erős.

Erőműveinkben és háztartásainkban is rengeteg energiát pazarolunk el, pedig kevesebb erőforrással magasabb életszínvonalat is teremthetnénk – Európa vezető országai is ebbe az irányba mozdulnak el. Nézzük meg, mi az a három elméleti lépés, amellyel ez az előre menekülés – és a korábban felvázolt ideális jövőkép – megvalósítható lenne.

2.1. A fenntartható energiagazdálkodás megvalósítása 3 lépésben

Egy ország energiarendszerének fenntartható alapokra helyezése hosszú folyamat, ezért érdemes mielőbb elkezdni – mint ahogy többek között Dánia és Németország is tette.

2.1.1. Az energiapazarlás megszüntetése, az igények racionalizálása

Dániában 1972 óta stagnál, Németországban pedig 1990 óta enyhén csökken az összes energiafelhasználás, miközben a GDP és az életszínvonal folyamatosan nő. Az energiafogyasztásunk csökkentése nem lemondást jelent, hanem inkább egy kis odafigyelést – hogyan fűtünk, mikor szellőztetünk, karbantartjuk-e a kazánunkat. Egy kis elgondolkodást arról, hogy mi tesz minket boldoggá –nem a nagyobb kocsit, új telefon vagy morzsa-porszívó. És persze szigorúbb szabályozások kiharcolását például arról, hogy éjszaka ne lehessen az üzleteket nappali fényárban fürdetni. Nem a

¹ Eurostat 2014

kőkorszakba kell tehát visszamennünk, csak egy kis odafigyeléssel racionalizálnunk az energiafogyasztásunkat – a megtakarítások pedig meg nem épített erőművekben, azaz milliárd forintokban lesznek majd mérhetőek.

2.1.2. A hatékonyság növelése

Ha már csökkentettük az igényelt villamos- vagy hőenergia mennyiségét, tovább csökkenthetjük az ehhez szükséges energiaforrásokat, ha hatékonyabb erőműveket építünk, leszigeteljük a házunkat, energiahatékony berendezéseket használunk stb. Különböző kutatások alapján az első két lépéssel a szükséges összes energiahordozó mennyisége – csak a már rendelkezésre álló technológiák használatával – 35-40 év alatt kevesebb, mint harmadára², sőt, akár tizedére is csökkenthető³.

2.1.3. Átállás a megújuló energiaforrásokra

Ezt a lecsökkentett energiaigényt már lehetséges döntő részben megújuló energiaforrásokból fedezni. Magyarország esetében különböző kutatások bizonyítják, hogy ehhez éves átlagban rendelkezésre áll megfelelő mennyiségű megújuló energiaforrás⁴. Egy közel 100%-ban megújuló energiaforrásokra alapozott energiarendszer pedig, úgy tűnik, nem utópia: Németország 2050-ig 60%-ban⁵, Dánia pedig 100%-ban megújuló alapú energiarendszerre fog átállni a hivatalos energiastratégiájuk szerint⁶.

Ezek a számok szinte hihetetlennek tűnnek Magyarországról nézve, ahol a megújuló energiaforrások felhasználásának aránya jelenleg a 10%-ot sem éri el⁷; ahol 2010 után két évig csökkent, és azóta sem éri el ugyanazt a szintet a megújuló alapú villamosenergia-termelés aránya⁸; és ahol 2011 óta nem lehet szélerőművet építeni, mert a villamosenergia-rendszer irányítója szerint 1% körüli szélenergia-részarány már veszélyeztetné a rendszer biztonságos működését⁹.

Miért gondolják ezek a fejlett országok, hogy a legjobb döntés időszakosan termelő, megújuló energiaforrásokra alapozni jövőbeli működésüket? Mi lesz, ha nem fúj a szél és nem süt a nap?

Hogyan működhet egy ilyen rendszer?

2.2. A jelenlegi és a rugalmas energiarendszer koncepciója

Az időszakosan áramot termelő megújuló energiaforrások villamosenergia-rendszerbe integrálása – azaz minél teljesebb kihasználása – mindenképpen kihívás, ami a rendszerirányítótól a jelenlegihez képest merőben új, talán bonyolultabb, ám nem lehetetlen feladatot vár el.

Fontos leszögezni: a nemzetközi tapasztalatok azt mutatják, hogy a megújulók minél nagyobb arányú – elméletileg akár 100%-os – hasznosításához már minden szükséges technológia rendelkezésre áll, sőt folyamatosan fejlődik, bővül és egyre olcsóbb lesz. A megoldás azonban nem csak a technológiákon, hanem azok használatának mikéntjén is múlik – a termelők, a fogyasztók és az őket összehangoló rendszerirányító együttműködésén és ennek céljain, szabályain.

2.2.1. A jelenlegi gyakorlat

Nézzük meg nagy vonalakban, hogy hogyan zajlik most ez az együttműködés a magyar villamosenergia-rendszer esetében (1. ábra).

Ez a rendszer elsősorban a minden nap minden percében és másodpercében változó (lakossági, ipari stb.) villamosenergia-igények kielégítését tartja szem előtt. Ez az a fontos változó, aminek alapján az erőművek használatát a rendszerirányító megtervezi. Fő célja, hogy a rendelkezésre álló, főleg gázturbinás és szén-erőművek fel- és leszabályozásával ezt a fogyasztói igénygörbét pontosan lekövesse, elsősorban a lehető legolcsóbban termelő erőművek segítségével.

(Érdekesség, hogy a dráguló gázárak miatt az egyik legolcsóbb forrásnak ma már a külföldi erőművek számítanak, így az utóbbi években a villamosenergia-importunk rendkívül magasra, az összes áramfelhasználás 28%-ra nőtt¹⁰, miközben számos, akár új építésű hazai erőműnek szinte egész évben szüneteltetnie kell a termelését).

² Munkácsy Béla, Sáfián Fanni 2011

³ Factor 10 Institute

⁴ Ámon Ada et al. 2006, Sven Teske et al. 2007; Sven Teske et al. 2011; Munkácsy Béla, Sáfián Fanni 2011

⁵ Die Bundesregierung 2010

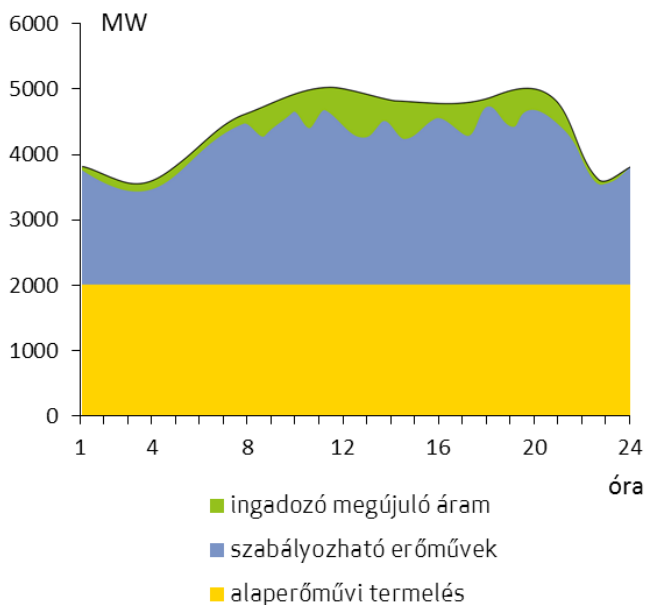
⁶ Dán Klíma- Energia- és Építésügyi Minisztérium 2011

⁷ Eurostat 2014

⁸ MEKH, MAVIR 2014

⁹ MEH 2009

¹⁰ MEKH, MAVIR 2014



1. ábra: egy átlagos nap energiaigényének ellátása a jelenlegi villamosenergia-rendszerben. Készült a Greenpeace (Jan Van De Putte, Rebecca Short 2011) ábrájának felhasználásával.

Egy ilyen, általában centralizált (néhány nagy erőmű által dominált) hálózatú rendszer

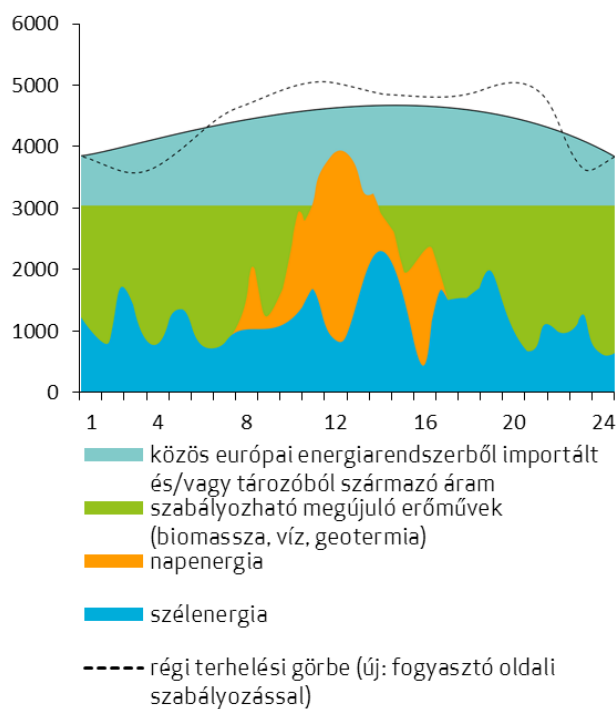
- néhány, szinte egész évben termelő alaperőműből (Paksi Atomerőmű, Mátrai Erőmű);
- úgynevezett menetrendtartó (általában földgázzal működő) erőművekből;
- és csak a legnagyobb igények esetén bekapcsoló csúcserőművekből (pl. Litéri Erőmű) áll.

A működés logikájából jól érezhető, hogy ebben a jól megtervezett rendszerben a nap- és szélenergia – amelyek termelése nem tetszőlegesen szabályozható – által előállított áram gyakorlatilag zavaró tényező. Ez nemhogy megnehezíti a rendszerirányító feladatát, de bizonyos helyzetekben (például hirtelen túlermelés esetében) akár a rendszer stabilitását is veszélyeztetheti. Éppen emiatt egy ilyen, hagyományosan működő, centralizált energiarendszerben – főleg, ha abban jelentős kapacitással atomerőművi termelés is jelen van – az időjárásfüggő megújulók (nap, szél) aránya még hosszú távon sem haladhatja meg a 25%-ot¹¹.

2.2.2. A rugalmas energiarendszer

A rugalmas energiarendszer a fentiekől mind fizikai felépítésében, mind az alkalmazott technológiákban, mind koncepciójában alapvetően különbözik.

Egy ilyen energiarendszer decentralizált felépítésű, azaz számos kis kapacitású, lehetőleg minél többféle erőforrást felhasználó és technológiát felvonultató erőműből áll. Ezek részben fosszilis (pl. szén, földgáz), részben megújuló (pl. biomassza, geotermia) alapú, kapcsolt, azaz áramot és hőt is termelő erőművek, melyekhez hőtározó, hőszivattyú, vagy akár szintetikus gáztermelés is tartozik. A kapacitások egyre növekvő, lehetőleg döntő hányadát azonban a megújuló erőművek teszik ki: különböző típusú naperőművek, szél-turbinák, kisebb vízerőművek, geotermikus erőművek stb. Mellettük különböző tározási (pl. sűrített levegős, szivattyús víztározó, ipari méretű hőtározók) illetve átalakítási technológiák (pl. hidrogént termelő vízbontók, ipari bojlerok) is részt vesznek, melyek közül az utóbbiaknak lesz nagyobb a szerepe a megújuló áram felhasználásának elősegítésében¹².



2. ábra: egy átlagos nap energiaigényének ellátása egy rugalmas energiarendszerben. Készült a Greenpeace (Jan Van De Putte, Rebecca Short 2011) ábrájának felhasználásával.

A rugalmas energiarendszer működtetésének alapvető célja, hogy minél nagyobb arányban felhasználja a megújuló energiaforrások által – akár rendszertelenül és szabályozhatatlanul – termelt energiát, miközben minimalizálja a fosszilis energiaforrások felhasználását (2. ábra). Itt tehát nem egy folyamatosan termelő alaperőmű adja a termelés alapját, hanem a különböző megújuló termelők, melyekhez képest minden másnak – az

¹¹ Jan Van De Putte, Rebecca Short 2011

¹² Henrik Lund 2010

összes többi termelőnek, sőt, részben a fogyasztásnak is – rugalmasan alkalmazkodnia kell. Ha fúj a szél, itt nem a szélenergia-termelés a „felesleg”, hanem a többi fosszilis erőműé, amely többnyire drága, környezetszennyező, import energiaforrásokat használ fel – ezen érdemes tehát spórolni, nem a megújulókon.

Végső soron a rendszerirányító feladata természetesen itt is annak koordinálása, hogy a termelés és az igények megegyezzenek. Itt azonban lehetősége van az igénygörbe befolyásolására. Különböző eszközök – okos rendszerekkel, időszakosan változó áramtarifákkal, áramkínálattól függő „okos” elektromos autótöltőkkel stb., tehát végső soron aktív fogyasztó oldali szabályozással (DSM) is segíthetnek a fogyasztás-termelés egyensúlyának kialakításában.

A nagy arányban megújuló energiaforrásokat hasznosító rendszereknél a már meglévő dán tapasztalatok és modellezések alapján már nem a megfelelő mennyiségű villamosenergia-termelés lesz a fő kihívás, mint ahogyan most gondoljuk. Sokkal inkább abban kell majd a rendszerirányítónak és a többi szereplőnek hatékonyan együttműködni, hogy azokban az időszakokban, amikor jelentős (akár veszélyes mértékű) többlettermelés adódik, ezt úgy kezeljék, hogy minél többféle technológiával, minél hatékonyabban át tudják alakítani, vagy el tudják raktározni a későbbi felhasználhatóság érdekében. Emellett a fogyasztás időbeli befolyásolása is fontos eszköz, ez azonban már nem csak a rendszerirányító lehetősége vagy feladata, de az okos rendszereké (pl. többlettermelés esetén bekapcsoló elektromosautó-töltők vagy légkondicionálók) is.

Nézzünk meg, hogyan is nézne ki ez a gyakorlatban? Tegyük fel, hogy egy téli napon hirtelen elkezd fújni a szél, és hirtelen nagy mennyiségű villamosenergia-termelésre kell számítani. A rendszerirányító ebben az esetben megteheti, hogy egyes (pl. szemet használó) kapcsolt erőműveket leszabályoz – csökkenti, vagy akár le is állítja a termelését. A kapcsolt erőművek leszabályozásának lehetősége egy fontos eleme a rugalmas energiarendszereknek. Ilyenkor viszont a hőtermelés is abbamarad – azonban ezek az erőművek általában hőtárolókkal is rendelkeznek, így a távhő szolgáltatása ezekből folytatódik. Ha még mindig túl sok a villamosenergia-felesleg, további kapcsolt erőművek is leállhatnak, ahol esetleg hőszivattyúk folytatják a hőszolgáltatást, még jobban csökkentve a villamosenergia-túlermelést. Ha még így is

maradna, intelligens elektromosautó-töltők is segíthetnek a hirtelen jött nagy mennyiségű villamos energia hatékony felhasználásában.

2.2.3. És ha nem fúj a szél...?

Honnan tudhatjuk biztosan, hogy működik-e egy ilyen energiarendszer?

Ma már számos olyan szoftver létezik, amellyel egy ország akár teljes jövőbeli energiarendszerét modellezhetjük különböző technológiai, gazdasági vagy akár időjárási körülmények között. Az alapos és minél többféle területre kiterjedő tervezés tehát rendkívül fontos egy ilyen rendszer esetében – de persze egy új atomerőmű esetében is.

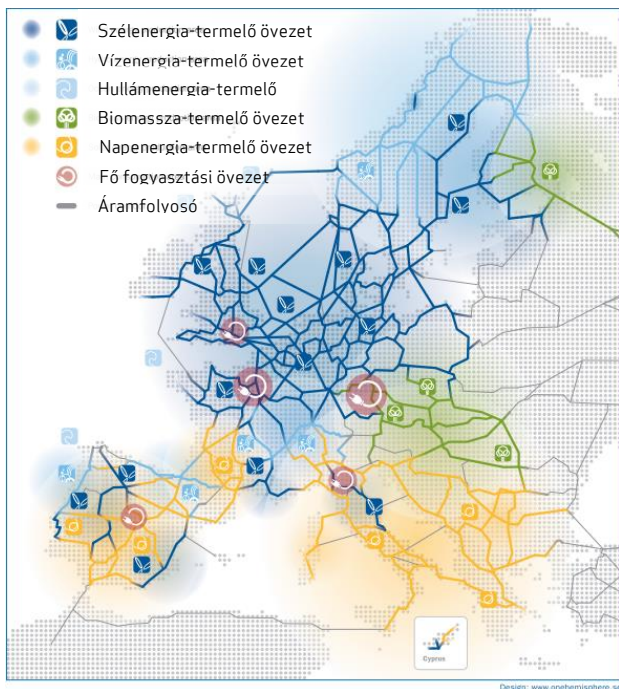
Az általunk készített és a jelen kiadványban bemutatott alternatíva azért is különleges, mert nem csak egy jövőképet készítettünk, de egy dán energiarendszer-elemző szoftver (EnergyPLAN) segítségével óras felbontású éves modellel vizsgáltuk, hogyan működne egy ilyen rendszer Magyarországon. A szimuláció szerint pedig sokkal hatékonyabban – kevesebb erőforrás felhasználásával –, mint a mai.

2.3. Széllel szemben Európában

Az Európai Unió dekarbonizációs és energetikai jövőképe egyértelműen a rugalmas energiarendszerek és a megújuló energiaforrások fejlesztése mellett foglal állást. A regionális megújuló adottságok kihasználása, a fogyasztó oldali szabályozás, a nagyfeszültségű nemzetközi hálózatok, energiatárolók fejlesztése egy összeurópai okos szuperhálózatot alkot majd. Itt a szezonális, napi és az időjárásfüggő megújuló alapú áramfelesleg- és hiány a nagy földrajzi távolságoknak és a megújuló források diverzitásának köszönhetően folyamatosan kiegyenlíthető, biztos hátteret adva az országos energiarendszereknek. Magyarországnak is fontos szerepe lenne ebben a rendszerben: elsősorban a biomassza, napenergia és geotermikus adottságainkkal tudunk majd részt venni a tervezett európai munkamegosztásban (3. ábra).

Egy ilyen rendszerben, ahol a cél a megújuló energiaforrások minél teljesebb fokú integrálása, ezeknek a mikro-, regionális és európai szintű hálózatokon is elsőbbséget kell kapniuk a többi termelővel szemben. Ha egy régióban viszont több atomerőmű is működik, akkor az problémás lehet a rendszerrel való együttműködés szempontjából, ami negatívan hathat ki a teljes hálózatra¹³.

¹³ Jan Van De Putte, Rebecca Short 2011



3. ábra: európai megújuló alapú szuperhálózat 2050-ben. Forrás: EWEA 2011.

Az Európai Unió prioritásai – és így elvárásai – az energiatakarékosság, a hatékonyság növelése, a források diverzifikálása, és rugalmas energiarendszer kiépítése mind a termelők, mind a fogyasztók oldalát tekintve. Mindezeknek köszönhetően radikálisan csökken a széndioxid-kibocsátás, a fosszilis és az import erőforrásigény, valamint visszaesik a jövőbeli európai energiarendszer működtetésének összköltsége is¹⁴. Ha Paks II megépül, Magyarország a fenti elképzelésekhez csak évtizedes késéssel fog tudni felzárkózni és előnyeiből részesedni.

2.4. Paks II vagy rugalmas energiarendszer? Atomenergia vagy megújulók?

A fent bemutatott jellemzők és a nemzetközi villamosenergia-rendszer szimulációk alapján egyértelműnek tűnik: egy több ezer megawatt kapacitású, zsinórtermelő atomerőmű és a rugalmas energiarendszer koncepciója együtt nem valósulhat meg. Ha mindkettőt választjuk, akkor az atomerőmű beruházási költségeinek megtérülését csak nagyon magas áramár biztosíthatja a szabályozások miatt kieső termelés következtében. A megújuló kapacitások nagysága és kihasználtsága továbbra is csak korlátozott lehetne (ezzel szembesülünk napjainkban is), és szükség lenne háttérorőművekre is. Két szabályozhatatlan technológia: a hatalmas építkezési és biztonsági

költségeket kitermelni kényszerülő atomerőmű és a nagyrészt időjárásfüggő megújulók két teljesen különböző energiagazdálkodási világnézet, technológia, hálózat és szemlélet képviselői, melyeket egy rendszerben párhuzamosan működtetni nem hatékony és nem is érdemes. Választanunk kell a centralizált energiarendszert igénylő nagy atomerőmű vagy a rugalmas energiarendszerben hatékonyan működő megújuló alapú fejlesztési irány között.

A döntésre azért most van szükség, mert Paks II működésbe lépéséhez a hazai villamosenergia-rendszeren további, annak centralizált felépítését megerősítő átalakítások lennének szükségesek, így elindulnánk egy olyan irányba, ahonnan a decentralizált energiarendszer kiépítése egyre messzebb kerül.

Paks II megvalósulása esetén sok milliárd forintot fogunk elkölteni nem csak az építkezésre, de a tervezésre és a kiegészítő beruházásokra is. A megújulókra és az azokat kiegészítő technológiákra, fejlesztésekre valószínűleg még a mainál is kevesebb forrás jut majd.

A két paksi atomerőmű együttes működése jelentős többletkapacitást jelent majd a meglévő erőművek mellett. Völgyidőszakban a rendszer így akár több atomerőművi blokk termelésének megfelelő áramfelesleget állíthat majd elő. A hazai erőművek jelentős része ennek következtében hosszú időszakokra leállni kényszerülhet. Ilyen helyzetben várhatóan nem csak pénz, de vállalkozói kedv sem lesz megújuló, vagy bármilyen új erőművet építeni Magyarországon.

2.5. Mindig van alternatíva!

„Paks II-nek nincs alternatívája” – hallhattuk már annyiszor az erőműről szóló viták kapcsán.

Alternatívák nélkül nincsenek valódi döntések sem. Hiszen mi most Paks II alternatívája? Azt hihetjük, hogy vagy Paks II valósul meg, vagy nem lesz áram; vagy Paks II valósul meg, vagy a drága megújulókat fogjuk fizetni; tehát „vagy ez az erőmű, vagy semmi!” Ez egy tipikus „hamis döntési” helyzet, amellyel a társadalomnak ma szembe kell néznie, és látszólag el kell fogadnia.

Alternatívák azonban mindig vannak, amelyeket számos szempont alapján össze lehet hasonlítani, rangsorolni, és ezek alapján kiválasztani a számunkra megfelelőt. Ilyen Paks II alternatívákat

¹⁴ Christian Hewicker, Michael Hogan, Arne Mogren 2011

még nem láttunk, és azt sem tudjuk, ha vannak, miért, milyen szempontok alapján vetették el őket.

Fontos látni azonban, hogy a megújuló energiaforrások térnyerése és a társadalom nagymértékű átállása az új technológiákra komoly átalakulási folyamat, melynek lesznek nyertesei és vesztesei is.

A nemzetközi kutatások azt mutatják, hosszú távon egy ilyen átállás nyertese lehetne

- a társadalom – több új munkahely, energiademokrácia, helyi önrendelkezés megerősödése, vidék lakosságmegetartó-képességének növekedése stb.,
- a környezet – jobb levegőminőség, kisebb széndioxid-kibocsátás, kevesebb bánya stb., és
- a gazdaság is – új kisvállalkozások, munkahelyek, helyi gazdaságok megerősödése, innováció fokozódása stb.

Vesztesek lehetnek a meglévő energetikai nagyvállalatok, erőmű-tulajdonosok, a fosszilis iparban érdekelt, illetve az ezeket kiegészítő intézmények, melyek gyökeres átalakuláson mennének keresztül, vagy megszűnének és új szemléletű utódaik lépnének helyükbe.

Érthető tehát, hogy a jelenlegi, centralizált, fosszilis alapú energiarendszer érdekeltjei – vállalatok, erőmű-tulajdonosok, az őket koordináló intézmények, szervezetek, hatóságok, sőt akár egyetemi tanszékek – a jelenlegi helyzetet szeretnék minél tovább fenntartani. Ezért abban érdekelt, hogy alternatívák fel se merülhessenek, illetve ha fel is merülnek, azokat elbagatellizálják, hogy ne lehessen őket komolyan venni („nem fúj a szél, nem süt a nap...”). Ez az ő szempontjukból nézve egy természetes védekező folyamat. A lényeg azonban, hogy mi észrevegyük: eljárt felettük az idő. Energiagazdálkodásunknak gyökeresen meg kell változnia, és ennek a lehetősége most jött el, amikor a régi erőműveink fokozatosan leállnak majd a következő évtizedekben.

Azt az alternatívát, amely a társadalomnak valóban hasznos, amelyik számára magas életszínvonalat, kiteljesedést és egészséges környezetet biztosít, a jelenlegi rendszerben érdekelt szereplők nem fogják számunkra felkínálni, így azt a társadalomnak kell kivívnia.

Dániában is így sikerült – a 2050-ig 100% megújuló alapú, rugalmas energiarendszer kialakítását célul kitűző hivatalos energiastratégiához igen hosszú út vezetett el. Ám az alternatívák folyamatos felmutatása, hivatalos tervekkel való összevetése és támogatása elvezetett az első tervezett atomerőműtől a kormányzat ígéretének ellenére megépített szénerőműveken keresztül a széleenergia-szövetkezetek országának kialakulásáig.

2.6. Egy Paks II alternatíva

Az Energiaklub célja, hogy megjelenjenek és hangot kapjanak az első Paks II alternatívák. Hogy meginduljon a szakmai párbeszéd, hogy feltehesük kérdéseinket, hogy egy minél szélesebb társadalmi párbeszéd alakuljon ki arról, milyen jövőképet szeretnénk, és az elképzeléseinkből mi és hogyan valósítható meg.

Paks II kapcsán már sok döntés megszületett, az idő szorít minket. Azonban az erőmű még nem épül, és azt is láthatjuk, hogy a terveket messzemenőkig titkolják, azok és az erőmű melletti indokok is sok szempontból gyenge lábakon állnak. Itt az ideje felmutatni az alternatívákat, összemérni a hivatalos forgatókönyvekkel, és elindítani azt a vitát, aminek már régen meg kellett volna kezdődnie.

A szűk határidő és korlátozott erőforrásaink miatt célunk nem egy végletekig kidolgozott, megvalósításra kész alternatív jövőkép volt. Sokkal inkább az, hogy megmutassuk: léteznek működőképes alternatívák, sőt, bizonyos szempontok szerint még jobbak is, mint Paks II – vitassuk meg, beszéljünk róla, hasonlítsuk össze!

3. JÖVŐKÉP-SZIMULÁCIÓ AZ ENERGYPLAN SZOFTVERREL

Mielőtt ismertetnénk az Energiaklub alternatív jövőképét, először a szimulációhoz használt szoftvert mutatjuk be. A szoftver felépítése, adottságai és megbízhatósága ugyanis nagyban meghatározzák a vizsgálat kereteit, részletességét, illetve különböző hibalehetőségeket is hordoznak magukban.

3.1. Az EnergyPLAN energiatervező szoftver főbb jellemzői¹⁵

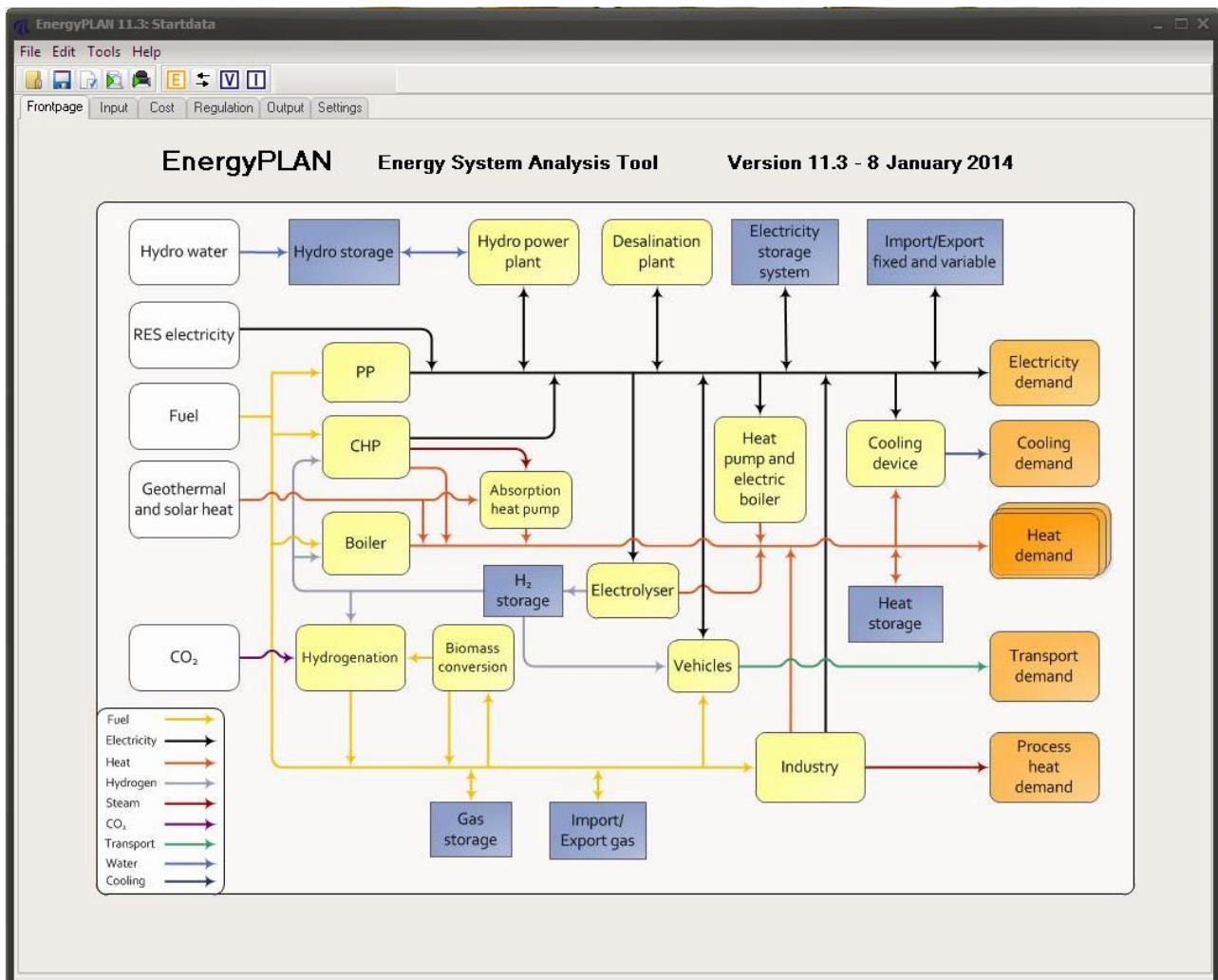
Az EnergyPLAN első verzióját 1999-ben Henrik Lund dolgozta ki, és fejlesztte azóta is a dán Aalborgi Egyetem Fejlődés és Tervezés Tanszékén működő Fenntartható Energia-tervezés kutatócsoportjának segítségével. Jelen munkában a 2014-ben elérhető legfrissebb, 11.3-as verziót használtuk¹⁶.

A program segítségével már sok száz energiatervezési és optimalizációs tudományos publikáció készült. A szoftver világszerte elterjedt modellezési eszköz, mellyel alternatív, illetve 100% megújuló alapú energetikai jövőképeket készítettek már Dánia mellett többek között Észtországban, Németországban, Lengyelországban, Spanyolországban, Horvátországban, Írországban, az Egyesült Királyságban és Hong Kongban is.

Legfontosabb alkalmazásai között kiemelhető még az EU-27 államainak 2050-ig szóló, 100% megújuló alapú, okos rendszereit vizsgáló tanulmány¹⁷, illetve a Dán Mérnökök Társaságának szintén 100%-ban megújuló jövőképe¹⁸.

Az angol nyelvű program legfontosabb jellemzői, amik miatt használata mellett döntöttünk:

- országos vagy regionális szintű energiarendszerek modellezésére fejlesztették ki;



4. ábra: az EnergyPLAN 11.3 verziójának nyitóoldala. Forrás: www.energyplan.eu.

¹⁵ Sáfíán Fanni 2012 átdolgozásával

¹⁶ A szoftver ingyenesen letölthető az energyplan.eu weboldalról.

¹⁷ David Connolly et. al é.n.

¹⁸ Henrik Lund (szerk.) 2011

- egy év részletes elemzését teszi lehetővé, órás időbeli felbontásban;
- az energiagazdaság minden szektorát (lakosság, ipar, mezőgazdaság, szolgáltatások, közlekedés) tartalmazza;
- a szakaszosan működő megújuló energiaforrások rendszerbe integrálásának optimalizálására fókuszál, lehetővé téve az akár 100%-ban megújuló alapú rendszerek szimulációját;
- a program a jelenleg használt hagyományos technológiák mellett olyan technológiák széles körű használatát is képes modellezni, mint pl. az elektromos autók, szintetikus gáztermelés vagy a sűrített levegős energiatárolás (CAES);
- különböző szabályozási stratégiákat kiválasztva teszi lehetővé az energia-rendszer technológiai vagy piaci alapú vizsgálatát és optimalizációját;
- képes figyelembe venni az egyes technológiák fix és változó költségét, a beruházások költségeit, meghatározhatók adók, támogatások stb.

A program működése determinisztikus, azaz adott bemeneti adatok esetén az eredmény mindig megegyező lesz. A fő bemeneti adatok az éves energiaigények nagysága és időbeli alakulása, a rendelkezésre álló megújuló energiaforrások kapacitása és termelésének időbeli megoszlása, az egyes erőművek (csoportonkénti) kapacitásai, határfokuk és kapcsolódó technológiák, költségek, és különböző szabályozási stratégiák. A fő kimeneti adatok az éves energiamérlegek, termelési volumenek, az összes energiahordozó-felhasználás, villamos energia import-export és a mindezekhez tartozó költségek¹⁹.

3.2. Mit mutathat meg nekünk ez a szoftver?

A szoftvert alapvetően arra fejlesztették ki dán energiatervező szakemberek, hogy a jövőbeli, 2030-2050-es energetikai jövőképek technológiai megvalósíthatóságát modellezzék, illetve optimalizálják. Mivel a 2050-es energiarendszerük már kizárólag megújuló alapon fog működni, mindenképpen egy olyan szoftverre volt szükségük, amely nagy időbeli részletességgel – esetünkben órás felbontásban – képes szimulálni egy ilyen bonyolult rendszert. Az is lényeges szempont volt, hogy ne csak szimulálni és elemezni, de különböző szempontok (legalacsonyabb üzemanyag-fogyasztás, legolcsóbb működés) alapján

optimalizálni is lehessen a rendszert – ez a lehetőség is be van tehát építve a program működésébe.

A szoftver használatával többek között a következő kérdésekre kaphatunk választ:

- Adott villamosenergia- és hőigényeket képesek-e megtermelni a modellel szimulált fosszilis és/vagy megújuló erőművek? Azaz: biztonságos-e az év 365 napjának 24 órájában az áram- és hőellátás?
- Mennyi fosszilis és megújuló energiaforrásra, illetve áramimportra van ehhez szükség a vizsgált évben?
- Hogyan lehetne optimalizálni a megújuló kapacitásokat és azok minél teljesebb integrálását a villamosenergia-rendszerbe?
- Milyen kiegészítő (átalakító, tározó stb.) technológiákkal lehet hatékonyabbá és biztonságosabbá tenni a rendszert?
- Mennyi lesz az éves becsült széndioxid-kibocsátás?
- Az általunk megadott üzemanyag-, beruházási és karbantartási költségek (sőt akár adók) mellett mennyibe kerülne egy ilyen rendszer éves működtetése?

Számunkra a legfontosabb az volt, hogy leellenőrizzük: az általunk felvázolt alternatív energiarendszer modellje valóban működőképes, és képes lenne az év minden egyes órájában biztonságosan ellátni a hazai igényeket – úgy is, hogy néha nem süt a nap és nem fúj a szél. Modellezésünk során tehát technológiai szempontból optimalizáltuk modellünk működését, és egyelőre eltekintettünk a gazdasági szempontok figyelembe vételétől.

3.3. Mire nem ad választ?

- Nem mutatja meg a „helyes megoldást”, hiszen abszolút jó megoldás nem létezik: országonként más és más adottságokkal, lehetőségekkel, korlátokkal kell számolni. Ráadásul az is nézőpont kérdése, hogy mi tesz egy energiarendszert megfelelővé: a kevés energiahordozó-felhasználás? Hatékony erőművek? Sok új munkahely? Minimális széndioxid-kibocsátás? Ezeket a szoftver felhasználóinak kell eldönteniük.
- Ugyanígy nem ad javaslatot optimális energiamixre vagy kapacitás-megoszlásra: mindezeket nekünk kell betáplálni a szoftverbe, és esetleg a kapott eredmények alapján alakítani a bemenő adatokon.

¹⁹ Henrik Lund 2010

- Nem veszi figyelembe a földrajzi elhelyezkedést. A legtöbb esetben így országos átlaggal kell számolnunk, a szélenergia esetében pl. a jelenleginél rosszabb (hiszen egyre rosszabb adottságú helyekre épülnek majd a turbinák) átlagos kihasználtsággal számoltunk. A földrajzi szempontok azonban máshol is megjelennek majd, pl. a kapcsolt erőművek hőtermelése és az elegendő közeli lakossági vagy ipari hőigény esetében.
- Nekünk kell eldöntenünk a rendszerirányítási szabályokat is, azaz hogy mi történjen például akkor, ha időszakosan túl sok lenne a szélenergia-termelés: a szélturbinákat, a kapcsolt erőműveket szabályozza le a modell, hőt termeljen vele, elektromos autót töltsön, vagy exportálja a felesleget.

3.4. A hazai alkalmazás korlátai

A szoftver használata során számolnunk kell a felmerülő hibalehetőségekkel, melyeknek három fő oka lehet. Ezek egyrészt a felhasznált adatsorok pontatlanságából adódhatnak (pl. statisztikai eltérések vagy becslések alkalmazása); másrészt a modellezéshez szükséges egyszerűsítés (generalizálás) következményei lehetnek.

Utóbbiakra azért van szükség, mert miután a szoftver a teljes energiagazdaság minden szektorát – pl. termelési oldalon az erőműveket, fogyasztási oldalon a különböző ipari létesítményeket, lakossági fogyasztókat stb. – modellezi, értelemszerűen a legtöbb esetben ezeket csak egy átlagértékkel vagy egy aggregált számmal lehet jellemezni, különben a felhasznált adatok mennyisége kezelhetetlen lenne. A legtöbb gazdasági szektorban így egy éves fogyasztási értékkel számol a program üzemanyag-típusonként. Termelési oldalon az erőműveket jellemzőik alapján lehet csoportosítani (pl. kis és nagy kapcsolt erőművek, csúcserőművek, szélerőművek stb.), és ezek különböző jellemzőit (pl. kapacitás, határfokok, üzemanyag-fogyasztás megoszlása) a modellben rögzíteni.

A harmadik lehetséges korlátozó tényező a program felépítéséből fakadhat. Ez azt jelenti, hogy bár a dán szoftverfejlesztők már évek óta nemzetközi használatra fejlesztik az EnergyPLAN programot, az még mindig tartalmaz néhány dán sajátosságot, ami miatt a hazai energiarendszer jellegzetességeit

nem lehet maradéktalanul modellezni – részben a dán, részben a magyar sajátosságok miatt.

Ilyen például, hogy a geotermikus és a nukleáris hőenergia-termelés nem jeleníthető meg a rendszerben, illetve hogy a párhuzamosan zajló hazai villamosenergia-import és -export is nehezen modellezhető. Ezeket részben sikerült áthidalni, részben utólag adtuk hozzá a modell által kalkulált eredményekhez.

A legkomolyabb fejtörést a hazai erőművek gazdasági szempontból magyarázható, ám a technikai optimalizáció szempontjából logikátlan kihasználtsága okozta. Sok erőművünk ugyanis az utóbbi jó pár évben csupán néhány, 5-15%-os kihasználtsággal működik. Olyan erőműveket is ide kell érteni, mint pl. a 2011-ben átadott gönyűi erőmű, ami hiába a legmagasabb hatásfokú erőmű Magyarországon, a fentiek miatt mégis bezárás fenyegeti. Mindezek oka, hogy az import áram egyre olcsóbbá válik, mint sok gázturbinás erőművünk termelése, így ezek termelését egyre kevésbé vesszük igénybe, importból fedezve a hazai villamosenergia-igényünk egyre nagyobb hányadát. A szoftver azonban, érthető okokból, jó kihasználtsággal működtetné ezeket az erőműveket – kihasználási óraszámot azonban nem lehet megadni a modellben. Végül ezeknek az erőműveknek a kapacitását kihasználtságukkal arányosan csökkentettük a jelenlegi (2011-es) helyzetet leíró alapmodellünkben.

3.5. Validálás – a 2011-es hazai energiarendszer modellezése

Hogy a jövőképünk modellezése előtt megbizonyosodhassunk a szoftver hazai alkalmazhatóságáról és esetleges korlátairól, először a 2011-es hazai tényadatokat – tehát a mért statisztikákat – modelleztük le.

A szükséges részletes energetikai adatok, adatsorok fő forrásai a Nemzetközi Energia Ügynökség²⁰, a KSH²¹, a Magyar Energia Hivatal (MEH, majd MEKH) és a hazai rendszerirányító (MAVIR) éves statisztikái²², Dr. Stróbl Alajos statisztikai kimutatásai és tanulmányai²³ és a FŐTÁV hozzájárulásával felhasznált adatsorok²⁴ voltak. Ezen adatsorok ez részét (például az igénygörbék alakulását) a 2030-as modell elkészítéséhez is felhasználtuk.

²⁰ IEA 2014

²¹ KSH 2014

²² MEKH, MAVIR 2012. 2014

²³ Stróbl Alajos 2012

²⁴ FŐTÁV 2014

3.5.1. A 2011-es modell eredményei

Hogy pontosságát és működőképességét ellenőrizzük, a modell által kalkulált legfontosabb eredményeket összehasonlítottuk a hivatalos statisztikákkal. Ezt mutatja az 1. táblázat.

Az összes elsődleges energiaforrást vizsgálva a modell pontosnak mondható, hiszen a statisztikáktól való eltérés kevesebb, mint 1%. Energiahordozónkénti bontásban a szén felhasználásánál látható 3,1%-kal magasabb kalkuláció jelenti a legjelentősebb eltérést a 2011-ben mért értékekhez képest.

1. táblázat: szoftver hazai alkalmazhatóságának validálása: a 2011-es modell eredményeinek összehasonlítása a 2011-es statisztikai adatokkal. Adatok forrása: IEA 2014, MEKH 2013, MEKH, MAVIR 2014, saját számítás.

ÖSSZES FELHASZNÁLT ELSŐDLEGES ENERGIAFORRÁS	2011-ES STATISZTIKA ²⁵	MODELLEZÉS EREDMÉNYE	SZÁZALÉKOS ELTÉRÉS
	TWH/ÉV	TWH/ÉV	%
szén	32,1	33,1	3,1
olaj	53,1	53,4	0,7
földgáz	104,0	104,6	0,6
megújulók és hulladék	23,1	22,9	-0,9
nukleáris energia	47,7	47,5	-0,3
import villamos energia	6,6	6,6	0,0
ÖSSZESEN	266,6	268,2	0,6
Megújuló alapú villamosenergia-termelés (TWh/év)	2,7 ²⁶	3,03	12,2
Megújuló alapú áram aránya (%)	6,4 ²⁷	7,1	11,1

A modell optimalizáló működésének is betudható, hogy a megújuló alapú villamosenergia-termelés – elsősorban a biomasszának köszönhetően – enyhén magasabb a 2011-es tényadatoknál. Ez a 2030-as rendszerben azonban remélhetőleg nem jelent majd hibát – a cél ugyanis egy optimális energiarendszer modellezése lesz.

²⁵ IEA 2014

²⁶ MEKH 2013

²⁷ MEKH, MAVIR 2014

4. ALTERNATÍV JÖVŐKÉP – MAGYARORSZÁG 2030-BAN

Az alternatíva alkotásának célja, hogy megvizsgáljuk és bemutassuk, Paks II megvalósítása helyett hogyan indulhatna el hazánk energiagazdasága egy rugalmas, egyre nagyobb arányban megújuló energiaforrásokra támaszkodó energiarendszer kiépítése felé. Ennek érdekében először körvonalazni – azaz konkrét számokkal is leírni – az általunk elképzelt 2030-as hazai energetikai jövőképet. Ezután ennek sarokszámaiból egy modellt létrehozva tudtuk azt az EnergyPLAN szoftver segítségével ellenőrizni, vizsgálni. A következőkben a jövőkép megalkotásának irányelveit, illetve annak sarokpontjait, a modell-építés főbb lépéseit, számításait, mutatjuk be.

4.1. Koncepció

Mindenekelőtt le kell szögezünk: az általunk létrehozott alternatíva nem egy „best case scenario”, azaz nem a szerintünk elérhető legjobb, legambiciózusabb alternatívák egyike. Ilyen típusú jövőképeket egyébként már publikáltak Magyarországon is²⁸, melyek rámutattak: akár 2050 körül lehetséges lenne a 100% megújuló alapú gazdaság kiépítése Magyarországon.

Az Energiaklub 2030-as energetikai jövőképe azt mutatja be, hogy a Paks II beruházás helyett hogyan biztosítható Magyarország energiaigénye egy olyan energiarendszerrel, amely egy első állomás egy fenntartható – rugalmas, decentralizált, döntően megújuló alapú – energiagazdaság kialakítása felé.

Figyelembe véve a szűk, mintegy 15 éves időkeretet és az ország nehéz társadalmi-gazdasági helyzetét, elsődleges szempontunk a megvalósíthatóság volt. Így a realitás több esetben is elsőbbséget élvezett az általunk ideálisnak vélt megoldásokkal szemben. Ennek érdekében tértünk el több helyen a jelenleg is hatályos, hivatalos energia-, megújuló fejlesztési vagy közlekedési stratégiáktól, egyes esetekben pozitív, máskor azonban akár negatív irányban is. Konzervatív értékekkel számoltunk például a jövőbeli erőművek határfoka esetében, vagy a 2030-ban alkalmazott technológiák kiválasztásánál is: a hidrogén alapú gazdaság megjelenésével például még nem számolunk.

Jövőképünk tehát tekinthető akár egy másik út „minimál” megvalósítási lehetőségének is. Kedvezőbb peremfeltételek és ambiciózusabb célszámok mellett azonban még kedvezőbb

eredményeket és gyorsabb átalakulást is el lehet érni 2030-ra. Vagy ahogy egyik szakmai lektorunk fogalmazott: jövőképünk „kényelmesen teljesíthetőnek tűnik”.

Amiben viszont gyökeres váltást képzelünk el már 2030-ig, az a rendszerirányítás módja és a szabályozási keretrendszer. A fent már bemutatott rugalmas energiarendszer kiépítésének elkezdése feltétele annak, hogy néhány évtizeden belül közelebb léphessünk a fenntartató energiagazdálkodás megvalósításához. Ennek egy újfajta hozzáállás azonban elsődleges feltétele, hiszen csak ezután indulhat el a megújuló alapú technológiák elterjedése. Amíg az energiapolitika növekvő energiaigényekben és centralizált alaperőművek termelésében látja a jövő energiarendszerét, addig nem fogunk tudni elmozdulni.

Az, hogy 2030-ra technológiai szempontból megvalósítható-e (azaz működőképes-e) az általunk felvázolt jövőkép, a modellezésből kiderül. Az azonban, hogy meg is valósul-e, az energiatervező szakemberek, politikai döntéshozók és rendszerirányítók nyitottságán múlik. Jövőképünkben mi azzal számoltunk, hogy a rugalmas, decentralizált energiarendszer kiépítése, a környezetbarát, munkahelyteremtő, helyi, megújuló alapú megoldások – szigorú ökológiai megfontolások mellett való – alkalmazása prioritást élvez majd a jövőbeli döntésekben. Így 2030-ban egy, a maira emlékeztető, de mégis néhány elemében egy sokkal újszerűbb és élhetőbb Magyarországot képzelünk el. Ezt kellett számok szintjén is meghatározni a szoftveres szimulációhoz.

4.2. Jövőképpalkotás – források és módszerek

Nagy változások zajlanak Magyarországon és a világban is, így hazánk 2030-as részletes társadalmi-gazdasági és energetikai állapotának számokba öntése nem volt egyszerű feladat. A 2030-as energiafogyasztási igényeket, termelési értékeket a legtöbb esetben az utóbbi 20-25 év szektorális tendenciáit vizsgálva jeleztük előre, az Eurostat Magyarországra vonatkozó statisztikái alapján²⁹.

Ahol jelentős trendváltás várható vagy szükséges, ott az Európai Unió többi országának eddigi fejlődési trendjeit vettük figyelembe. Sok esetben az ott már meghaladott mutatók (pl. hálózati

²⁸ Munkácsy Béla (szerk.) 2011, 2014, Sven Teske et al. 2011

²⁹ Eurostat 2014

rendszeresítés³⁰) elérése is kihívást jelent hazánk számára – 15 év alatt azonban akár túl is teljesíthetők az általunk meghatározott értékek.

Munkánkat természetesen a jelenleg hatályos hivatalos hazai energiatervezési dokumentumok, háttér tanulmányok – Nemzeti Energiastratégia 2030³¹ és háttér tanulmánya³², Magyarország Megújuló Energia Hasznosítási Cselekvési Terve³³ és háttér tanulmánya³⁴, MAVIR Forrás- és Fogyasztáselemzések³⁵, Századvég ágazati elemzés³⁶, GKI Energiapolitikai Füzetek³⁷ stb. – vizsgálatával kezdtük, és innen több jövőbeli célszámot is át-, vagy a számításaink során figyelembe vettünk (például az erőművi kapacitások becslése során).

A megújuló energiaforrások fenntartható felhasználásának fontos feltétele a hazai potenciálok ismerete, illetve figyelembe vétele a kapacitások meghatározásakor. Ennek kapcsán a már elkészült hazai potenciálbecslésekre, tanulmányokra, jövőképekre és külföldi fejlesztési trendekre is támaszkodtunk. Ezek közül a legfontosabbak a már felsoroltak mellett: az Erre van előre kutatócsoport³⁸ és az MTA potenciálbecslései³⁹, az Eötvös Loránd Tudományegyetemen⁴⁰, a Debreceni Egyetemen⁴¹ és a Széchenyi István Egyetemen készült számítások⁴², a Greenpeace tanulmányai⁴³, az Energiaklub fenntartható energiastratégiája⁴⁴, a KPMG jelentése⁴⁵, a REKK műhelytanulmányai⁴⁶, az Eurostat¹, az EWEA⁴⁷ és az EurObserv'ER⁴⁸ statisztikái.

Voltak azonban olyan részterületek is – például a közlekedés területén az elektromos autók száma –, amelyre csak becsléseket tudtunk alkalmazni. Ezeket részben olyan meglévő tanulmányok eredményeire alapoztuk, melyek kiindulási adatait, számítási módszertanát megbízhatónak ítéltük, az általuk alkalmazott jövőbeli trendek azonban nem illeszkedtek alternatívánk többi eleméhez. Így eredményeiket nem vettük át, hanem útjelzőként használtuk saját becsléseink megállapításakor.

A villamosenergia- és hőigények időbeli (órás) megoszlása a 2030-as modellünkben lényegében

megegyezik a 2011-es arányszámokkal (abszolút értékben ettől eltér). Ennek oka részben a jövőbeli fogyasztási változások bizonytalansága, részben az összehasonlíthatóság elősegítése.

Kisebbségek a villamosenergia-igényeket leíró órás adatsorok esetében vannak. Egyrészt a nettó villamosenergia-importhoz a szoftver sajátosságai miatt ki kellett vennünk a 2011-es modellből, és utólag adtuk hozzá a rendszerhez. A 2030-as igénygörbe viszont már eleve tartalmazza az importhoz, mivel annak mértékét már a szoftver határozza meg. A másik különbség 2030-ban az elektromos autók okos töltése, amely éjszakai villamosenergia-fogyasztásként adódik hozzá az igényekhez.

Hasonló a helyzet a szél- és a napenergia-termelés időbeli megoszlásával. Ezek a görbék a 2011-es év időjárási jellegzetességeit tükrözik, azonban pontosan idomulnak az azonos év fogyasztási igényeihez is – például amikor néhány téli napon kisütött a nap (és a napkollektorok termeltek), a lakosság hőigénye is csökkenhetett. Ezért, és az előbbi görbék esetében említett összehasonlíthatóság miatt is volt lényeges megtartani a 2011-es megújuló termelési görbéket. A termelés nagysága a kapacitások függvényében természetesen változik (nő) 2011 és 2030 között.

4.3. Jövőképünk főbb energetikai jellemzői

A következőkben jövőképünk azon fontosabb mutatóit (és azok kalkulációjának módját) tekintjük át röviden, melyek modellünk sarokpontjaiként az EnergyPLAN szoftver bemeneti adatait jelentették. Terjedelmi korlátaink miatt nem minden esetben tudjuk őket teljes részletességgel bemutatni, ám a legfontosabb számokat igyekeztünk itt, vagy a mellékletben megjeleníteni.

4.3.1. A villamosenergia-fogyasztás alakulása

A 2030-as összes villamosenergia-igényt az elmúlt 25 év Eurostat¹ hazai áramfogyasztási statisztikái alapján, az egyes szektorokat külön-külön megvizsgálva, trendvonal-illesztéssel jeleztük

³⁰ Eurostat 2014

³¹ NFM 2012

³² REKK 2011

³³ NFM 2011

³⁴ PYLON 2010

³⁵ MAVIR 2013a, 2013b, 2014a, 2014b

³⁶ Századvég 2012

³⁷ Barta Judit et al. 2011

³⁸ Munkácsy Béla (szerk.) 2011

³⁹ Büki Gergely, Lovas Rezső 2010

⁴⁰ Bartholy Judit et al. 2013

⁴¹ Harmat Ádám 2013

⁴² Tóth Péter és Csók Levente 2014

⁴³ Sven Teske et al. 2007; Sven Teske et al. 2011

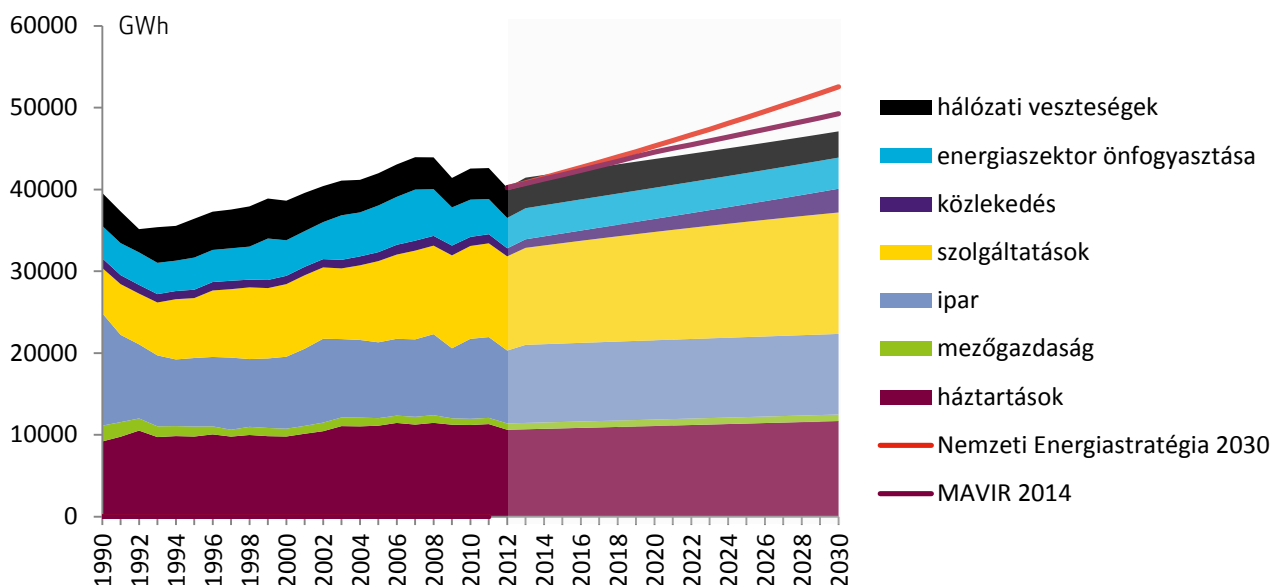
⁴⁴ Ámon Ada et al. 2006

⁴⁵ KPMG 2010

⁴⁶ Szajkó Gabriella 2009 és Fischer Anita et al. 2009

⁴⁷ EWEA 2010

⁴⁸ EurObserv'ER 2009, 2014a, 2014b



5. ábra: szektorális villamosenergia-igények alakulása 1990 és 2012 között az Eurostat adatai, 2012-től az Energiaklub számításai alapján, összehasonlítva a Nemzeti Energiastratégia 2030 és a MAVIR előrejelzésével. Adatok forrása: Eurostat 2014, NFM 2011, MAVIR 2014a és az Energiaklub számításai.

előre. Minden esetben háromféle növekedési ütemmel számoltunk az egyes szektorok esetében, melyek a várható gazdasági növekedés, az energiatakarékossági és hatékonysági intézkedések hatásait tükrözik.

Végül a közepes mértékű villamosenergia-igény növekedési trend került modellünkbe, amely átlagosan évi 0,88%-os növekedéssel számol. Ez a jövőkép készítésekor a hivatalos előrejelzésekben (MAVIR Fogyasztáselemzés⁴⁹ és Nemzeti Energiastratégia)⁵⁰ található évi 1,5%-os értékhez képest jóval alacsonyabb volt. A MAVIR legújabb Fogyasztáselemzésének⁵¹ növekedési változatai közül az alacsonyabb igénynövekedésű forgatókönyv körülbelül az általunk is kalkulált növekedési ütemet jelzi előre (0,9-0,7%/év).

Mindemellett úgy tűnik, a valóság is inkább az alacsonyabb növekedési trendeket támasztja alá. 1990 és 2012 között a hazai bruttó villamosenergia-igény átlagosan évi 0,1%-kal nőtt. A válság előtti években, 1990 és 2008 között a növekedés évi üteme átlagosan 0,6%/év volt, néhány kiugróan magas, 2-2,5% körüli növekedési rátájú évet is beszámítva. 2008 óta azonban átlagosan évi 2,1%-kal csökken az ország összes áramigénye⁵². Hogy mindezek ellenére mégis közel 0,9% körüli értékkel kalkuláltunk, több okra vezethető vissza. A válságból való kilábalás és technológiai váltás átmeneti igénynövelő hatása, a biztonságos

energiaellátás miatti felülbecslés, a közlekedés (elektromos autók, de 2030-ig elsősorban a vasút) növekvő villamosenergia-igénye, valamint az a nemzetközi trend is szerepet játszott ebben, amely során egyre több energiaigényes szolgáltatás válik áram alapúvá – pl. főzés, fűtés-hűtés (hőszivattyúk), közlekedés stb.

A 5. ábraán látható az ország bruttó villamosenergia-igényének alakulása szektoronkénti bontásban az Eurostat⁵³ statisztikái és 2013-tól az Energiaklub számítása alapján. A grafikonra felrajzoltuk a hivatalos előrejelzéseket is: a Nemzeti Energiastratégia⁵⁴ trendje évi 1,5%-os növekedési rátával, míg a MAVIR 2014-es Fogyasztáselemzésének⁵⁵ alapváltozata a 2020-as évekig 1,3%-os, utána 1%-os igénynövekedéssel számol.

Kalkulációink szerint 2030-ra az ország bruttó villamosenergia-igénye 47,1 TWh lesz. Ez az érték 2011-ben 42,63 TWh volt, a MAVIR előrejelzése⁵⁶ szerint pedig 46,2 és 50,6 TWh körül várható 2030-ban.

Látható a fenti ábrán is, hogy jövőképünk célszámai nem járnak „lemondással”, vagy korlátozással. Sőt, további jelentékeny igénynövekedést „engedtünk” a szolgáltató szektornak és a közlekedésnek, valamint a lakosságnak is, ahol 10%-os fogyasztás-növekedéssel számoltunk 2012 és 2030 között.

⁴⁹ MAVIR 2013a

⁵⁰ NFM 2012

⁵¹ MAVIR 2014a

⁵² számítás Eurostat 2014 alapján

⁵³ Eurostat 2014

⁵⁴ NFM 2012

⁵⁵ MAVIR 2014a

⁵⁶ MAVIR 2014a

4.3.2. Erőművi kapacitások

Az Energiaklub által meghatározott 2030-as hazai villamosenergia-termelő kapacitások listája (2. táblázat) két fontos pontban tér el a hivatalos tervtől. Egyrészt nem tartalmazza Paks II 2400 MW-nyi teljesítményét, másrészt ehelyett számos új, decentralizált, megújuló kiserőművel számol.

Abban minden előrejelzés egyetért, hogy 2030-ig számos hazai erőművet kell majd különböző okok

miatt leállítani, így ezek ki fognak esni a hazai villamosenergia-rendszerből. Ilyen például a Tisza II, az Oroszlányi vagy a Lőrinci erőmű. Ezek a MAVIR előrejelzésének⁵⁷ megfelelően a mi jövőképünkben is kiesnek a villamosenergia-rendszerből. A helyüket modellünkben azonban nem az új paksi blokkok és földgáztüzelésű egységek veszik át. Helyettük a hazai megújuló energiaforrások fokozott felhasználásával, a már meglévővel együtt összesen több mint 5500 MW tisztán megújuló kapacitással számolunk 2030-ra.

2. táblázat: erőművek 2030-ban az Energiaklub jövőképe szerint. Adatok forrása:-MAVIR 2014b és az Energiaklub számításai. A megújuló erőművek (napelem-geotermia) esetében a hatásfok oszlopokban az általunk használt kapacitásfaktorokat tüntettük fel.

	KAPACITÁS	VILLAMOS HATÁSFOK	ÖSSZES HATÁSFOK	ENERGIAHORDOZÓ
	MWe	%	%	
Paksi Atomerőmű	2000	33,0	33,0	nukleáris
Ajkai Erőmű	89	9,2	60,1	szén, biomassza
Pannon Erőmű	85	10,9	71,5	földgáz
ISD Power (Dunaújváros)	65	7,5	57,5	földgáz
Szilárd biomassza kiserőművek	825	33,0	84,0	biomassza
Gázmotorok	600	34,2	78,0	földgáz
Biogáz erőművek	350	27,0	84,0	biogáz
Gázturbinák	340	29,3	75,9	földgáz
Gőzturbinák	50	24,0	57,6	földgáz, olaj
Kelenföldi Erőmű	186	19,9	74,6	földgáz
Kispesti Erőmű	114	32,5	87,2	földgáz
Újpesti Erőmű	110	33,7	88,4	földgáz
Debreceni Erőmű	95	34,5	76,2	földgáz
Mátrai Erőmű	475	35,3	35,6	szén, biomassza, hulladék, olaj
Gönyői Erőmű	433	54,7	54,7	földgáz
Csepeli Erőmű	410	50,2	61,9	földgáz
Dunamenti Erőmű	408	54,0	54,0	földgáz
Új OCGT egységek	500	30,9	30,9	olaj
Hulladékégetők	47	46,1	68,9	hulladék
Napelemek	1400	14,8	14,8	megújuló
Szélturbinák	2800	22,0	22,0	megújuló
Vízerőművek	66	41,5	41,5	megújuló
Geotermikus erőművek	67	80,1	80,1	megújuló
NAGYERŐMŰVEK	4970	31,2	60,4	
KISERŐMŰVEK	6545	35,2	60,7	
FOSSZILIS+ATOM	5928,5	31,8	62,7	
MEGÚJULÓ	5586,5	34,4	53,1	
ÖSSZESEN	11515	33,0	60,5	

⁵⁷ MAVIR 2013b, 2014b

A 2. táblázaton a modellünkben szereplő erőművek láthatók (a csak hőenergiát termelő fűtőműveket, napkollektorokat stb. nem tüntettük fel). A hagyományos erőművek kapacitásait, hatásfokát – illetve további részletes adataikat – melyek az 1. számú mellékletben láthatók – a MAVIR által készített Forráselemzés⁵⁸ különböző scenárióira alapoztuk. A mellékletben található részletes, termelési és üzemanyag-fogyasztási értékeket is tartalmazó táblázat azonban csak kiindulási alapként tekinthető. Egyrészt ugyanis a MAVIR számításaiban ezeket még egy 2400 MW-os erőmű egészíti ki; másrészt a szoftver ezen erőművek működtetését a megadott szabályozási feltételeknek és üzemanyag-takarékossági szempontoknak megfelelően optimalizálja, tehát eltér az ott látható termelési és erőforrás-felhasználási értékektől. A generalizálás miatt a bemenő adatokat csak erőmű-csoportonként adhatjuk meg és az eredményt is csak így nyerhetjük ki a szoftverből.

A megújuló kapacitások esetében számos hazai potenciálbecslést, stratégiát és energetikai jövőképet, hazai és nemzetközi statisztikát tekintettünk át (lásd 4.2. fejezet), és ezek alapján határoztuk meg az általunk körvonalazott jövőképek megfelelő célszámokat. Ezek minden esetben, a lehetőségekhez mérten, konzervatívan meghatározott jövőbeli kapacitásokat jelentenek. Ennek ellenére a hazánkban még nem alapvetőnek tekintett technológiák, és a „nálunk nem fúj a szél és nem süt a nap” hozzáállás miatt talán extrémnek tűnhetnek ezek a számok. Éppen ezért lássunk néhány európai összehasonlítást az utóbbi évekből, melyek talán jól illusztrálják, hogy milyen folyamatok zajlanak jelenleg Európában, illetve milyen ütemű fejlődést lehet elérni a megújuló kapacitások terén akár néhány év alatt, ha az valóban stratégiai prioritást, de legalábbis némi támogatást élvez. Fontos látni: ez a támogatás sok esetben az adott ország saját, helyi, megújuló energiaforrásait segíti kiaknázni, környezetbarát és munkahelyteremtő módon, így más megítélés alá kell eszen, mint pl. (az importált) gáz támogatása vagy egy nukleáris erőműre felvett hitel.

A 3. és 4. táblázatban is bemutatott statisztikák alapján – ahol nem csak a megújuló technológiákban vezető, de a szomszédos országokat is kiemeltük – a közvélekedéssel ellentétben világosan látható, hogy az általunk 2030-ra kitűzött szél- és napenergia-kapacitások akár a szomszéd országokhoz hasonlítva is konzervatívnak, visszafogottnak mondhatók. Ez tehát inkább

minimum szintként értelmezhető, amelynél a jövőben a megújuló alapú villamos energia szerepe remélhetőleg még nagyobb lehet.

3. táblázat: napenergia-kapacitás 2008-ban és 2013-ban néhány európai országban, valamint jövőbeli fejlesztések Magyarországon az Energiaklub jövőképe alapján. Forrás: EurObserv'ER 2009, 2014a, saját számítás.

NAPENERGIA-KAPACITÁS (MW)			
	2008	2013	5 év alatt épített új kapacitás
Németország	6019	36013	29994
Olaszország	458	17614	17156
Franciaország	104	4698	4594
Csehország	55	2133	2078
Görögország	19	2586	2567
Magyarország	1	15	15
Románia	1	1022	1022
Bulgária	1	1019	1018
Szlovákia	0	537	537
Jövőképünkben (az Energiaklub számítása)	2015	2030	5 évente építendő kapacitás
Magyarország	30	1400	457

4. táblázat: szélenergia-kapacitás 2008-ban és 2013-ban néhány európai országban, valamint jövőbeli fejlesztések Magyarországon az Energiaklub jövőképe alapján. Forrás: EWEA 2010, EurObserv'ER 2014b, saját számítás.

SZÉLENERGIA-KAPACITÁS (MW)			
	2008	2013	5 év alatt épített új kapacitás
Németország	23897	34633	10736
Olaszország	3736	8551	4815
Franciaország	3404	8143	4739
Lengyelország	544	3390	2846
Magyarország	127	331	204
Románia	11	2459	2448
Jövőképünkben (az Energiaklub számítása)	2015	2030	5 évente építendő kapacitás
Magyarország	331	2800	823

⁵⁸ MAVIR 2013b, 2014b

4.3.3. Villamosenergia-termelés

A megújuló kapacitások intenzív növelésével a megújulókat által termelt villamos áram azonban nem növekszik hasonló mértékben, ugyanis a nap- és a szél erőművek az időjárást követő időszakos termelés miatt csak sokkal alacsonyabb kihasználtsággal tudnak működni, mint a hagyományos erőművek. A rugalmas energiarendszerben azonban ezt a viszonylag alacsony – ám pl. a szél erőművek esetében a földrajzi terjedéssel egyre növekvő – rendelkezésre állást segíti maximálisan kihasználni, ha a megújuló termelés esetén a (kapcsolt) erőművek egy részét a rendszerirányító leszabályozza, „utat engedve” így a zöldáramnak a villamosenergia-rendszerbe.

A 2030-as jövőkép villamosenergia-termelését az EnergyPLAN szoftver számítja, illetve optimalizálja a lehető legkevesebb erőforrás-felhasználás és legmagasabb megújuló-résarány szempontjából. Ennek részleteit így az 5.2-es, a modellezés eredményeit leíró fejezet részletezi.

4.3.4. Hőellátás

Az Energiaklub szerint hosszú távon a környezetnek és a pénztárcánknak is az energiatakarékosság és az energiahatékonyság támogatása, azaz a meglévő épületek szigetelése, fűtőkorszerűsítése, a nyílászárók cseréje, fűtési szokásaink újragondolása, a tudatos odafigyelés, valamint az alacsony energiaigényű épületek tervezése és építése kínálja a legmegfelelőbb stratégiát. A támogatási rendszereknek is ezeket a prioritásokat kell majd tükrözniük, és el kell hagyni a fenti beruházások megtérülését rontó káros támogatásokat (pl. gázártámogatás, rezsicsökkentés). Azt sem szabad figyelmen kívül hagyni, hogy az Európai Unió irányelveinek⁵⁹ megfelelően 2018 után a középületek, 2020 után pedig a lakóépületek is csak közel nulla energiaigényűek lehetnek.

Az Energiaklub korábbi kutatása (NegaJoule2020⁶⁰) alapján a magyar háztartásokban elfogyasztott energia több mint 40%-a (42 TWh) megtakarítható lenne. Az Energiaklub további kutatásait⁶¹ illetve a Nemzeti Épületenergetikai Stratégiához készült háttérszámítás eredményeit⁶² is felhasználva határoztuk meg a 2030-ra reálisan megvalósítható célszámunkat, mely szerint 23 TWh primerenergia-megtakarítást érhetnénk el 2030-ra (6. ábra).

A meglévő épületek felújítása esetében úgy kalkuláltunk, hogy 2015 és 2030 között a 4 millió háztartásból 1,5 millió fogja energetikailag korszerűsíteni otthonát. Ez az eddigieknél jóval nagyobb volumenű, átgondoltabb és hosszú távon kiszámítható állami ösztönzőrendszert tesz szükségessé, figyelembe véve azonban a felújításra szoruló lakások rendkívül magas számát és az - elvileg – erre a célra lehívható uniós forrásokat, a célszám nem túlzott.

Számításunkban azt feltételeztük, hogy – az eddigi trendekkel ellentétben – a felújításra kerülő ingatlanok kb. 70%-a családi ház lesz, a maradék 30% pedig kb. fele-fele arányban panel illetve téglalapítványú társasházi lakás. Minden esetben átlagos méretű (55-100 m² közötti) lakásokkal számoltunk. Feltételezésünk szerint a korszerűsítő családi házak 55%-a komplex épületszerkezeti felújítást (külső hőszigetelés és nyílászáró-csere) hajt végre, 15%-uk hőszigetelést, kb. 10%-uk napkollektort szerel be a melegvíz-ellátás biztosítása érdekében, 20%-uk pedig a fűtési rendszerét modernizálja. Feltételezésünk szerint a fűtőkorszerűsítő háztartások fele korszerű kondenzációs kazánon alapuló rendszerre tér át, 10%-uk pedig elavult fatüzelésről vált faelgázosító kazánra.

A számításunkban szereplő 195 ezer távfűtéses panellakásban teljes körű felújítás (külső hőszigetelés, nyílászáró-csere, és fűtőszabályozás) valósul meg. A fűtési rendszert korszerűsítő kondenzációs kazánra épülő rendszerre térnek át hagyományos gázfűtésről (konvektor vagy kazán), fele-fele arányban feltételezve villanybojleres illetve gázüzemű melegvíz-termelést.

Megjegyezzük, hogy a számításoknál nem kizárólag az energetikailag optimálisnak tűnő verziót feltételeztük, hanem figyelembe vettük a 2013. és 2014. évi országos reprezentatív lakossági adatfelvételünk adatait⁶³, a háztartások korszerűsítési terveit is.

Az új építésű épületek esetében a KSH által közölt múltbéli építési volumenek alapján azt feltételeztük, hogy 2015 és 2030 között 200 500 új lakás épül majd, ezek 60%-a családi ház (120 m²), 40%-a pedig társasházi lakás (70 m²) lesz. Az új családi házak felében kondenzációs kazán, 30%-ában faelgázosító kazán, 10%-ában pellet kazán,

⁵⁹ Európai Parlament és Tanács 2010

⁶⁰ Fülöp Orsolya 2011

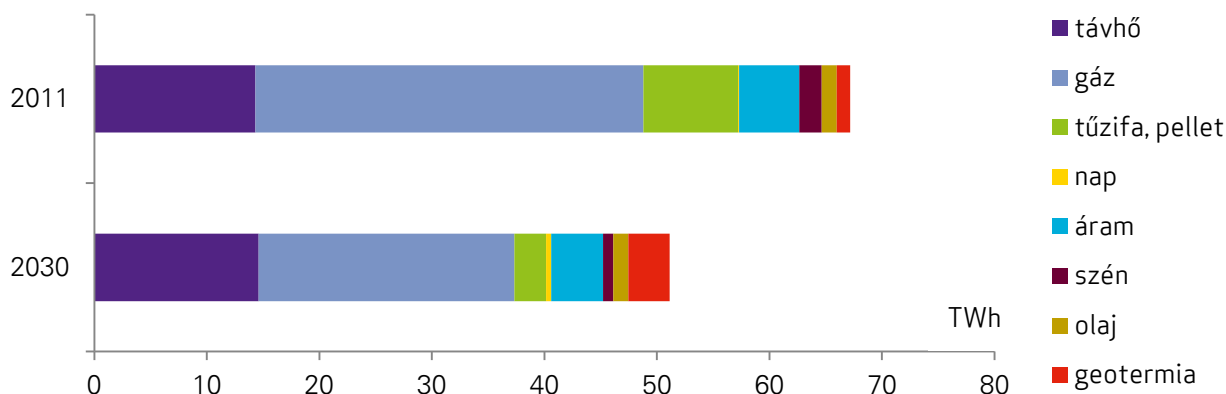
⁶¹ Fülöp Orsolya 2013; Fülöp Orsolya, Varga Katalin 2013; Severnyák Krisztina, Fülöp Orsolya 2013; Fülöp Orsolya, Kun Zsuzsanna 2014

⁶² Csokonyai Tamás 2013

⁶³ Fülöp Orsolya, Kun Zsuzsanna 2014

további 10%-ában pedig hőszivattyú termeli a hőt. Az új kazánok kb. felénél napkollektorok segítenek be a melegvíz-termelésbe. Az új építésű társasházi lakások esetében kondenzációs kazánt feltételeztünk.

viszonylag csekélynek tűnhet, melynek oka, hogy jövőkéünkben a lakóházak, középületek, bevásárlóközpontok, parkolók stb. tetőfelületein elsősorban a napelemek élveznek prioritást. Ezek értékesebb áramtermelése sokoldalúbban



6. ábra: fűtési célú energiafelhasználás 2011-ben és az Energiaklub jövőkéjében.
Forrás: IEA 2014, saját számítás

Az új építéssel párhuzamosan azt feltételeztük, hogy ugyanennyi lakás meg is szűnik: 180 ezer, tűzifát, szenet és villanybojlert használó családi ház, és 20,5 ezer elavult, gázkonvektort és villanybojlert használó társasházi lakás. (Így összesen több mint 350 ezer régi villanybojler kerül használaton kívül 2030-ig.)

Ahogy az erőművi kapacitásokat bemutató 2. táblázat kapcsán már jeleztük, a 2030-as decentralizált energiarendszer fontos elemét képezik majd a kis, lehetőleg helyi közösségek tulajdonában álló, vagy általuk működtetett biomassza-erőművek. Ezek, a helyi fenntartható biomassza-forrásokon alapulva új távhő-rendszereket látnak majd el meleg vízzel. Ennek ellenére, a hatékonyabb épületeknek köszönhetően a távhőrendszerek összességében körülbelül annyi hőenergiát szolgáltatnak majd, mint napjainkban (6. ábra).

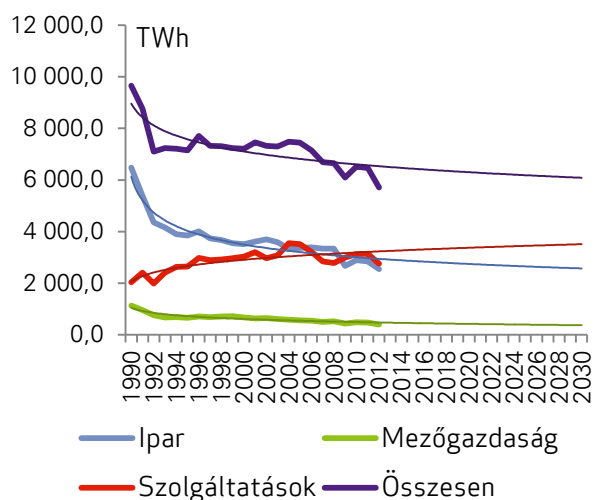
Bár a geotermális alapú hőtermelés 2011-ben még jórészt helyi távhőrendszerek részét képezte, ezt a 6. ábrán a távhőszolgáltatásból kivéve, külön geotermia kategóriában tüntettük fel. A 2030-as érték az ipari és mezőgazdasági hőellátást és a lakossági hőszivattyúk által szolgáltatott hőt is tartalmazza, pontosabban ennek egy minimum-értékét 2030-ra. A potenciálszámítások szerint ugyanis ez a 3,65 TWh/év körüli érték 2030-ra akár több mint duplája is lehet.

A távhőtermelésben résztvevő napkollektorokat 2030-ra külön nem tüntettük fel, csak a lakóházakra, középületekre stb. felszerelt napkollektorokat. Az ezek által termelt hő

felhasználható, mint az elsősorban nyáron hőenergiát termelő napkollektoroké.

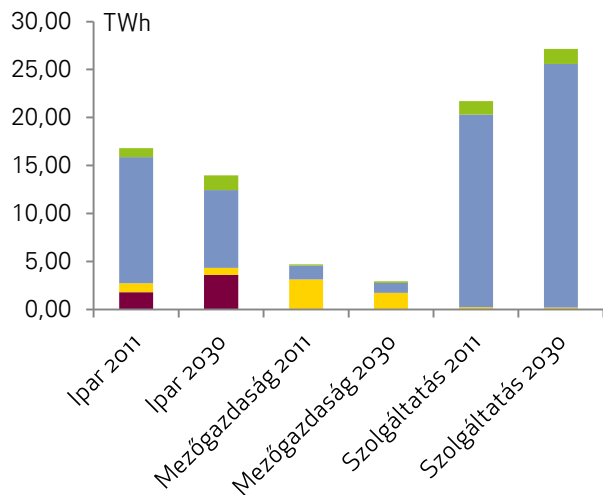
4.3.5. Ipar, mezőgazdaság és szolgáltatási szektor üzemanyag-igénye

A rendszerváltás óta jelentősen csökkent a három fő gazdasági szektor összes energiaigénye, amely tendencia kalkulációnk szerint 2030-ig is folytatódni fog az egyre hatékonyabb technológiáknak köszönhetően (7. ábra). A tendencia alól kivételt jelent a szolgáltatások elsődleges energiafogyasztása, amely összességében növekvő trendet mutat a rendszerváltás óta, bár a válság éveitől itt is megfigyelhető visszaesés.



7. ábra: az ipar, a szolgáltatások és a mezőgazdaság összes energiaigényének alakulása 2012-ig és előrejelzése 2030-ig. A számításokhoz használt adatok forrása: Eurostat 2014.

A szektoronkénti jövőbeli energiaigényeket az egyes főbb energiaforrásként külön-külön jeleztük előre az utóbbi 25 év trendjeinek vizsgálatával. Az eredmények összefoglalását mutatja a 8. ábra. A földgáz szerepe láthatóan továbbra is jelentős marad ezekben a szektorokban.



8. ábra: szektorális energiaigények változása 2011 és 2030 között. Forrás: saját számítás Eurostat 2014 alapján.

4.3.6. Közlekedési szektor

A közlekedés fenntarthatóvá tétele az egyik legnagyobb kihívás, akár Magyarországot, akár Európa bármelyik országát tekintve. Ez a szektor ugyanis évtizedek óta növekszik, – amelyben nagy szerepe van a dinamikus, sőt talán irracionálisan növekvő közúti árufuvarozásnak – aminek az évről évre egyre nagyobb kőolajfogyasztás, és így egyre komolyabb importfüggőség az eredménye.

A hazai és nemzetközi előrejelzéseket⁶⁴, közlekedési stratégiákat⁶⁵, elektromosautó-terjedési becsléseket⁶⁶ áttekintve külön számítás készült a közlekedés részletes jövőbeli fejlődésére. Itt annyit mindenképpen megjegyeznénk, hogy ezen a területen is konzervatívan számoltunk, és a

potenciális változásokhoz képest általában alacsonyabb célszámokat választottunk.

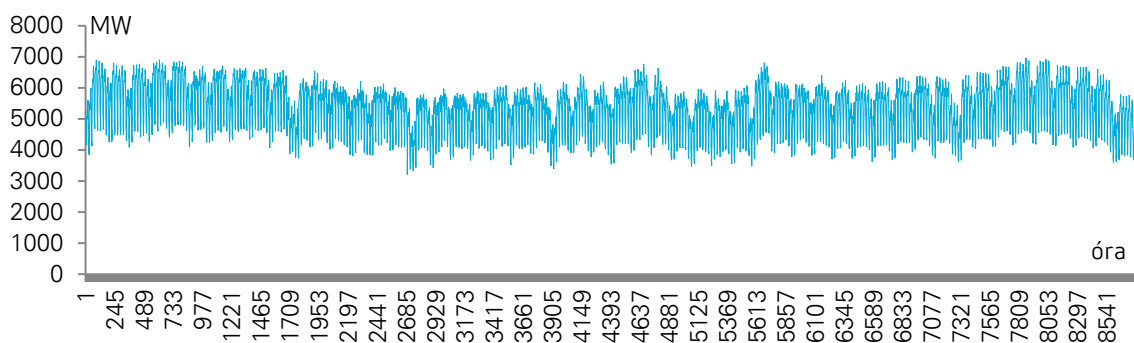
Jövőképünkben igyekszünk elmozdulni a megoldások felé a közlekedési szektorban is: 2030-ra a közúti árufuvarozás 30%-a vasútra terelődik, emellett, a személyautók 20%-a pedig alternatív meghajtású lesz (ebbe nem számítanak bele az általában hagyományos üzemanyagba kevert bioüzemanyagok). 2030-ban a 4,3 millió hazai személyautóból 550 ezer valamilyen hibrid meghajtású (hibrid vagy plug-in hibrid) lesz, 120 ezer elektromos, 200 ezer pedig sűrített vagy cseppfolyós földgázzal fog működni.

Bár a jövőben prioritást kell, hogy élvezzen a közlekedési igények megelőzése (pl. várostervezéssel), a tömegközlekedés fejlesztése, színvonalának emelése és a közúti áru- és személyforgalom mérséklése, 2030-ig összességében még így is nőni fog a hazai közlekedés kőolajigénye.

4.3.7. Igénygörbék

A 2030-as energiarendszer szimulációjához úgynevezett igénygörbékre, azaz az éves fogyasztási mennyiség időbeli megoszlására is szükségünk volt. Ezek az adatok 2011-re rendelkezésünkre álltak, és 2030-ra arányaiban ugyanezeket használtuk a bizonytalan előre jósolhatóság és az összehasonlíthatóság miatt. A villamosenergia-igény éves, órás felbontású görbáját a MAVIR⁶⁷, a hőenergia-igénygörbét pedig a FŐTÁV⁶⁸ adataiból készítettük.

Néhány kisebb, korábban már bemutatott eltérés a villamosenergia-igényének lefutásában van (9. ábra). Az egyik a villamosenergia-importra vezethető vissza, a másik pedig az elektromos autókra. Jövőképünk szerint ugyanis 2030-ban az elektromos autók 25%-a az okos rendszerben fog tölteni, vagyis akkor, amikor éppen felesleges



9. ábra: villamosenergia-igénygörbe 2030-ban. Készült a MAVIR (2014c) adatainak felhasználásával.

⁶⁴ REKK 2011; IEA, UIC 2012

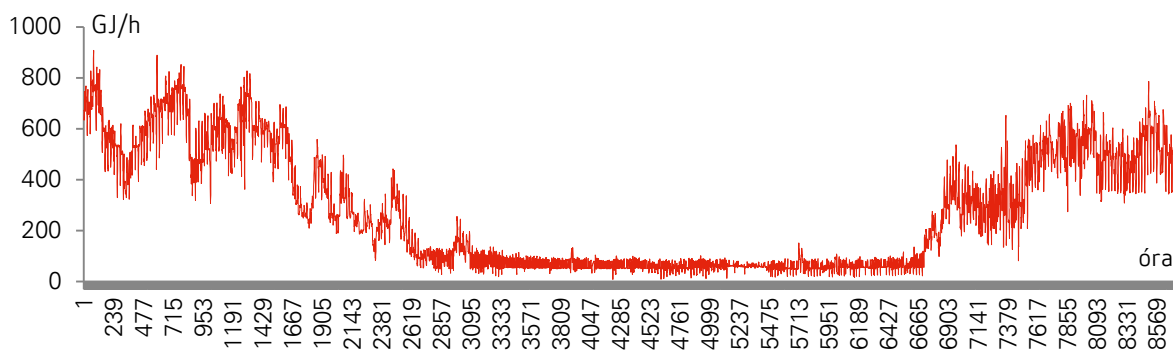
⁶⁵ NFM 2013; Paár István, Szoboszlai Miklós 2013

⁶⁶ PwC 2012, Kádár Péter, Lovassy Rita 2012

⁶⁷ MAVIR 2014c

⁶⁸ FŐTÁV 2014

villamos energia áll rendelkezésre – ami egyelőre leginkább az éjszakai órákra lesz jellemző. Így ez a nem túl jelentős mértékű (az éves áramigény 0,3%-a) igény az éjszakai villamosenergia-fogyasztási görbéhez adódik majd hozzá minden nap.



10. ábra: hőenergia-igénygörbe 2030-ban. Készült a FŐTÁV (2014) adatainak felhasználásával.

A hőenergia igénygörbe (10. ábra) egy budapesti erőmű 2011-es termelési adatai alapján készült. A vízszintes tengely mutatja az órákat (melyből 8784 szerepel az ábrán), a függőleges pedig az erőmű hőtermelését GJ/órában. A görbe szépen kirajzolja a fűtés miatti magasabb téli hőigényeket, valamint a még nyáron is nagyjából állandó használati melegvíz-igényt.

5. EREDMÉNYEK

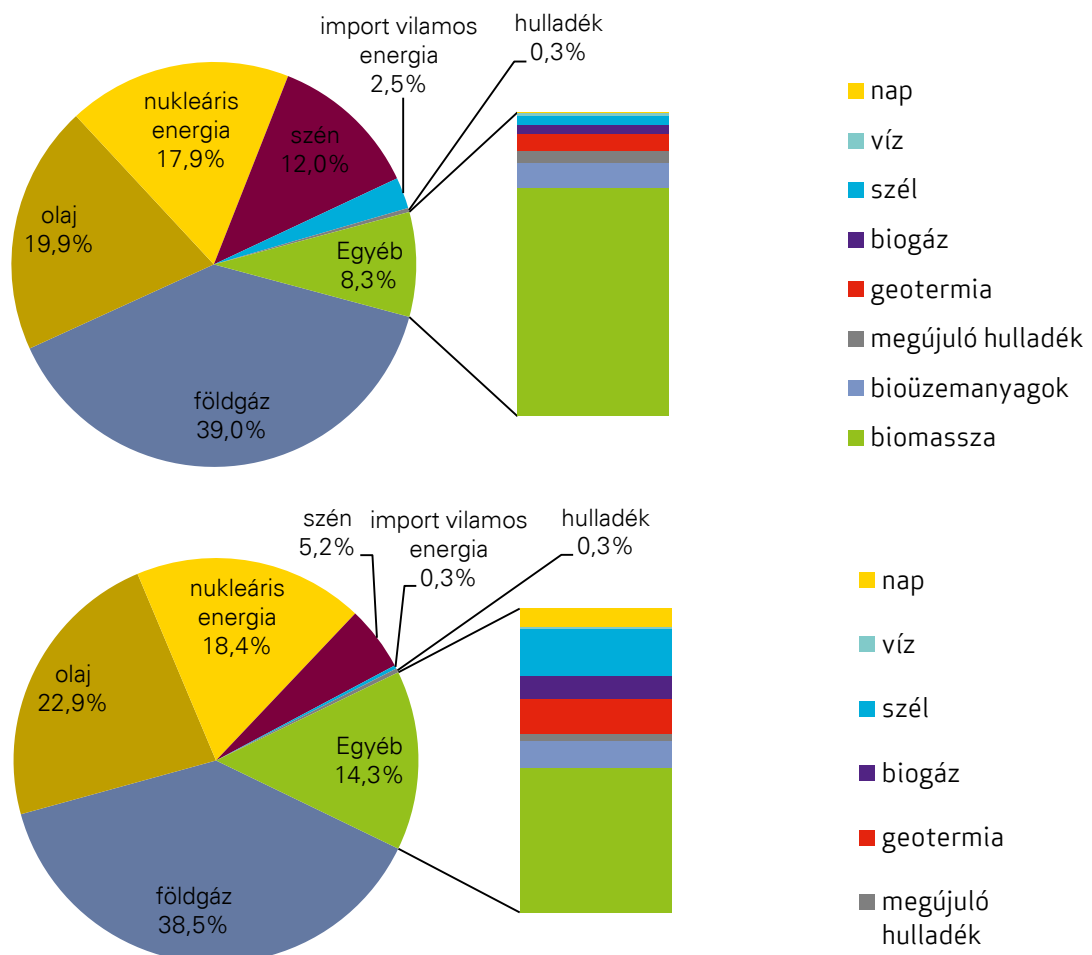
A fent bemutatott jövőképünk részletes adatait az EnergyPLAN programba betáplálva, a szimuláció lefuttatása után megkaptuk annak eredményeit. Ezek az eredmények az általunk megadott sarokpontok alapján a 2030-as hazai energiarendszer működését írják le az erőforrás-takarékosság és a megújuló energiaforrások minél nagyobb mértékű felhasználásának szempontjából optimalizálva. Ahogy a bevezetésben már írtuk, ez az energiarendszer már átmenetet jelent a rugalmas energiarendszer kiépítése felé, így működésének logikája, szabályozási háttere is eltér a maitól.

A fentiekben a jövőkép bemutatása során már több ponton ismertettük a szimuláció eredményeit is, itt azonban szeretnénk külön kiemelni két fontos mutatót: az egyik a gazdaság összes elsődleges energiaellátása, a másik pedig a villamosenergia-termelés 2030-ban.

5.1. Összes elsődleges energiaellátás – energiamix 2011-ben és 2030-ban

2011-ben az összes elsődleges energiaellátás (TPES, nem energetikai felhasználás nélkül) az alábbi képet mutatta (11. ábra, fent): a felhasznált energia-hordozók körülbelül 90%-a fosszilis, a megújuló energiaforrások közül pedig a biomassa dominált.

2012-ben a biomassa részaránya a felhasznált megújuló energiaforrásokon belül már meghaladta a 81%-ot⁶⁹, amely elsősorban a lakossági fatüzelés és régi, szenes erőművekből átalakított, alacsony hatásfokú erőművek alapanyagaként szolgál. Az egyre jelentősebb import részarány és a nagy szállítási távolságok miatt ennek a gyakorlatnak a fenntarthatósága több szempontból is megkérdőjelezhető.



11. ábra: összes elsődleges energiaellátás 2011-ben (fent) és 2030-ban (lent) az IEA (2014) adatai és az EnergyPLAN szoftver eredményei alapján.

⁶⁹ KSH 2014

2030-ra az energiamix a következőképpen változik (11. ábra, lent):

- az összes energiaigény (a nem-energetikai célú fogyasztás nélkül) 2011 és 2030 között 3%-kal csökken, míg a Nemzeti Energiastratégia szerint 10%-kal nő;
- a legjelentősebb energiahordozó, a földgáz felhasználása 4%-kal, a széné közel 60%-kal csökken;
- elsősorban a közlekedés igénynövekedése miatt a kőolajfogyasztás közel 12%-kal nő;
- a nukleáris energiatermelés változatlan;
- a megújuló alapú energiatermelés 15 év alatt több mint másfélszeresére nő, miközben az egyes megújuló energiaforrások felhasználásának szerkezete kiegyenlítettetebbé válik: bár a szilárd biomassa felhasználása enyhén nő, a megújulókból való részaránya már csak 47% lesz 2030-ban.

5.2. Villamosenergia-termelés

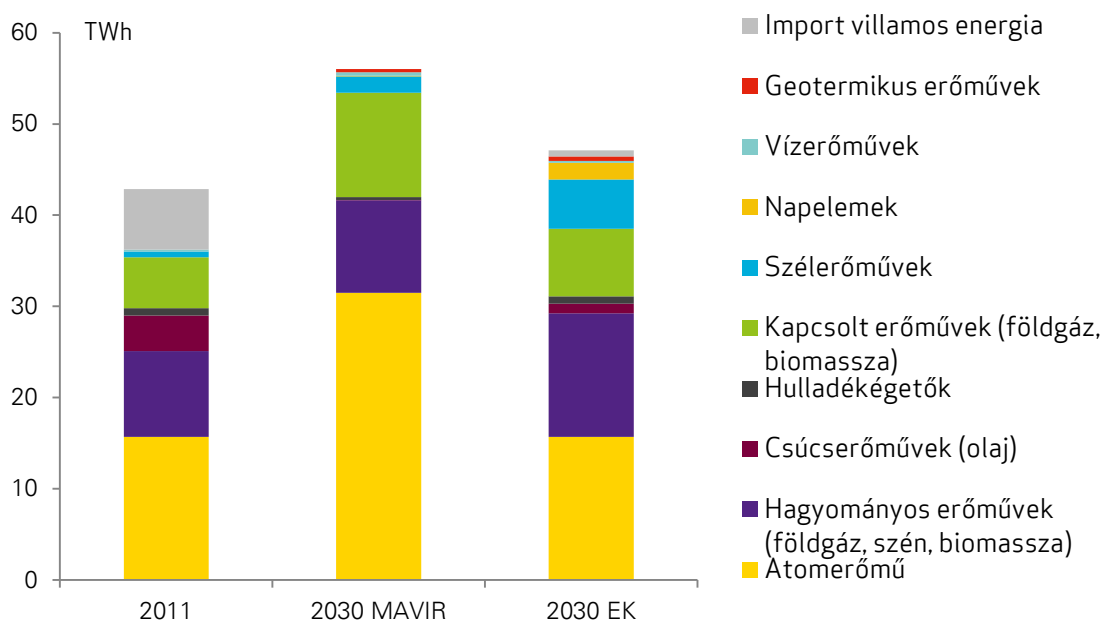
A villamosenergia-termelés jellemzésekor itt nem elsősorban a felhasznált energiahordozókban való változást, hanem a különböző erőműtípusok közötti elmozdulást, a rugalmas energiarendszer irányába való fejlődést, illetve a megújuló energiaforrások szerepének erőteljes növekedését szeretnénk hangsúlyozni.

A különböző erőműtípusok villamosenergia-termelésben való részétét mutatja a 12. ábra. 2011-ben az atomerőművek 37%-kal, a megújuló erőművek 6,4%-kal, míg az áramimport közel 16%-kal járult hozzá a hazai villamosenergia-termeléshez⁷⁰.

Az ábrán látható középső oszlop a MAVIR⁷¹ két legfrissebb forgatókönyvéből alkotott jövőkép 2030-ra. Ennek fő jellemzője, hogy 2030-ban már működik a két új paksi blokk, így az atomenergia részaránya a hazai áramtermelés több mint felét adja, igen jelentős exportkényszerrel. A megújuló villamosenergia-termelés részaránya 2030-ban 15%-ra nő⁷², ám ennek több mint 60%-a biomassa eredetű.

Az Energiaklub jövőképében a hatékonyság növelése és a megújuló energiaforrások felhasználásának ösztönzése prioritást élvez. A 2030-ra tervezett villamosenergia-igény növekedése a hivatalosnál alacsonyabb mértékű, 2013 és 2030 között átlagosan évi 0,88%. A megújuló áramtermelés részaránya 2030-ban 27,2%. A különböző megújuló energiaforrások – szél, nap, biomassa, víz, geotermia – aránya kiegyenlítettetebb lesz, a biomassa részaránya (felhasználásának növelése mellett) 50%-ra csökken.

Szimulációnk szerint 2030-ban Paks II nélkül, az energiahatékonyság és a megújuló kapacitások fejlesztésével lehetővé válik a hazai áramigény 98,6%-os ellátása a hazai erőművek segítségével.



12. ábra: villamosenergia-termelés 2011-ben és 2030-ban a hivatalos előrejelzés és az Energiaklub modellezése szerint. Forrás: Stróbl Alajos 2012, MAVIR 2014b, számítás az EnergyPLAN szoftverrel.

⁷⁰ IEA 2014
⁷¹ MAVIR 2014b

⁷² REKK 2011

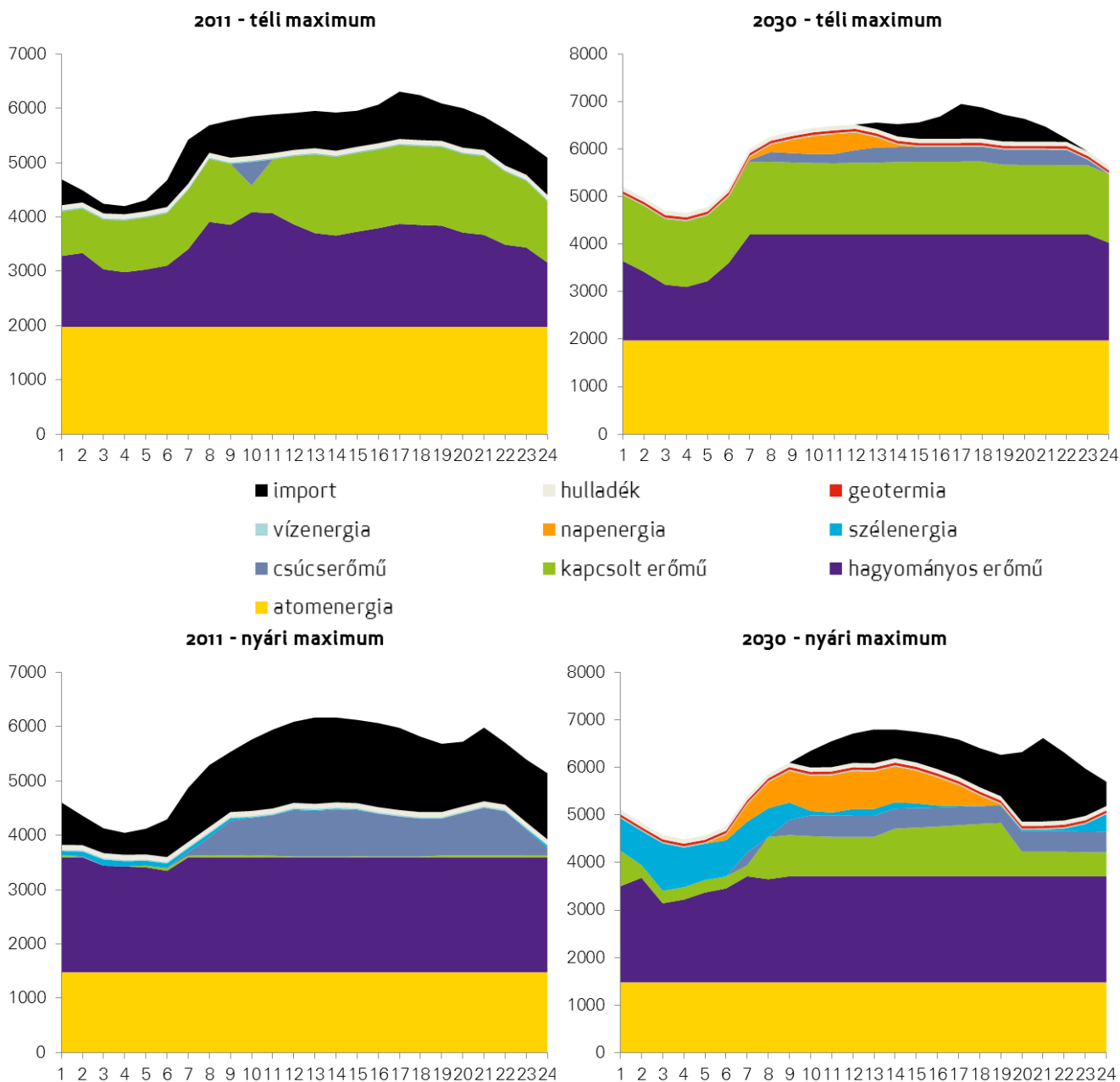
Így a 2011-es 6,6 TWh-hoz⁷³ vagy a 2013-as 11,9 TWh-hoz⁷⁴ képest minimális, 0,7 TWh villamosenergia-importra lesz szükség.

5.2.1. A legnagyobb igényű téli és nyári nap áramellátása

Az alábbi grafikonokon látható a hazai energia-termelés alakulása az EnergyPLAN szimulációja alapján 2011-ben és 2030-ban a legnagyobb áramigényű téli (nov. 24.) és nyári (aug. 25.) napon.

2011-ben mindkét napon folyamatos villamosenergia-importra volt szükség. Ezzel

szemben 2030-ban a magasabb energiaigények mellett is csak a délutáni-esti órákban jelent meg jelentősebb behozatal. A téli napon nem volt jelentősebb napsütés vagy szél, a nyári napon azonban láthatóan volt lehetőség napenergia-termelésre, amelyet a hajnali órákban szélenergia is kiegészített. A szoftver a megújuló termelésnek helyet adva leszabályozta a kapcsolt, és a menetrendtartó erőművek működését. A megújuló termelésnek köszönhetően így jelentős mennyiségű erőforrás és import áram spórolható meg.



13. ábra: villamosenergia-ellátás 2011-ben és 2030-ban a téli maximum és a nyári maximum napján.

Forrás: EnergyPLAN modellezés saját számítások, IEA 2014, MAVIR 2014c és Stróbl Alajos 2012 adatainak felhasználásával.

⁷³ IEA 2014

⁷⁴ MEKH, MAVIR 2014

5.2.2. A legszelesebb nap áramellátásának alakulása

2011-ben december 17-én termelték a legtöbb villamos energiát az ország szélturbinái: ezen a napon az igények közel 5%-át látták el, míg az import közel 14%-ot (14. ábra).

A 2030-as helyzetet leíró modellben azonban már 2800 MW szélenergia-kapacitás szerepel, amely ezen a napon akkora szélenergia-termelést biztosít, hogy Paks mellett szinte minden erőmű leáll, hogy helyet adjon a megújuló termelésnek. A kapcsolt erőművek ilyenkor természetesen előnyt élveznek a hagyományos erőművekkel szemben, hiszen attól, hogy fúj a szél, a decemberi hőigényeket el kell látni – szerencsére ezt a délelőtti napsütés is segíti.

A szeles időnek köszönhetően a 2011-es helyzettel szemben ezen a napon nem lenne szükség áram-importra, a szélenergia-termelés pedig 27%-ban látná el a napi áramigényeket. Ezzel jelentős mennyiségű földgázt, szenet és biomasszát takaríthat meg az ország, amely ráadásul sok település levegőminőségének javulásához is hozzájárulhat.

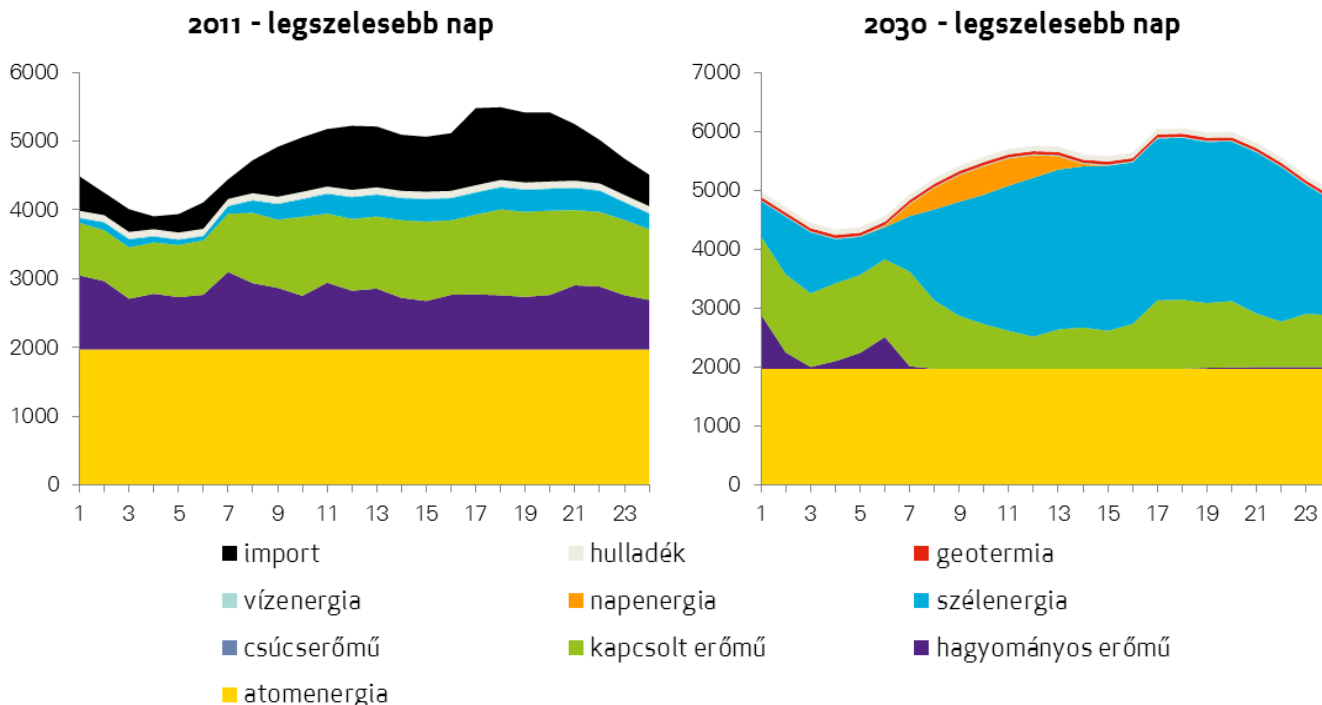
5.3. Lehetne jobb is!

A fentiekben egy olyan forgatókönyvet vizsgáltunk meg, amely Paks II alternatívájaként reálisan megvalósulhatna, hazai viszonyok között is.

Igyekeztünk olyan megújuló célszámokat meghatározni, amelyek jelentős fejlődést, ám kényelmesen teljesíthető feladatot jelentenek a korábbi hazai és nemzetközi megújuló fejlesztésekhez mérve. Ez tehát egy „zöld alap” forgatókönyvnek is tekinthető.

Azonban ha egészen hamar sikerülne nem csak megfelelő, de kifejezetten támogató és ösztönző körülményeket – támogató politikai akaratot, szabályozási, gazdasági, társadalmi környezetet – kialakítani a megújulók terjedése és a technológiai váltás gyorsítása érdekében, a fentieknél még jelentősebb megújuló kapacitások állnának rendelkezésünkre 2030-ban, akár a villamos-energia-termelésünk több mint 30%-át biztosítva.

Tovább csökkenthetné a fosszilis energiaforrások felhasználását, ha 2030-ra jelentékeny mértékben megvalósulnának az első helyi vagy regionális okos rendszerek vagy a fogyasztó oldali szabályozás első formái.



14. ábra: villamosenergia-ellátás 2011 és 2030 legszelesebb napján. Forrás: EnergyPLAN modellezés saját számítások, IEA 2014, MAVIR 2014c és Stróbl Alajos 2012 adatainak felhasználásával.

6. KÖVETKEZŐ LÉPÉSEK

6.1. A szükséges feltételek kidolgozása

Akár az általunk bemutatott „zöld alap-forgatókönyvet”, akár egy radikálisabb technológiai váltást szeretnénk megvalósítani, ehhez számos ponton változtatásokra van szükség mind az energia kérdésköréhez való hozzáállásunkban, mind a szabályozási háttérrel tekintve. A megvalósulás gyorsasága és sikeressége így az alábbi feltételeken (is) múlik:

- politikai támogatás;
- új megújuló szabályozás;
- az engedélyeztetési eljárások egyszerűsödése és más szükséges jogi változtatások (pl. a közösségi energiatermelés fogalmának tisztázása);
- tájékoztató kampányok a megújuló és energiahatékonysági beruházási lehetőségekről;
- háztartási és vállalkozói megújuló alapú és/vagy energiatakarékossági beruházások támogatása, pályázati rendszere;
- okos energiarendszerek, okos háztartások, helyi vagy regionális energiaellátási láncok pilot projektjei;
- a kapcsolódó kutatások támogatása (pl. a legmegfelelőbb hazai energiatakarékos megoldások vizsgálatáról);
- a villamos vezetékhálózat optimális fejlesztésének kidolgozása stb.

A fenti lehetőségek és szükséges lépések pontosítása, kidolgozása – például a hazai megújuló szabályozási és támogatási rendszer részletei – egy nagyon fontos következő lépés lenne, amely nagyban elősegítené és pontosítaná a hazai megújuló kapacitások fejlődésének várható ütemét. Ezek megléte nem csak az Energiaklub által felvázolt jövőkép előfeltétele, de mind a mai napig várat magára például a megújuló támogatási rendszer (METÁR) bevezetése is, ami évek óta visszafogja a megújuló alapú beruházások megvalósulását.

6.2. Várjuk a visszajelzéseket!

Alternatív jövőképünket – egyrészt az idő rövidege és korlátozott erőforrásaink okán – elsősorban egy szakmai vitaalaprak készítettük. Másrészt beláttuk, hogy független, nem kormányzati szervezetként nem feladatunk egy komplex, minden területet részletesen átfogó országos energiasztratégiát letenni az asztalra. Egy ilyen

dokumentum csakis széles szakmai és társadalmi párbeszéd keretében, minden illetékes és érintett szakmai és társadalmi szervezet, kutató, a mindennapi életben jártas vállalkozó szakember, politikus és laikus bevonásával történhet.

A remélhetőleg egyre szélesebb körű szakmai és társadalmi vita első lépéseként 2015. január 20-án egy konferencia keretében mutattuk be alternatív jövőképünket, melyre várjuk a visszajelzéseket elsősorban szakmai szervezetektől, szakemberektől, kutatóktól. A beérkező meglátásokat, javaslatokat, kritikákat beépítjük a jövőkép második, frissített verziójába, amely a gazdasági számítások alapját is képezni fogja.

6.3. És mennyibe kerül?

A fentiekben leírt számítógépes modellezésünk szakmai újdonsága az volt, hogy az EnergyPLAN szoftver segítségével bebizonyítottuk: technológiai szempontból óras felbontásban is működőképes az Energiaklub alternatív jövőképe. Azonban nem kerülhető meg a következő kérdés: és mindez mennyibe fog kerülni?

Hogy erre válaszolni tudjunk, a szakértőktől megkapott visszajelzések és a modell (feltehetően az EnergyPLAN egy újabb verziójával való) frissítése, korrekciója után a második verziót egy gazdasági szempontú vizsgálatnak is alávetjük. Az EnergyPLAN szoftver ugyanis kétféle szempontból képes optimalizálni a betáplált energetikai jövőkép működtetését: technológiai (minél kevesebb erőforrás-használat) vagy gazdasági (minél alacsonyabb költségek) alapon.

A különböző megújuló energiaforrások beruházási költségei, különböző energia-átalakítási költségek, a meglévő és újonnan épített erőművek működési és karbantartási költségei, az üzemanyagok várható világpiaci ára – számos más mutató közül ezeket is vizsgáljuk és jövőképünk esetében modellezzük majd tavasszal induló projektünkben, a Corvinus Egyetem munkatársaival együttműködve.

7. ZÁRSZÓ

Paks II-nek van alternatívája. Olyan alternatíva, amely valóban csökkenti a függőséget, energetikai és politikai szempontból is, hiszen nem kényszerít minket kiszolgáltatottságba egyetlen országtól sem.

Ez az alternatíva pedig működőképes. Legalábbis akkor, ha képesek vagyunk haladni a korrallal és új módon gondolkodni arról, hogyan állítjuk elő a mindennapokban szükséges energiát.

Ha képesek vagyunk meglátni, hogy az energia-gazdálkodás kérdése szorosan összefügg a hatalom, a demokrácia, a szegénység, a mezőgazdaság, az egészséges környezet, a közlekedés és általában a jóllét helyzetével, problémáival és lehetőségeivel, felismerhetjük, hogy Paks II ügye sokkal több, mint egy erőmű ügye. Paks II azt mutatja meg, milyen irányba szeretnénk fejlődni, hogyan akarunk gondolkodni a következő évtizedekben.

Az Energiaklub jövőképe csak egy a sok közül – van tehát választási lehetőségünk. Nem a biztonságos áramellátás és Paks II között kell döntenünk, hanem Paks II és a többi lehetőség között, melyek közül most egyet röviden bemutatunk. Bízunk benne, hogy a közeljövőben minél többet fogunk megtudni minél több energetikai alternatíva, minél több energiaellátási lehetőség részleteiről – beleértve Paks II-t is.

8. KÖSZÖNET

Köszönjük Weidinger Tamásnak (ELTE) és Sigmond Györgynek (MaTáSzSz) munkánk adatszolgáltatással való támogatását.

Köszönjük David Connollynak (Aalborg University) a modellépítésben nyújtott szakmai segítségét.

Köszönjük Futó Andrásnak (BME), Fülöp Orsolyának (Energiaklub), Harmat Ádámnak (ELTE), Kéri Andrásnak, Dr. Steier Józsefnek és Vetőné Mózner Zsófiának (Corvinus) hozzájárulásukat a jövőkép célszámainak kiszámításához, valamint hogy szakmai javaslataikkal, meglátásaikkal segítették munkánkat.

Köszönjük Dr. Kádár Péternek és Dr. Munkácsy Bélának a szakmai lektorálás során adott értékes hozzászólásokat, észrevételeket.

g. IRODALOMJEGYZÉK

- Ámon Ada, Kardos Péter, Kazai Zsolt, Perger András, Tóth Nelli (2006): Magyarország fenntartható energiastratégia. Energia Klub, Budapest, 2006.
- Barta Judit, Biró Péter, Hegedűs Miklós, Kapros Zoltán, Unk Jánosné (2011): A megújuló energia hasznosítási cselekvési terv hatásai a hazai villamos energia piacra. Energiapolitikai Füzetek XXIV. szám, GKI Energiakutató és Tanácsadó Kft., Budapest, 2011.
- Bartholy Judit, Breuer Hajnalka, Pieczka Ildikó, Pongrácz Rita, Radics Kornélia (2013): Megújuló energiaforrások. ELTE TTK FFI Meteorológiai Tanszék, Budapest, 2013.
- Büki Gergely, Lovas Rezső (2010): Megújuló energiák hasznosítása. Köztisztviselői Stratégiai Programok, Magyar Tudományos Akadémia, Budapest, 2010.
- Christian Hewicker, Michael Hogan, Arne Mogren (2011): Power Perspectives 2030 – On the road to a decarbonised power sector. European Climate Foundation, 2011.
- Csokonyai Tamás (2013): Épülettípológia a hazai lakóépület-állomány energetikai modellezéséhez - Háttér tanulmány a Nemzeti Épületenergetikai Stratégiához. Előadás, 2013. április 18.
- Dán Klíma- Energia- és Építésügyi Minisztérium (2011): From coal, oil and gas to green energy (weboldal), 2011. <http://www.kemin.dk/en-us/newsandpress/news/2011/sider/energystrategy2050.aspx>
- David Connolly, Brian Vad Mathiesen, Poul Alberg Østergaard, Bernd Møller, Steffen Nielsen, Henrik Lund, Daniel Trier, Urban Persson, Daniel Nilsson, Sven Werner (é.n.): Heat Roadmap Europe 2050 – First pre-study for EU27. Aalborg University és Halmstad University, Brüsszel,
- Die Bundesregierung (2010): Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung.
- Energy Consumption and CO₂ Emissions. OECD/IEA, Párizs, 2012.
- EurObserv'ER (2009): Photovoltaic Energy Barometer 2009.
- EurObserv'ER (2014a): Photovoltaic Barometer.
- EurObserv'ER (2014b): Wind Energy Barometer.
- Európai Parlament és Tanács 2010/31/EU irányelve (2010. május 19.) az épületek energiahatékonyságáról.
http://europa.eu/legislation_summaries/internal_market/single_market_for_goods/construction/en0021_hu.htm
- Eurostat (2014): Energy dependence; Supply, transformation, consumption - all products - annual data; Share of energy from renewable sources adattáblái
- EWEA (2010): Cumulative installed capacity per EU Member State 1998 - 2009 (MW). European Wind Energy Association, 2010.
- EWEA (2011): EU Energy Policy to 2050: Achieving 80-95% emissions reductions. A report by the European Wind Energy Association. Brüsszel, 2011.
- Factor 10 Institute <http://www.factor10-institute.org>
- Fischer Anita, Hlatki Miklós, Mezősi András, Pató Zsuzsanna (2009): Geotermikus villamosenergia-termelés lehetőségei Magyarországon. Műhelytanulmány. Regionális Energiagazdasági Kutatóközpont, Budapesti Corvinus Egyetem, 2009.
- FŐTÁV (2014): A Budapest kelenföldi távhőrendszer 2011-es órás adatai. Sigmond György (MaTáSzSz) adatszolgáltatása a FŐTÁV Zrt. hozzájárulásával.
- Fülöp Orsolya (2011): NegaJoule2020 - A magyar lakóépületekben rejlő energiamegtakarítási lehetőségek. Energiaklub, 2011. Letölthető: <http://energiaklub.hu/publikacio/negajoule2020>
- Fülöp Orsolya (2013): Állami oktatási és irodaépületek energiahatékonysági potenciálja. Energiaklub, 2013. Letölthető: <http://energiaklub.hu/publikacio/allami-oktatasi-es-irodaepuletek-energiahatekonysagi-potencialja>
- Fülöp Orsolya, Kun Zsuzsanna (2014): Lakossági Energiahatékonysági Barométer 2014. Energiaklub, 2014. Letölthető: <http://energiaklub.hu/publikacio/energiahatekonysagi-barometer-2014>
- Fülöp Orsolya, Varga Katalin (2013): Lakóépületekben elérhető megújulóenergia-potenciál. Energiaklub, 2013. Letölthető:

<http://energiaklub.hu/publikacio/lakoepuletekben-elerheto-megujuloenergia-potencial>

Harmat Ádám (2013): A szilárd biomassza alapú kiserőművek elterjedési feltételei, különös tekintettel Magyarországra. Szakdolgozat. Debreceni Egyetem, Természettudományi és Technológiai Kar, Pilisvörösvár, 2013.

Henrik Lund (2010): Renewable Energy Systems: The Choice and Modeling of 100% Renewable Solutions. – Academic Press (Elsevier), USA, 2010.

Henrik Lund (szerk.)(2011): Coherent Energy and Environmental System Analysis. Department of Development and Planning, Aalborg University

IEA (2014): Magyarország statisztikai adatai <http://www.iea.org/countries/membercountries/hungary/statistics/>

IEA, UIC (2012): Railway Handbook 2012:

Jan Van De Putte, Rebecca Short (2011): Hálózatok harca – 2011. évi jelentés. Kiadja a Greenpeace International: Battle of the grids című kiadványa nyomán a Greenpeace Magyarország Egyesület, Budapest, 2011.

Kádár Péter, Lovassy Rita (2012): Spatial load forecast for Electric Vehicles. In: Logistics and Industrial Informatics (LINDI), 2012 4th IEEE International Symposium, pp.163-168, 5-7 Sept. 2012

KPMG (2010): A biomassza, mint erőművi tüzelőanyag keresletének, kínálatának valamint árának 2010-2020 időszakra vonatkozó éves előrejelzése. Jelentés. KPMG Tanácsadás, Energetikai és közüzemi szektor, 2010.

KSH (2014): a KSH éves adatsorainak 3.8.1-2, 5.7.2-4. adattáblái.

MAVIR (2013a): A Magyar Villamosenergia-rendszer fogyasztói igényeinek előrejelzése 2013. Magyar Villamosenergia-ipari Átviteli Rendszerirányító ZRt., Budapest, 2013.

MAVIR (2013b): A Magyar Villamosenergia-rendszer közép- és hosszú távú forrásoldali kapacitásfejlesztése 2013. Magyar Villamosenergia-ipari Átviteli Rendszerirányító ZRt., Budapest, 2013.

MAVIR (2014a): A Magyar Villamosenergia-rendszer fogyasztói igényeinek előrejelzése 2014. Magyar Villamosenergia-ipari Átviteli Rendszerirányító ZRt., Budapest, 2014.

MAVIR (2014b): A Magyar Villamosenergia-rendszer közép- és hosszú távú forrásoldali kapacitásfejlesztése 2013. Magyar Villamosenergia-ipari Átviteli Rendszerirányító ZRt., Budapest, 2014.

MAVIR (2014c): VER forgalmi adatok. Adatpublikáció a MAVIR honlapján. Elérhető: <http://mavir.hu/web/mavir/ver-forgalmi-adatok>

MEH (2009): A magyar villamosenergia-rendszerbe illeszthető szélenergia-mennyisége.

MEKH (2013): Beszámoló a megújuló alapú villamosenergia-termelés, valamint a kötelező átvételi rendszer 2012. évi alakulásáról.

MEKH, MAVIR (2012): A magyar villamosenergia-rendszer (ver) 2011. évi statisztikai adatai.

MEKH, MAVIR (2014): A magyar villamosenergia-rendszer (ver) 2013. évi statisztikai adatai.

Munkácsy Béla (szerk.)(2011): Erre van előre! Egy fenntartható energiarendszer keretei Magyarországon – Vision 2040 Hungary 1.0. Szigetszentmiklós: Környezeti Nevelési Hálózat Országos Egyesület, 2011.

Munkácsy Béla (szerk.)(2014): A fenntartható energiagazdálkodás felé vezető út: Erre van előre! – Vision 2040 Hungary 2.0. ELTE TTK, Környezet- és Tájföldrajzi Tanszék, Környezeti Nevelési Hálózat Országos Egyesület, Budapest, 2014.

Munkácsy Béla, Sáfián Fanni (2011): A Vision 2040 Hungary energia-forgatókönyv által felvázolt jövőkép. In: Munkácsy Béla (szerk.): Erre van előre! Egy fenntartható energiarendszer keretei Magyarországon – Vision 2040 Hungary 1.0. Szigetszentmiklós: Környezeti Nevelési Hálózat Országos Egyesület, 2011. pp. 114-116.

NFM (2011): Magyarország Megújuló Energia Hasznosítási Cselekvési Terve.

NFM (2012): Nemzeti Energiastratégia 2030. Nemzeti Fejlesztési Minisztérium, 2012.

NFM (2013): Nemzeti Közlekedési Konceptió. Vitaanyag. Stratégia Konzorcium, 2013.

Paár István, Szoboszlai Miklós (2013): NEMZETI KÖZLEKEDÉSI STRATÉGIA (NKS) Közlekedés Energiahatékonyság-javítási Cselekvési Terv 2013-2020 (2050). Stratégia Konzorcium, 2013.

PwC (2012): A look into the future of e-cars: The expected development of the electric car segment in Hungary. PricewaterhouseCoopers Kft, 2012.

PYLON (2010): Magyarország 2020-as megújuló energiahasznosítási kötelezettség vállalásának teljesítési ütemterv javaslata – Műszaki-gazdaságossági megújuló energiaforrás potenciál vizsgálata, a célkitűzés teljesítésére vonatkozó NCST bontása szerinti forgatókönyvek. „C” kötet. PYLON Kft., Budapest, 2010.

REKK (2011): A Nemzeti Energiastratégia 2030 gazdasági hatáselemzése. Regionális Energiagazdasági Kutatóközpont, Budapest, 2011.

Sáfián Fanni (2012): A fosszilizektől a megújuló energiaforrásokig – a technológiai váltás térbeli vonatkozásai és a hazai energiarendszer modellezése az EnergyPLAN szoftverrel. Diplomamunka. Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest, 2012.

Severnyák Krisztina, Fülöp Orsolya (2013): Épületenergetikai követelményértékek optimalizálása. Energiaklub, 2013. Letölthető: <http://energiaklub.hu/publikacio/energetikai-koltsegek-optimalizalasa>

Stróbl Alajos (2012): A magyar villamosenergia-ellátás előző évi változásainak elemzése, különös tekintettel a kapacitások változására. Tanulmány. MAVIR – PÖYRY-ERŐTERV, 43 p.

Sven Teske, Oliver Schäfer, Arthouros Zervos (2007): Energia[forradalom]: A fenntartható energiagazdálkodás lehetőségei Magyarországon a 21. században. Greenpeace Central and Eastern Europe, Greenpeace Magyarország Egyesület, Veszprém, 2007.

Sven Teske, Stoll Barbara, Arthouros Zervos, Josche Muth (2011): ProgresszívEnergia[forradalom]: A fenntartható energiagazdálkodás lehetőségei Magyarországon. Greenpeace International, European Renewable Energy Council, Budapest, 2011.

Szajkó Gabriella (kut.vez.)(2009): Erdészeti és ültetvény eredetű fás szárú energetikai biomassa Magyarországon. Műhelytanulmány. Regionális Energiagazdasági Kutatóközpont, Budapesti Corvinus Egyetem, 2009.

Századvég (2012): Ágazati elemzés – Megújuló energia termelés. Századvég Gazdaságkutató Zrt., 2012.

Tóth Péter és Csók Levente (2014): K+F tevékenységek racionalizálása, ágazati összehangolása: Kutatóközpont stratégiájának létrehozása – WIND technologies. Széchenyi István Egyetem, Műszaki Tudományi Kar, Környezetmérnöki Tanszék, 2014.

10. ÁBRA- ÉS TÁBLÁZATJEGYZÉK

Ábrajegyzék

1. ábra: egy átlagos nap energiaigényének ellátása a jelenlegi villamosenergia-rendszerben. Készült a Greenpeace (Jan Van De Putte, Rebecca Short 2011) ábrájának felhasználásával.	8
2. ábra: egy átlagos nap energiaigényének ellátása egy rugalmas energiarendszerben. Készült a Greenpeace (Jan Van De Putte, Rebecca Short 2011) ábrájának felhasználásával.	8
3. ábra: európai megújuló alapú szuperhálózat 2050-ben. Forrás: EWEA 2011.	10
4. ábra: az EnergyPLAN 11.3 verziójának nyitóoldala. Forrás: www.energyplan.eu.	12
5. ábra: szektorális villamosenergia-igények alakulása 1990 és 2012 között az Eurostat adatai, 2012-től az Energiaklub számításai alapján, összehasonlítva a Nemzeti Energiastratégia 2030 és a MAVIR előrejelzésével. Adatok forrása: Eurostat 2014, NFM 2011, MAVIR 2014a és az Energiaklub számításai.	18
6. ábra: fűtési célú energiafelhasználás 2011-ben és az Energiaklub jövőképében. Forrás: IEA 2014, saját számítás.	22
7. ábra: az ipar, a szolgáltatások és a mező-gazdaság összes energiaigényének alakulása 2012-ig és előrejelzése 2030-ig. A számításhoz használt adatok forrása: Eurostat 2014.	22
8. ábra: szektorális energiaigények változása 2011 és 2030 között. Forrás: saját számítás Eurostat 2014 alapján.	23
9. ábra: villamosenergia-igénygörbe 2030-ban. Készült a MAVIR (2014c) adatainak felhasználásával.	23
10. ábra: hőenergia-igénygörbe 2030-ban. Készült a FŐTÁV (2014) adatainak felhasználásával.	24
11. ábra: összes elsődleges energiaellátás 2011-ben (fent) és 2030-ban (lent) az IEA (2014) adatai és az EnergyPLAN szoftver eredményei alapján.	25
12. ábra: villamosenergia-termelés 2011-ben és 2030-ban a hivatalos előrejelzés és az Energiaklub modellezése szerint. Forrás: Stróbl Alajos 2012, MAVIR 2014b, számítás az EnergyPLAN szoftverrel.	26
13. ábra: villamosenergia-ellátás 2011-ben és 2030-ban a téli maximum és a nyári maximum napján. Forrás: EnergyPLAN modellezés saját számítások, IEA 2014, MAVIR 2014c és Stróbl Alajos 2012 adatainak felhasználásával.	27
14. ábra: villamosenergia-ellátás 2011 és 2030 legszelesebb napján. Forrás: EnergyPLAN modellezés saját számítások, IEA 2014, MAVIR 2014c és Stróbl Alajos 2012 adatainak felhasználásával.	28

Táblázatjegyzék

1. táblázat: szoftver hazai alkalmazhatóságának validálása: a 2011-es modell eredményeinek összehasonlítása a 2011-es statisztikai adatokkal. Adatok forrása: IEA 2014, MEKH 2013, MEKH, MAVIR 2014, saját számítás.	15
2. táblázat: erőművek 2030-ban az Energiaklub jövőképe szerint. Adatok forrása: MAVIR 2014b és az Energiaklub számításai. A megújuló erőművek (napelem-geotermia) esetében a hatásfok oszlopokban az általunk használt kapacitásfaktorokat tüntettük fel.	19
3. táblázat: napenergia-kapacitás 2008-ban és 2013-ban néhány európai országban, valamint jövőbeli fejlesztések Magyarországon az Energiaklub jövőképe alapján. Forrás: EurObserv'ER 2009, 2014a, saját számítás.	20
4. táblázat: szélenergia-kapacitás 2008-ban és 2013-ban néhány európai országban, valamint jövőbeli fejlesztések Magyarországon az Energiaklub jövőképe alapján. Forrás: EWEA 2010, EurObserv'ER 2014b, saját számítás.	20

11. MELLÉKLET

1. számú melléklet: részletes erőműlista az Energiaklub 2030-as jövőképe szerint, összehasonlítva a 2011-es kapacitásokkal.

	KAPACITÁS		HATÉKONYSÁG				ENERGIA-TERMELÉS			FELHASZNÁLT PRIMER ENERGIA					
	2011	2030	Elektr.	Hő	Osszesen	Aram	Hő	Szén	Olaj	Földgáz	Egyéb ¹	Osszesen	PJ	PJ	PJ
	MW	MW	%	%	%	TWh	PJ	PJ	PJ	PJ	PJ	PJ			
0 Paksi Atomerőmű	2000	2000	31,0	0,3	31,0	15,0	0,5	0,0	0,0	0,0	164,0	164,0			
4 Dunamenti Erőmű	1929	408	54,0	0,0	54,0	1,3	0,0	0,0	0,0	8,0	0,0	8,0			
5 Új OCGT egységek		500	30,9	0,0	30,9	0,0	0,1	27,6	0,1	0,6	2,9	31,2			
4 Mátrai Erőmű	950	475	35,3	0,3	35,6	3,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			
X Tisza II. Erőmű	900														
2 Gázmotorok	509	600	34,2	43,8	78,0	2,6	1,0	0,0	0,0	8,6	0,0	8,6			8,6
4 Gönyői Erőmű	433	433	54,7	0,0	54,7	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			0,0
4 Csepeli Erőmű	410	410	50,2	11,6	61,9	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			0,0
2 Gázturbinák (GT és CCGT)	257	340	29,3	46,6	75,9	1,7	1,8	0,0	0,0	3,3	0,0	3,3			3,3
X Oroszlányi Erőmű	240														
X Tiszapalkonyai Erőmű	200														
3 Kelenföldi Erőmű	196	186	19,9	54,7	74,6	0,2	0,2	0,0	0,0	0,3	0,0	0,3			0,3
X Lőrinci Erőmű	170	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			0,0
2 Gózturbinák	168	50	24,0	33,6	57,6	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			0,0
1 Pannon Erőmű	132	85	10,9	60,6	71,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			0,0
X Bakonyi GT Erőmű (BVMT)	120														
X Litéri GT Erőmű	120														
X Sajószögedi GT Erőmű	120														
3 Kiszesti Erőmű	114	114	32,5	54,7	87,2	0,2	1,0	0,0	0,0	2,4	0,0	2,4			2,4
3 Újpesti Erőmű	110	110	33,7	54,7	88,4	0,2	3,1	0,0	0,1	6,1	0,0	6,2			6,2
1 Ajkai Erőmű	102	89	9,2	51,0	60,1	0,1	12,0	0,0	0,0	27,4	0,0	27,4			27,4
3 Debreceni Erőmű (DKCE)	95	95	34,5	41,7	76,2	0,2	9,5	0,0	0,0	20,4	0,0	20,4			20,4
1 ISD Power (Dunaújváros)	69	65	7,5	50,0	57,5	0,1	1,4	0,0	0,6	3,6	0,0	4,2			4,2
2 Régi és új biogáz erőművek	14	350	27,0	57,0	84,0	0,8	12,1	0,0	0,0	0,0	20,4 ²	20,4			20,4
2 Szilárd biomassza	105	825	33,0	51,0	84,0	2,2	5,8	0,0	0,0	10,3	0,0	10,3			10,3
Szélturbinák	329	2800	99,2	0,0	99,2	5,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			0,0
Napelemek	1	1400	1,0	0,0	1,0	1,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			0,0
Geotermikus erőművek	0	67				0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			0,0
Vízerőművek	52	66	97,2	0,0	97,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			0,0
Hulladékégetők	27 ³	47	46,1	22,8	68,9	0,8	0,1	0,0	0,0	0,0	1,7	1,7			1,7
Összes nagyerőmű	8578	5020	28,5	27,5	56,1	23,1	27,8	27,6	0,8	68,8	166,9	264,1			264,1
Összes kiserőmű	1294	6495	45,9	27,6	73,5	15,9	20,8	0,0	0,0	22,2	22,1	44,3			44,3
Összes hazai erőmű	9872	11515	37,2	27,6	64,8	39,0	48,6	27,6	0,8	91,0	189,0	308,4			308,4

Megjegyzések:

Az első oszlopban található számok a szoftverbe töltéshez szükséges erőműcsoportokat jelölik:

- o Atomerőmű
- 1 Főleg hőt termelő erőmű (a modellben fűtőműként működik)
- 2 Kis kapcsolt erőművek
- 3 Nagy kapcsolt erőművek (ált. 50 MW felett)
- 4 „Hagyományos”, csak áramot termelő erőművek (a modellben nincs hőtermelés)
- 5 Csúcserőművek

Lábjegyzetek:

1 Egyéb energiahordozók: atomenergia, biomassza, hulladék.

2 A biogáz-erőművek biogázt használnak fel, a szoftver ezt azonban a földgázfogyasztással együtt kalkulálja (a kimutatásnál ez az érték azonban már a megújulóknál szerepel).

3 Hulladékégetők: a 2011-es adat csak szerves hulladékokra vonatkozik. A 2030-as modellben a hulladékégetésből származó energia fele megújuló, fele fosszilis alapúnak számít.

Források:

- 2011-es erőműlista és kapacitások: Stróbl Alajos 2012.
- Fosszilis erőművek kapacitásai és részletes jellemzői (kivéve: Mátrai Erőmű, Új OCGT egységek): MAVIR 2014b (a MAVIR által készített A és B forgatókönyv összevonásával)
- Megújuló erőművek, valamint a Mátrai Erőmű és Új OCGT egységek kapacitásai és részletes jellemzői: az Energiaklub saját számításai (a 4.2. bekezdésben feltüntetett források felhasználásával), MAVIR 2014b, Stróbl Alajos 2012.

KUTATÁS KOMMUNIKÁCIÓ KÉPZÉS

DÖNTÉSHOZÓKNAK, ÖNKORMÁNYZATOKNAK,
VÁLLALATOKNAK ÉS HÁZTARTÁSOKNAK

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