

Körmendi Krisztina

kormendi@dcs.vein.hu

Solymosi József

solymosi.jozsef@zmne.hu

A VILLAMOSENERGIA TERMELÉS KÖRNYEZETRE GYAKOROLT HATÁSA, A SZÉN-DIOXID KIBOCSÁTÁSSAL NEM JÁRÓ VILLAMOSENERGIA TERMELÉS LEHETŐSÉGEI ÉS KORLÁTAI

Absztrakt

Jelenleg a villamosenergia termelés nagymértékben fosszilis tüzelőanyagok felhasználásával történik, mely szén-dioxid kibocsátással jár. A szén-dioxid - üvegházhatású gázként - a globális felmelegedés legfontosabb okozója. A mindennapi léthez - egyre nagyobb mennyiségben - szükséges a villamosenergia, de figyelembe kell venni a növekvő termelés környezetkárosító, éghajlat módosító hatását is. Az éghajlat-politikai célok eléréséhez csökkenteni kell a szén-dioxid kibocsátás mértékét.

Közleményünkben összefoglaljuk a szén-dioxid kibocsátás csökkentésének elvi lehetőségeit, elemezzük a szén-dioxid kibocsátással nem járó energiatermelési módok közül az atomenergia és a szélenergia alkalmazásának előnyeit és hátrányait. Kitérünk a Magyarország számára legfontosabb éghajlatvédelmi szabályozási tendenciákra és a megújuló felhasználásának növelésével kapcsolatos stratégiai célkitűzésekre; valamint áttekintjük az atom- és szélenergia magyarországi hasznosításának néhány lehetőségét és korlátját.

Presently the generation of electric power use basically fossil fuels, the use of which causes carbon-dioxide emission. The carbon dioxide – as a greenhouse gas – is one of the main reasons of the global warming. For today's life energy is more and more needed and the environmental damage and global climate changing caused by the growing generation must be treated. In order to achieve the climate political goals the emission of carbon dioxide must be lowered.

The article summarizes the general methods aimed to lower the emission, and analyse the general advantages and disadvantages of applying nuclear and wind energy. Outlines the climate protection regulation aspects most important for Hungary, the strategic goals regarded to extend the application of renewable, and some of the possibilities and limits of using nuclear and wind energy in Hungary.

Kulcsszavak: éghajlatváltozás, üvegházhatású gáz, villamosenergia termelés, megújuló energiák, atomenergia, emisszió kereskedelmi rendszer ~ climate change, greenhouse gases, power generation, renewable energy sources, nuclear energy, emission trading system

BEVEZETÉS

Mára már általánosan elfogadott nézet, hogy a modern társadalom és gazdaság kialakulásával egy időben annak környezeti hatásai is megjelentek, globális éghajlatváltozás kezdődött meg, mely elsősorban az üvegházhatás megjelenésével magyarázható.

Ebben a közleményben röviden áttekintjük a villamosenergia termelés szerepét az üvegházhatású gázok kibocsátásában valamint a kibocsátás csökkentésének lehetőségeit. Egyéni értékelő elemzést adunk a szén-dioxid kibocsátással nem járó termelési módok közül az atom- és szélenergia alkalmazásának általános és magyarországi lehetőségeiről és feltételeiről. Jelen közlemény keretei közt nem térünk ki a többi megújuló energiatípus alkalmazásának általános és magyarországi lehetőségeire valamint nem vizsgáltuk a megújuló alkalmazása terén hazánkban elért eredményeket és további lehetőségeket. Ez utóbbiak áttekintése külön elemzés tárgyát képezhetné.

Az üvegházhatású gázok kibocsátásában az energia szektor, azon belül is az villamosenergia termelés jelentős szerepet játszik. Ugyanakkor a villamosenergia-termelés és felhasználás a fejlődés egyik legfontosabb előre mozdítója, egyben a fejlettségi szint mutatója is. Az energiatermelés jelenleg többségében fosszilis energiahordozókra alapul, melyek az üvegházhatású gázok kibocsátásának fő forrásai, így a fejlődés előrehaladásával, az energia igény növekedésével párhuzamosan az üvegházhatású gázok kibocsátásának növekedése várható.

A Kormányközi Éghajlat változási Panel (IPCC) tudósainak véleménye szerint az éghajlatváltozás már folyamatban van, valamint a - korábbi kibocsátás miatt - akkor is bekövetkeznek változások az éghajlatban, ha a jelenlegi kibocsátás drasztikusan csökkenne.

Az IPCC 2007-es előrejelzése [1] szerint a következő két évtizedben a globális átlaghőmérséklet növekedése évtizedenként 0,2 °C fokra becsülhető. További 0,1 °C évtizedenkénti emelkedés várható, abban az esetben, ha az üvegházhatású gázok és aeroszolok légköri koncentrációja a 2000. évi szinten marad. Ha a kibocsátás a jelenlegi vagy az azt meghaladó mértékben folytatódik, akkor további hőmérsékletemelkedés várható. A várható változás nagy (több mint 90%-os) valószínűséggel nagyobb lesz a 21. században, mint a 20. században volt. A 21. század utolsó évtizedében a globális átlaghőmérséklet 1,8-4 °C fokkal lesz magasabb, mint a 20. század utolsó két évtizedében volt. A hóval borított területek nagysága tovább csökken, a tengerszint tovább emelkedik. Nagy (több mint 90%-os) valószínűséggel gyakoribbak lesznek a meleg hullámok, a szélsőségesen meleg időszakok, az erős csapadékkal járó időjárási események. Jelentős (több mint 66%-os) valószínűséggel a trópusi ciklonok egyre hevesebbé válnak.

Az említett és a további időjárási változások számos káros hatással járnak az élővilágra és az emberi társadalmak életére, következzenek néhány példa a teljesség igénye nélkül. Az IPCC előrejelzés szerint Európában várhatóan megnőnek a régiók közötti különbségek a rendelkezésre álló természeti erőforrások terén. Megnő a belvizek, árvizek gyakorisága és a talajerózió mértéke. A hegyvidéki területeken a gleccserek visszahúzódnak, a hóval borított terület nagysága csökken, visszaesik a téli turizmus, a fajok széleskörű kipusztulása várható. Az időjárási ingadozások által eddig is érintett déli régióban tovább romlanak a körülmények

(hőség, szárazság). Csökken a rendelkezésre álló víz mennyisége, ami kedvezőtlenül befolyásolja a vízenergia-termelés és a nyári turizmus lehetőségeit, visszaesést okoz a mezőgazdasági termelésben. Erőteljesebbé válik a meleg hullámok emberi egészségre gyakorolt kedvezőtlen hatása, megnő az erdőtüzek gyakorisága.

A társadalom a környezet káros változásaira alapvetően két módon reagálhat: megpróbálja megelőzni azokat, illetve alkalmazkodik a már bekövetkezett változásokhoz. A megelőzés eszköze az éghajlatváltozást előidéző üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentése, melyre több lehetőség is adódik:

- 1) Energiatakarékosság, energiahatékonyság javítása
- 2) Tüzelőanyag váltás
 - a) A fosszilis energiahordozókon belül (pl. szénről földgázra)
 - b) Karbon semleges energiahordozók (atomenergia és megújuló energiaforrások) felhasználására történő átállás
- 3) Az üvegházhatású gázok leválasztása, megkötése, tárolása
 - a) Természetes módon – a fotoszintézis révén - erdősítéssel
 - b) Mesterséges módon kémiai, fizikai eljárásokkal [2]

Az energiatakarékosság, energiahatékonyság javításával kevesebb energiára lesz szükség, így az energiatermelés és annak üvegházhatású gáz kibocsátása szintén csökken. A kevesebb üvegházhatású gázt kibocsátó vagy kibocsátást egyáltalán nem okozó energiahordozók alkalmazásával a légkörbe kerülő üvegházhatású gázok mennyisége szintén csökkenthető. Mindezek mellett lehetőség van a már kibocsátott gázok a légkörből történő kivonásával csökkenteni a légkörben felhalmozódott mennyiséget.

Az éghajlatváltozáshoz történő alkalmazkodás célja az éghajlatváltozás által okozott károk enyhítése és a társadalom rugalmas reagálási képességének növelése. Eszközei a védekezés (pl. aszály ellen öntözéssel) és a visszavonulás (pl. áttérés aszálytűrő kultúrák termesztésére) [2].

ENERGIATAKARÉKOSSÁG, ENERGIAHATÉKONYSÁG JAVÍTÁSA

Közgazdasági tanulmányok szerint egy sor olyan beruházás létezik, melyek a termelési költségeket és az üvegházhatású gáz kibocsátást egyaránt csökkentik. Más tanulmányok ezt vitatják, hiszen akkor ezek a beruházások nem maradnának tömegesen kihasználatlanul. Ezen energiahatékonysági paradoxon magyarázata alapulhat kedvezőtlen intézményi adottságokon (költségvetés tervezésének sajátosságai), piaci struktúrákon (pl. piaci erőfölény kihasználása), ártorzító támogatások hatásain, de figyelembe kell venni az ilyen technológiákhoz kapcsolódó információ hiányt, tranzakciós költségeket, a beruházásból adódó technológia váltás kockázatait¹ [2].

Az energiahatékonyság növelésére komoly lehetőségek vannak, a fejlettebb technológiák alkalmazásával az energiahatékonyság növelhető. A lehetőségeket a széles körben alkalmazott és az ismert legjobb technológiák fajlagos energiafelhasználásának összehasonlításával szemléltethetjük (lásd 1. táblázat). Az adatok azt mutatják, hogy az elterjedt technológiák fajlagos energiafelhasználása meghaladja az ismert legjobb

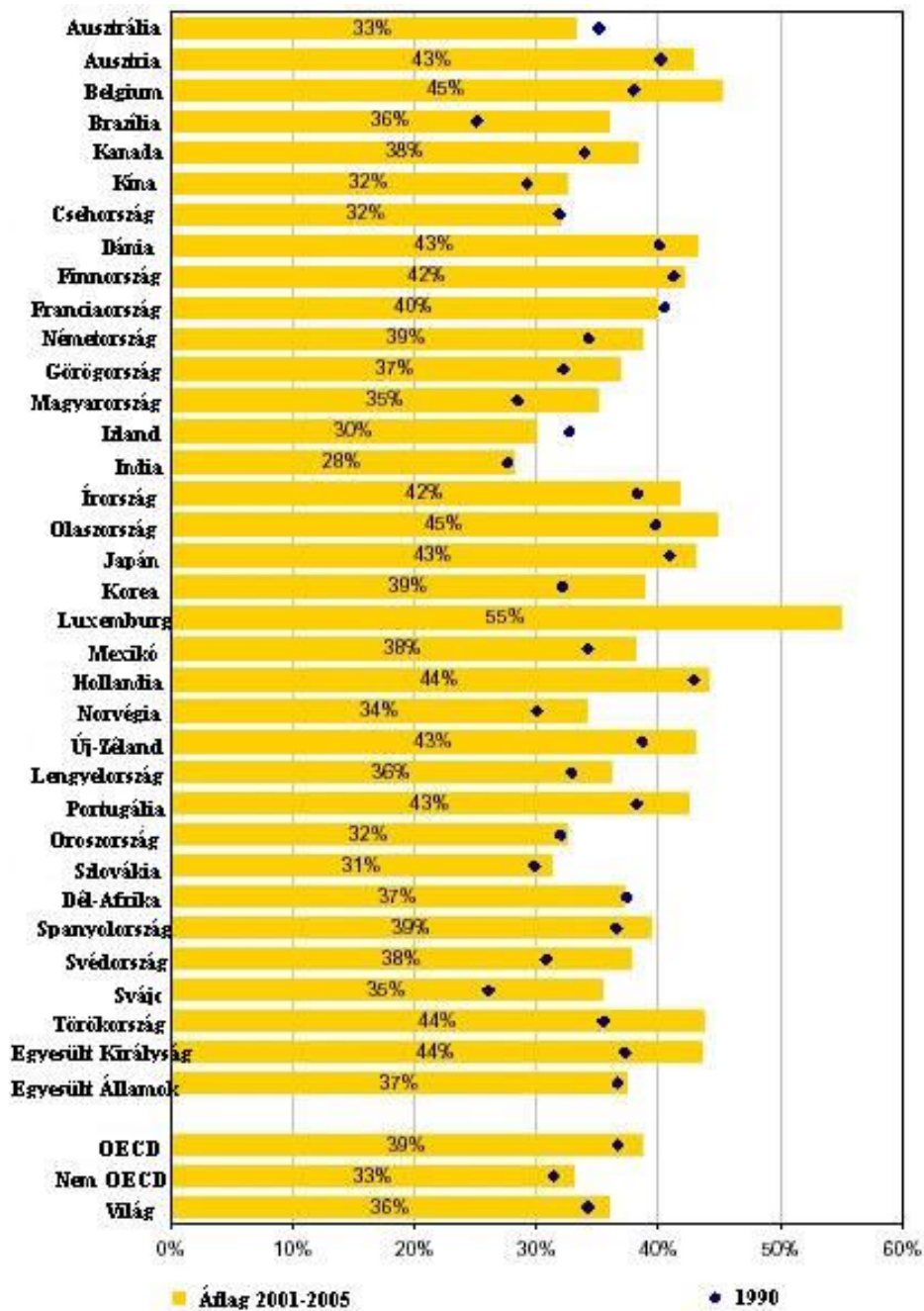
¹ Ezen hatások elemzésére jelen összefoglaló keretében nem térünk ki részletesebben. A témában bővebb információt Lesi Márta és Pál Gabriella „Az üvegházhatású gázok kibocsátásának szabályozása, és a szabályozás hatása a villamosenergia termelő vállalatokra Magyarországon” című munkája [1] tartalmaz.

technológiákét, vagyis pusztán a már ma is ismert (és alkalmazott) legjobb a technológiákra történő váltással energia lenne megtakarítható.

	Petrol kémia	Ammónia	Vas és acél	Cement	Papír és cellulóz
Japán	118	-	138	-	120
Dél-európa	140	-	-	120	-
NSZK	141	123	125	110	107
Dél-Amerika	142	163	145	145	-
Hollandia	145	122	122	108	118
Belgium	155	138	128	128	115
UK	162	140	150	135	119
USA	164	145	160	135	145

1. táblázat. Energiahatékonysági szint indikátorok (%) néhány jelentős iparágban 2001-es adatok alapján. (A legjobb ismert technológia jelenti a 100%-ot) [3]

Jelentős lehetőségek vannak a villamosenergia iparban is. Az iparág hatásfoka az OECD országokban is csak 35-36%, miközben a legfejlettebb erőművek már képesek 55-58% hatásfokkal is üzemelni [3].

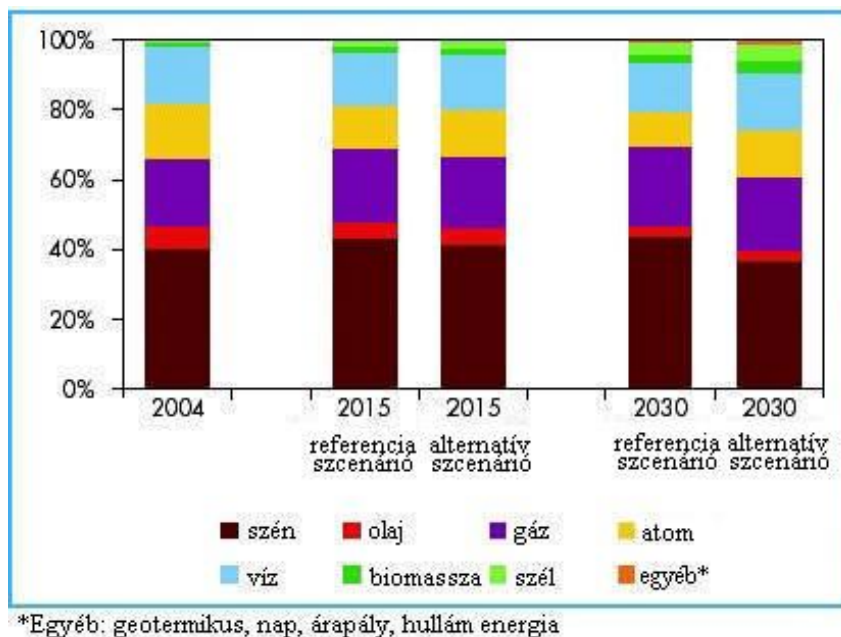


1. ábra. A fosszilis tüzelőanyagot használó erőművek hatásfoka (forrás: IEA) [4]

TÜZELŐANYAG VÁLTÁS A FOSSZILIS ENERGIAHORDOZÓKON BELÜL

A villamosenergia ipar mindenekelőtt tüzelőanyag váltással próbálja a szén-dioxid kibocsátást csökkenteni. Az egyes tüzelőanyagok alkalmazása következtében létrejövő kibocsátás mértékét a tüzelőanyagok „karbon-intenzitásával” jellemezhetjük. Ez a mutató a tüzelőanyag átlagos kémiai összetételének alapján számítható, aránya a gáz, olaj és szén között rendre 3:4:5. Azaz a szénről olajra való áttéréssel 20%, a szénről gázra való áttéréssel 40%, az olajról gázra áttéréssel 25% kibocsátás csökkenés érhető el [3].

A 2. ábra mutatja az elsődleges energiaforrások várható megoszlását a villamosenergia termelésben 2015-ben és 2030-ban a Nemzetközi Energia Ügynökség (IEA) előrejelzése [4] alapján.²



2. ábra: Az energiaszerkezet változása a villamosenergia termelésben (forrás: IEA) [5]

A referencia szcenárió (Reference Scenario) a szén, a földgáz és a megújuló energiák részesedésének növekedését vetíti előre, miközben a kőolaj, az atomenergia és a vízenergia részesedése csökken, az összes termelés növekedése mellett. E változat szerint a villamosenergia termelés több mint kétharmad részben továbbra is a fosszilis energiahordozókon fog alapulni. A megoszlást a 2. táblázat adatai mutatják be.

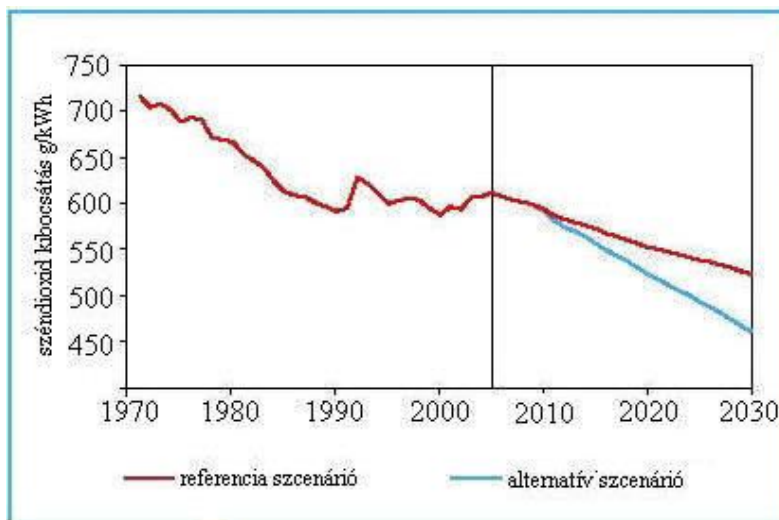
	Részeseedés (%)		
	2004	2015	2030
Összes termelés	100	100	100
Szén	40	43	44
Kőolaj	7	5	3
Földgáz	20	21	23
Nukleáris	16	13	10
Víz	16	15	14
Megújulók	2	4	7

2. táblázat: Az elsődleges energiaforrások várható megoszlása a villamosenergia termelésben (forrás IEA) [5]

Az alternatív szcenárió (Alternative Scenario) esetén a szén és földgáz részesedésének növekedése kisebb, a megújulók részesedésének növekedése valamint az olaj részesedésének csökkenése nagyobb mértékű, mint az előző referencia alapesetben; az atomenergia és a vízenergia részesedése pedig nem csökken, hanem nő; az összes termelés az előző alapesetnél kisebb mértékű növekedése mellett. A 3. ábrán látható, hogy a részesedések arányának fentiek

² Az előrejelzés két változatra készült, a referencia szcenárió (Reference Scenario) a világ kormányai által 2006 közepéig elfogadott, bevezetett politikák és intézkedések figyelembe vételével, az alternatív szcenárió (Alternative Scenario) további energiabiztonsági és klímavédelmi intézkedések feltételezésével készült.

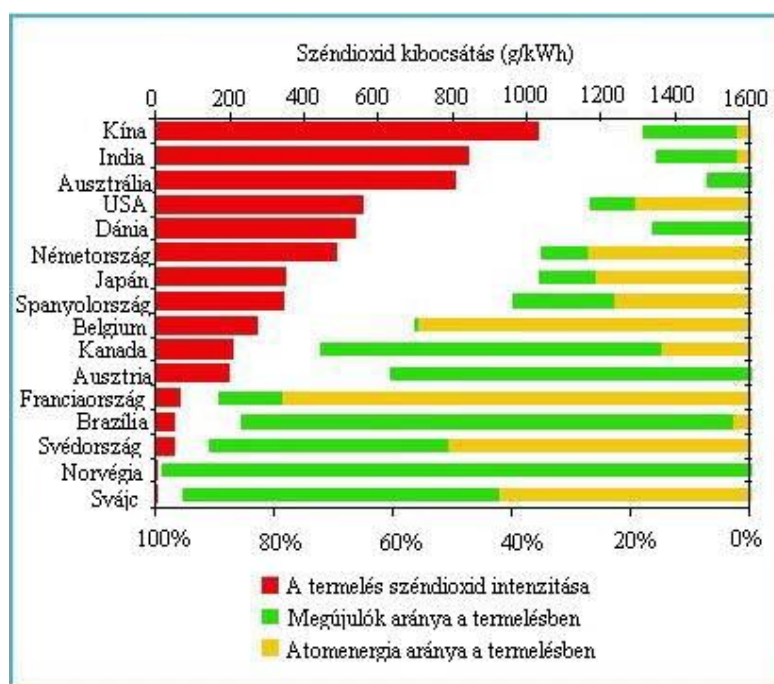
szerinti változása hogyan befolyásolja a villamosenergia termelés CO₂ kibocsátását. Látható, hogy a második eset, az alternatív scenárió lényegesen nagyobb CO₂ kibocsátás csökkenést eredményez.



3. ábra: A villamosenergia termelés miatti CO₂ kibocsátás változása (forrás: IEA) [5]

AZ ATOMENERGIA ÉS A MEGÚJULÓ ENERGIAHORDOZÓK ALKALMAZÁSÁNAK LEHETŐSÉGEI ÉS FELTÉTELEI

Az előző fejezetben bemutatott IEA elemzés is mutatja, hogy a szén-dioxid kibocsátás csökkentésének kézenfekvő lehetősége az áttérés olyan energiahordozók használatára melyek alkalmazása nem jár jelentős széndioxid kibocsátással. Ilyenek az atomenergia és a megújuló energiák. A széndioxid kibocsátás mértéke és a kibocsátással nem járó termelési módok részaránya közötti összefüggést szemlélteti a 4. ábra.



4. ábra: A CO₂ kibocsátás valamint az atomenergia és a megújuló energiák részaránya közötti összefüggés (forrás: IEA) [5]

A fenntartható fejlődést lehetővé tevő energiaszerkezet kialakításakor, kiválasztásakor; az egyes energiatermelési módok értékelésekor a környezetre gyakorolt hatás mellett más szempontokat is figyelembe kell venni, mint például:

- gazdaságosság (beruházási és üzemeltetési költségek, a termelt energia versenyképessége)
- villamosenergia rendszerre gyakorolt hatás (szabályozhatóság, infrastruktúrafejlesztés szükségessége)
- elsődleges energiaforrás rendelkezésre állása és felhasználásának hatékonysága

A következőekben e szempontok mentén tekintjük át az atom- és megújuló energia villamosenergia termelés céljából történő alkalmazásának lehetőségeit és feltételeit.

Az időjárási körülményektől függő energiaforrások alkalmazhatóságának kérdéseit a szélenergia példáján mutatjuk be.

A szélenergia kapcsán a fő problémát az okozza, hogy a primer energiaforrás – a szél – nem szabályozható és kiszámíthatatlanul változik. A szélenergia rendelkezésre állása az időjárási körülményektől függően változik. Üzemi tapasztalatok alapján, pl. egyévnyi időszakban a vizsgált erőművek beépített teljesítményének rendelkezésre állása átlagosan mindösszesen 20%. A termelés előrejelzése az időjárás előrejelzés minőségétől függ. A tapasztalatok alapján az előrejelzés hibája legjobb esetben 10-12%-ra csökkenthető le, de elérheti az 50%-ot is. Az előrejelzés szórása a beépített szélerőmű kapacitás növekedésével nő. A villamosenergia rendszer (a mindenkori termelés és fogyasztás) egyensúlyának fenntartása érdekében a szélerőművi betáplálások váltakozásának kiegyenlítésére tartalékkapacitásokat kell fenntartani. A problémák másik csoportját a telepítési és logisztikai kérdések képezik. A szélerőművek telepítésére alkalmas helyszínek általában mind a sűrűn lakott területektől, mind az átviteli hálózattól távol vannak (ez különösen érvényes a tengereken létesített szélfarmokra). A megtermelt villamosenergiát így nagy távolságra kell szállítani, hogy a fogyasztókhöz eljusson, ami a meglévő infrastruktúra túlterhelését okozza. A probléma megoldásához az infrastruktúra fejlesztése, bővítése; magasfeszültségű vezetékek és kapcsolódó létesítmények építése szükséges. Kérdéses viszont, hogy az ilyen jellegű infrastrukturális beruházások költségét ki viselje [6].

Nem szabad megfeledkezni a méret és mérték hatásáról az egyes technológiák energia rendszerbe történő integrálását érintően. Amíg az energia rendszerben a kedvezőtlen tulajdonságú technológia csak kis hányadot képvisel, addig negatív hatásai is csak minimális mértékben jelentkeznek. Amint viszont a technológia részesedése növekszik, az addig figyelmen kívül hagyott, marginális negatív hatások is felerősödnek. Ilyen hatás lehet a megújuló energiák jelentős terület igénye, az egész életciklus alatt keletkező hulladék mennyisége, az állami támogatás igénye, a villamosenergia hálózat stabilitására gyakorolt hatás. Ezek a hatások jelenleg még elhanyagolhatóak, de a technológia térnyerésével egyre nagyobb gazdasági és környezeti problémát okozhatnak [7].

Az atomenergia felhasználása az IEA előrejelzés szerint csökkenő, mely oka inkább a politikai, társadalmi elfogadásában, mint a valós hátrányaiban rejlik. Az atomerőművekkel szembeni fenntartás legközismertebb oka az erőmű balesetektől való félelem és a sugárzó hulladék tárolásának problémája.

Az atomenergia megítélése nem egységes a világon, de az Európai Unió (EU) belül sem. Tény azonban, hogy az EU-ban a villamosenergia termelés körülbelül egyharmadát az atomenergia adja, mely jelenleg a legnagyobb európai szénmentes energiaforrás. Az Európai

Bizottság 2007.01.10-i energiapolitikai közleménye³ is azt próbálja szemléltetni, hogy az atomenergia előnyei jelentősen meghaladják hátrányait. A tagállamok jelenleg szabadon dönthetnek az atomenergia alkalmazásáról vagy mellőzéséről, de a Bizottság hangsúlyozza, hogy amennyiben a tagállam az atomenergia mellőzése mellett dönt, a kieső energia mennyiségét alacsony szénkibocsátású energiaforrások felhasználásával kompenzálja az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentése és az energiaellátás biztonságának fenntartása érdekében.

Az atomenergia felhasználásának globális növekedése tehát tény és az EU-nak ebben aktív szerepet kell vállalnia: fejleszteni kell az európai tudást, szakértelmet, ösztönözni kell a hosszú távú atomenergiái tervezést és befektetést. Az EU legnagyobb hozzáadott értéke az atomenergia területén a magas fokú nukleáris biztonság. Az atomenergia kérdéskörének tehát ez az eleme lehet a politikai térnyerés kiindulópontja. Annál is inkább, hogy a nukleáris biztonság jogcímén nem csak az atomenergiát támogató, hanem az azt ellenző tagállamok is hajlandók támogatási tőkét biztosítani a nukleáris iparnak [8].

Az atomenergia alkalmazásának éghajlatvédelmi szempontból vitathatatlan előnye, hogy képes a növekvő villamosenergia igényt minimális szén-dioxid emisszió és környezetterhelés mellett megvalósítani. A másik alternatíva a megújuló energiák használata lenne, azonban a megújuló energiák alacsony energia-sűrűsége és nagy terület igénye, a technológiák fejletlensége és a villamosenergia-rendszer szabályozhatóságára gyakorolt kedvezőtlen hatásai miatt az atomenergia mutatkozik célszerű választásnak⁴.

Az új atomerőművek gazdasági szempontból versenyképesek. Az atomerőművek a legmegbízhatóbb villamosenergia-termelők, kihasználtságuk világszerte 85-93%. A nukleáris üzemanyag nagy energia-sűrűségű így jól tartalékolható. A paksi atomerőmű 2 éves üzemanyag tartaléka egy kisebb teremben elfér. Az üzemanyag nem a világ „geopolitikai tűzfészkeiből” származik, mint az olaj vagy a gáz, azonban a felhasználásuk jelenlegi üteme mellett a készletek alig 100 évre elegendők. Ezzel kapcsolatosan megjegyzendő, hogy a mai reaktorokban az üzemanyag hasadóanyag tartalmának mindössze 1%-a ég ki, a hasadóanyag 99%-a pedig visszanyerhető és hasznosítható. Az egyes energiatermelési technológiák között a közvélekedéssel ellentétben az atomerőművek esetében a legalacsonyabb a súlyos balesetek gyakorisága. Emellett tény, hogy a balesetek hatása igen súlyos is lehet az atomerőművek esetében. Az atomerőművekkel szemben leggyakrabban felhozott ellenérv a kiegészítő tüzelőanyag, a radioaktív hulladék kezelésének problémája, az viszont mellette szól, hogy az atomerőműben a – radioaktív hulladék mellett - fajlagosan lényegesen kevesebb veszélyes és normál ipari hulladék keletkezik, mint más erőművekben, a radioaktív hulladék kezelése és tárolása pedig technikailag megoldott [7].

Az atomenergia alkalmazásának további veszélye a nukleáris proliferáció. Az ún. tenyésztőreaktorokban a fűtőanyag urán tartalmának egy részét plutóniummá alakítják. Ez arra szolgál, hogy az erőművek nagyobb teljesítményűvé és hatásfokúvá váljanak, de emellett lehetőséget ad a plutóniumból nukleáris fegyver gyártására illetve a plutónium illetéktelen kezekbe kerülésére [9].

Tehát az atomenergia alkalmazásának előnyei (pl.: alacsony működtetési költség, olcsó villamosenergia termelési lehetőség, nem jár üvegházhatású gáz kibocsátással) mellett nem szabad sem figyelmen kívül hagyni, sem indokolatlanul felnagyítani hátrányait (erőművi

³ Európai Bizottság, Energiapolitika Európának, COM(2007)0001, 2007.01.10

⁴ A környezetre gyakorolt hatás tekintetében meglepő adat, hogy az egy kWh energiamennyiség megtermelésére során keletkező üvegházhatású gáz kibocsátás nagyobb fotoelektromos vagy szélenergiaerőműben, mint atomerőműben, ha a teljes életciklust (gyártás, üzem, leszerelés) figyelembe vesszük [7].

balesetek, nukleáris hulladék tárolásának problémája, magas beruházási költség, nukleáris fegyverek gyártása, lehetséges terrorcselekmények) sem.

Az atomenergia hosszú távon csak az ún. negyedik generációs erőművek kifejlesztésével tartható fenn. Az új technológia alkalmazásával

- az urán fűtőanyag energiájának sokkal nagyobb részét kinyerhetővé válik
- tiszta plutónium előállítása nem merül fel
- a hosszú felezési idejű transzurán összetevőknek csak elenyésző mennyisége kerül hulladéktárolóba, így a tárolás időtartama lerövidíthető [10].

AZ ÜVEGHÁZHATÁSÚ GÁZOK LEVÁLASZTÁSA, MEGKÖTÉSE, TÁROLÁSA

Az üvegházhatású gázok légkörből való kivonásának természetes eszközei az erdők, így az erdősisítés – illetve az erdőirtások csökkentése és az erdők megtartása - a természetes kivonás legfontosabb eszköze. A mesterséges kivonás módszereinek három nagy csoportja a nagy nyomású oldatképzés, a membrános leválasztás illetve a kirogenikus (alacsony hőmérsékletű közeggel történő) leválasztás. A leválasztott szén-dioxid tárolására természetes geológiai lehetőségek (pl. használaton kívüli vagy kiürült földgáz és kőolajmezők tározó rétegei és a víztározó rétegek) és az óceánok mélyrétegeiben történő elhelyezés szolgálhatnak [2].

AZ ÜVEGHÁZHATÁSÚ GÁZOK KIBOCSÁTÁSÁRA VONATKOZÓ HATÓSÁGI SZABÁLYOZÁS LEHETŐSÉGEI

A fentiekben bemutatottuk a szén-dioxid kibocsátás csökkentésének elvi lehetőségeit. Ezen lehetőségek közül mind az energia termelői mind fogyasztói a számukra legelőnyösebb, legversenyképesebb megoldásokat fogják választani, használni. Az egyes megoldások versenyképessége növelhető, választásuk ösztönözhető hatósági szabályozás által. A következőkben az üvegházhatású gázok kibocsátásának hatósági szabályozásával kapcsolatos lehetőségeket tekintjük át röviden.

Az éghajlatváltozás és éghajlatvédelem közgazdaságtani szempontból történő megközelítésekor először is meg kell határozni a közgazdasági értelemben hatékony célokat, majd meg kell keresni azt a szabályozási eszközt, mely a kitűzött célokat a leginkább költség-hatékony módon valósítja meg. Közgazdasági értelemben a szabályozási eszköz költség-hatékonyasága a szabályozás hatásainak társadalmi hasznai és költségei alapján állapítható meg. A társadalom számára a környezetszennyezés teljes felszámolása vagy a természeti erőforrások kiaknázásának teljes mértékű korlátozása éppen olyan elfogadhatatlan, mint a korlátlan környezetszennyezés engedélyezése. A megfelelő szabályozás kialakításához olyan, közgazdasági értelemben optimálisnak tekinthető, szennyezési szintet kell tehát meghatározni, mely mellett a szennyező tevékenységből származó haszon maximális és a szennyezésből eredő összes kár minimális. Ennek megállapításához számos tényező egyidejű ismerete szükséges (piaci viszonyok, termékek ára, termelési költségek, szennyezés elhárításának költségei stb.), emellett figyelembe kell venni a probléma globális kölcsönhatásait, valamint az üvegházhatású gázok légkörben történő felhalmozódó jellegzetességét. Az üvegházhatás által okozott károk kiszámítását nem csak a légköri folyamatok összetettsége és minden embert érintő hatása, hanem a hatás időben jelentősen késleltetett jelentkezése is nehezíti [2].

A fentiekből is látható, hogy az éghajlatváltozás illetve az éghajlatvédelmi intézkedések közgazdasági értelemben vett közvetett és közvetlen költségeinek és hasznainak meghatározása, értékének pénzben való kifejezése, a költség-hatékony szabályozás eszközeinek megtalálása nagyon összetett feladat. Lesi Mária és Pál Gabriella szerint [2] a

költséghatékony szabályozás két legfontosabb eszköze a forgalmazható kibocsátási kvóta és az adó. Jelen összefoglaló keretei között a kvótarendszer jellemzőit tekintjük át.

A forgalmazható kibocsátási kvóta lényege, hogy a hatóság a megengedhető kibocsátás mértékének meghatározása után a megengedhető kibocsátás mennyiségét egységnyi kvóták vagy engedélyek formájában a gazdaság szereplőinek felkínálja. Csak az a piaci szereplő bocsáthat ki szennyező anyagokat, akinek a birtokában erre szóló kvóta van. A kvóták forgalmazhatóak. Ha a kibocsátó bevezet olyan technológiát, amellyel saját kibocsátását ennél a piaci árnál olcsóbban tudja csökkenteni, vagy az aktuális piaci viszonyokhoz alkalmazkodva termelését - ezzel kibocsátását - csökkenti; a rendelkezésére álló fel nem használt kvótamennyiséget értékesítheti. A nem engedélyezett kibocsátásért a szennyező büntetést fizet. A kvótarendszer biztosítja, hogy csak a meghatározott, engedélyezett mértékű szennyezőanyag kibocsátás történjen, így támogatja a környezetvédelmi célok megvalósulását.

A szén-dioxid kibocsátás korlátozását jelentő emisszió kereskedelmi rendszer kedvezően befolyásolja az erőművek környezetvédelmi teljesítményét. Mivel a kibocsátás termelési tényezővé válik, a vállalatok hatékonyan gazdálkodnak vele. Mindez hozzájárul a technológiai fejlesztések elősegítéséhez, a tüzelőanyag felhasználási határfokának és a megújuló forrásokból termelt energia versenyképességének javításához [2].

A rendszer bevezetésének legkényesebb gyakorlati problémája a kibocsátási jogok szétosztása, a kezdeti kvóta allokáció, melyre jelen összefoglaló keretei között nem térünk ki⁵.

MAGYARORSZÁG SZÁMÁRA LEGFONTOSABB GLOBÁLIS SZABÁLYOZÁSI TENDENCIÁK

Magyarország számára az EU éghajlatvédelmi politikája és szabályozási kezdeményezései jelentik az elsődleges szabályozási támpontokat. A legalapvetőbb éghajlatvédelmi kezdeményezés az ENSZ Éghajlatvédelmi Keretegyezmény részes feleinek harmadik konferenciáján 1997 decemberében létrejött Kiotói Jegyzőkönyv. A Jegyzőkönyv B függelékében szereplő országok vállalták, hogy 2008 és 2012 között öt év átlagában meghatározott mértékben, az 1990-es kibocsátási szint alá csökkentik üvegházhatású gáz kibocsátásuk mértékét. A nemzetközi vállalatok összességében 5,2%-os csökkentést eredményeznek. A jegyzőkönyv akkor válik hatályossá, ha ahhoz legalább 55 ország csatlakozik, melyek a vállalatot tevő országok összes kibocsátásának legalább 55%-át képviselik. A kezdetektől fogva nyilvánvaló volt, hogy az USA részvétele nélkül nagyon nehezen biztosítható a hatálybalépés, ezért amikor az USA 2001-ben bejelentette, hogy nem áll szándékában a jegyzőkönyvhöz csatlakozni, változtatni kellett az eredeti elképzeléseken, elsősorban a hazai intézkedésekkel történő teljesítés kérdése, a természetes szén-dioxid nyelő területek elismerése és a nemzetközi karbon kereskedelem korlátozása terén.

A Kiotói Jegyzőkönyv négy úgynevezett rugalmassági mechanizmust ismer el, melyek a kibocsátás csökkentési vállalások teljesítése érdekében alkalmazhatók. Ezek a buborék, az együttes végrehajtás, a tiszta fejlesztés és a nemzetközi kibocsátás kereskedelem. A buborék lényege, hogy államok egy csoportja – ilyen az Európai Unió - együttes vállalást tehet, a csoporton belül a vállalatok közötti felosztásról a közösség dönt. Az együttes végrehajtás és a tiszta fejlesztés projekt alapú mechanizmusok, lényegük a befogadó országban éghajlatvédelmi beruházás megvalósulása és a beruházás által elkerült kibocsátás kormányközi megállapodás útján történő megszerzésének lehetősége a beruházó ország

⁵ Erről bővebb információt Lesi Márta és Pál Gabriella „Az üvegházhatású gázok kibocsátásának szabályozása, és a szabályozás hatása a villamosenergia termelő vállalatokra Magyarországon” című munkája [2] tartalmaz.

számára. A forgalmazható kibocsátási engedélyeken alapuló kereskedelmi rendszer bevezetése pedig gyakorlatilag tőzsdei tömegáruvá teszi az üvegházhatású gázok kibocsátását karbon vagy szén-dioxid egyenértékben kifejezve. Ahogy korábban is említésre került a közgazdaságilag hatékony szabályozási megoldás megtalálása nagyon összetett és nehéz feladat, kicsi az esélye, hogy annak éppen a Kiotói Jegyzőkönyv felelne meg. A Kiotói célok inkább egyszerűségük és nem éghajlati és gazdasági hatásaik alapján születtek meg.

A Kiotói Jegyzőkönyvben az Európai Unió (EU) azt vállalta, hogy a 2008-2012-es évek átlagában 8%-kal csökkenti az üvegházhatású gázok kibocsátását. Az EU – a buborék elvet alkalmazva - a jegyzőkönyvet önálló résztvevőként írta alá és jogot szerzett a vállalat tagállamok között történő újrafelosztására. Ami lehetővé teszi az EU-n belüli költség-hatékony lehetőségek minél jobb kihasználását, például a fejletlenebb gazdasággal rendelkező országoktól más tagországok által történő átvállalásokon keresztül.

Az EU emissziós kvóták kereskedelmi rendszerének kialakításával kapcsolatos irányelve (2003/87/EC) 2003 őszén lépett hatályba. Az irányelv hatálya öt ágazat meghatározott termelési kapacitást elérő vállalatira terjed ki. Az öt ágazat egyike a villamosenergia szektor, mely tekintettel jelentős szén-dioxid kibocsátására, kisszámú és pontszerű szennyezési forrására és könnyű szabályozhatóságára az irányelv középpontjában áll. Az irányelv hatálya gyakorlatilag az összes villamos erőműre kiterjed. Az Európai Unió Bizottságának becslése szerint mintegy 4-5 ezer vállalat kötelezett a kereskedelmi rendszerben történő részvételre, ezzel a szabályozás az EU összes szén-dioxid kibocsátásának körülbelül 46%-át érinti [2].

A SZÉN-DIOXID KIBOCSÁTÁS CSÖKKENTÉS LEHETŐSÉGEI ÉS FELTÉTELEI MAGYARORSZÁGON

2002-es adatok alapján Magyarországon az energiatermelés 42%-át adja az összes üvegházhatású gáz kibocsátásnak, ami magasabb mind az EU átlagnál (30%) mind az OECD átlagnál (33%). Ezért a klímaszabályozás szempontjából kiemelt jelentőségű szektor [2].

Az EU a megújuló energiaforrások 2020-ra elérendő részarányát EU szinten 20%-ban határozza meg. Erről az Európai Tanács 2007. márciusi ülésén határozott. A tagállamok szintjére lebontott elvárásokat az Európai Parlament és Tanács 2008. január 30-án megjelent, a megújuló energiaforrások támogatásáról szóló irányelv javaslata határozza meg. Magyarország felé az elvárás a megújuló részarányának 13%-ra történő emelése 2020-ig.

Az EU elvárásoknak történő megfelelés elősegítése érdekében a Kormány 2008. szeptember 3.-án elfogadta a „Stratégia a magyarországi megújuló energiaforrások felhasználásának növelésére 2008 – 2020” című KHEM előterjesztést. A stratégiai célkitűzés („policy” szkenárió) szerint a villamosenergia termelésben a megújuló energiából termelt villamosenergia mennyiségét a 2006. évi 1,63 TWh-ról 2020-ra 9,47 TWh-ra kell növelni.

A tervezett megújuló energiának három fő eleme van: a biomassza, a geotermikus energia és a szélenergia (lásd 3. táblázat).

Az összes mennyiség mintegy kétharmadát kitevő biomassza és a geotermikus energia tervezhető, jól működtethető források. A legfontosabb elem a biomassza lehet (6,7 TWh), elsődlegesen a hulladékból előállítható fajták. A geotermikus energia hasznosítására is rendelkezésre áll a technológia, a legnagyobb ilyen létesítmény Algyőn épül. A harmadik elem, a szélenergia tekintetében azonban nagy kihívást jelent az energiátárolás problémája, mely megoldása rövidtávon tározós vízerőmű vagy levegőtározós gázturbinás erőmű létesítése lehetne. [11]

Megújuló villamosenergia-termelés		2005	2010	2015	2020
Összesen	GWh	1803	4023	6912	9470
Vízenergia	GWh	202	196	219	243
Szél	GWh	10	560	1122	1700
Napenergia	GWh	0,1	0,3	0,4	0,5
Geotermikus	GWh	0	128	370	656
Biomassza	GWh	1506	2809	4579	6011
Biogáz	GWh	25	229	500	717
Hulladék megújuló része	GWh	59	100	121	142

Villamosenergia-termelés		2007-2013	2013-2020	Összesen
Beépülő villamos teljesítmény	MW	934	976	1910
Vízenergia	MW	3	6	9
Szél	MW	448	472	920
Napenergia (napelem)	MW	0,17	0,15	0,32
Geotermikus	MW	64	100	164
Biomassza	MW	369	340	709
Biogáz	MW	44	50	94
Hulladék megújuló része	MW	6	7	14

3. táblázat: A POLICY forgatókönyv eredmény táblázatai [10]

A Magyar Villamosenergia-ipari Átviteli Rendszerirányító (MAVIR) állásfoglalása [12] szerint a magyar villamosenergia-rendszer már jelenleg is súlyos problémákkal küzd a rendszer szabályozhatósága tekintetében, melynek oka a szükséges mértékű és sebességű szabályozási tartalék rendelkezésre állásának hiánya. A korlátozott mértékben vagy egyáltalán nem szabályozható (ilyenek a megújulók is) termelés részarányának növekedésével napi problémát jelent a szükséges tartalékok hiánya. Az időjárási körülményektől függő termelésű megújuló energiaforrást (elsősorban szél) hasznosító erőművek csak a szükséges tartalékok megépülése esetén, jelentős többletköltséggel illeszthetők a magyar villamosenergia-rendszerbe.

A szélenergia hasznosításának lehetőségét jogi, intézményi, környezetvédelmi, gazdaságpolitikai, technikai és gazdaságossági tényezők befolyásolják. Dr. Hunyár Mátyás 2004-ben megjelent számítása [13] szerint Magyarországon az ország területének megközelítőleg 65,3%-a minősül a szélerőművek létesítéséből kizárt területnek (pl. települések belterülete, természetvédelmi területek, vasútvonalak, közutak, vízfelületek stb, lásd 4. táblázat.).

A fennmaradó területet tovább csökkenteni azon területek nagysága, melyeken gazdaságossági szempontból túl alacsony az éves átlagos szélesebesség. A számítás szerint a gazdaságosan hasznosítható terület 34,7%-nak adódik, de csak az 5 m/s éves átlagos szélesebességnél nagyobb szélesebességű területek (1,8%) teljes hasznosításával fedezni lehetne az ország villamosenergia igényének⁶ mintegy felét (lásd 5. Táblázat). Mindemelllett a fenti számítás szerzője felhívja a figyelmet a tartalékteljesítmény biztosításának szükségességére és költségeire. A szélenergia termelésben történő részesedésének 1%-ról 10%-ra történő növekedésével az energia fajlagos többletköltségei megduplázódnak.

⁶ 35 TWh-s igény alapulvételével

Megnevezés	Kizárt terület (km ²)
Települések belterülete	6650
Vízfelületek	1753
Védett területek	8573
Kertek, szőlők, gyümölcsösök	2880
Erdők	17468
Vasútvonalak	3949
Közutak	2205
Nagy- és közép feszültségű távvezetékek	15419
400 m feletti és erős lejtésű terepek	1860
Összesen	60758
	(Az ország területének 65,3%-a)

4. táblázat: A szél erőművek létesítéséből kizárt területek [13]

Szélesség osztály (h=60 m)	Éves átlagos energia szolgáltatás (1 szél erőmű) (MWh/év)	Hasznosítható terület (km ²)	Elhelyezhető szél erőművek száma (db)	A területről nyerhető éves energia (TWh/év)
3,5 m/s	393	17634	160309	63
4,5 m/s	835	8610	78272	65
5,25 m/s	1326	1677	15245	20
		Összesen:	253826	148

5. táblázat: Megtermelhető szélenergia szélesség csoportok szerint [13]

A megújuló stratégiában tervezett 9,47 TWh megújuló energia kizárólag a régebbi gáz erőműveket és a rosszabb hatásfokú szén erőműveket. Csökkenne a szén-dioxid kibocsátás és az importfüggőség is.

Az importfüggőség és CO₂ kibocsátás csökkentésének másik lehetséges alternatíváját, az atomenergia. Ma a hazai termelés 40%-át a Paksi atomerőmű biztosítja, mintegy 12% származik a szén erőművektől, a termelés fennmaradó több mint 40%-a pedig gáz bázisra épül. A 2009 év eleji események (orosz-ukrán gázvita) is rámutat arra, hogy a biztonságos ellátáshoz több lábón kell állni, a mai energiaszerkezet nem fenntartható. Az ország villamosenergia igénye – az energiahatékonyság lényeges javulása mellett is – folyamatosan növekszik, miközben csökkenteni kell a CO₂ kibocsátást. Emellett a szénhidrogén készletek mennyisége véges, az azok iránti kereslet a gyorsan fejlődő népes nemzetgazdaságok (Kína, India) miatt tovább fog növekedni, tehát olyan villamosenergia termelési módot célszerű választani, mely nem szénhidrogén bázisra épül. A növekvő igény megújuló energiával történő kielégítése Magyarországon csak a szél erőművek és a szükséges energiatárolók erőltetett létesítésével lenne kivitelezhető. Ilyen feltételek mellett a hazai energiaellátásban az atomerőműnek nincsen alternatívája. Gazdasági szempontból az atomenergia a legolcsóbb, nincs CO₂ kibocsátása, valamint nem jelenik meg az importfüggőség, mint a gáz esetén. Természetesen – mint minden műszaki létesítmény – az atomerőmű is jelent biztonsági kockázatot (pl. baleset, nukleáris terrorizmus, radioaktív hulladék), de ezek a reaktortípusok újabb generációjával egyre csökkennek. Az elhasznált fűtőelemek átmeneti tárolása megoldott, végleges tárolók is épülnek Finnországban és az USA-ban; valamint várható az elhasznált fűtőelemek újrahasznosításának jelentős fejlődése is. Magyarországon esetlegesen új blokk(ok) építéskor már az ún. harmadik generációs reaktorokkal lehet számolni, melyek biztonsági és technikai színvonala jelentősen magasabb a korábbi generációknál, ami tovább

csökkenti az atomenergiával járó biztonsági, környezetszennyezési és baleseti kockázatokat. A fűtőelemek beszerzésére is több alternatíva áll rendelkezésre. [11]

ÖSSZEFOGLALÁS

A villamosenergia előállítása és alkalmazása a gazdasági fejlettség egyik legfontosabb mutatója. A gazdaság fejlődésével az energia igények drasztikusan nőnek. Ugyanakkor az energia ipar, ezen belül is legnagyobb részben a villamosenergia iparban alkalmazott technológiák felelősek a globális éghajlatváltozást okozó üvegházhatású gázok kibocsátásáért. Az energiaigény és termelés növekedése ezen szennyező gázok kibocsátásának növekedését okozzák.

A szakértők szerint a globális éghajlatváltozás már megkezdődött, bizonyos változások egy azonnali, drasztikus üvegházhatású gáz kibocsátás csökkenés esetén is bekövetkeznének. Ezért a megelőzés mellett a várható változásokhoz történő alkalmazkodásra is hangsúlyt kell fektetni.

Az üvegházhatású szén-dioxid kibocsátását a fosszilis tüzelőanyagok, a szén a kőolaj és a földgáz elégetése okozzák, ezek közül is a szén elégetése jár a legtöbb, majd a kőolaj és a földgáz elégetése jár a legkisebb kibocsátással. A kibocsátott szén-dioxid mennyisége így csökkenthető tüzelőanyag váltással a fosszilis energiahordozókon belül is, de leginkább a kibocsátással nem vagy csak minimális mértékben járó megújuló és atomenergia felhasználására történő áttéréssel.

A fosszilis tüzelőanyag elégetésének fenntarthatósága is növelhető olyan módszerekkel melyek lehetővé teszik egyrészt a szén-dioxid leválasztását és kibocsátásának megakadályozását másrészt a légkörből való kivonását és tárolását.

A kibocsátás mértéke az energia felhasználás mértékével csökken, így kulcs fontosságú az ezt célzó energiatakarékosági, energiahatékonysági fejlesztések, intézkedések szerepe.

A szén-dioxid kibocsátás visszaszorításában fontos szerepe van a hatósági szabályozásnak. A szén-dioxid emisszió kereskedelmi rendszer például egyrészt biztosítja, hogy csak a hatóság által meghatározott mennyiségű szennyeződés kerüljön kibocsátásra, másrészt a szén-dioxid kibocsátási jogot a vállalatok számára termelési tényezővé teszi, mellyel gazdálkodniuk kell.

A költséghatékony szabályozás megtalálása nagyon összetett és nehéz, az éghajlatváltozás elleni fellépés azonban egyre sürgetőbb feladat. Az éghajlatváltozás megelőzésére induló kezdeményezések – mint a Kiotói Jegyzőkönyv - inkább egyszerűségük és nem éghajlati és gazdasági hatásaik alapján születtek meg.

Magyarország számára az EU éghajlatvédelmi politikája és szabályozási kezdeményezései jelentik az elsődleges szabályozási támpontokat. Az EU emissziós kvóták kereskedelmi rendszerének kialakításával kapcsolatos irányelve (2003/87/EC) 2003 őszén lépett hatályba.

2002-es adatok alapján Magyarországon az energiatermelés 42%-át adja az összes üvegházhatású gáz kibocsátásnak, ami magasabb mind az EU átlagnál (30%) mind az OECD átlagnál (33%). Ezért a klímaszabályozás szempontjából kiemelt jelentőségű szektor.

Az EU a megújuló energiaforrások 2020-ra elérendő részarányát EU szinten 20%-ban határozza meg. Magyarország felé az elvárás a megújulók részarányának 13%-ra történő emelése 2020-ig. Az EU elvárásoknak történő megfelelést szolgálja a Kormány által 2008. szeptember 3.-án elfogadott a „Stratégia a magyarországi megújuló energiaforrások

felhasználásának növelésére 2008 – 2020” című KHEM előterjesztést. A stratégiai célkitűzés („policy” szkenárió) szerint a villamosenergia termelésben a megújuló energiából termelt villamosenergia mennyiségét a 2020-ra 9,47 TWh-ra kell növelni. A megújuló energia kiszorítaná a régebbi gázerőműveket és a rosszabb hatásfokú szén-erőműveket. Csökkenne a szén-dioxid kibocsátás és az importfüggőség is.

A megújulók villamosenergia termelésben történő alkalmazásával járó nehézségek miatt előtérbe kerül az importfüggőség és CO₂ kibocsátás csökkentésének másik lehetséges alternatíváját, az atomenergia. Tekintettel a szénhidrogén készletek véges voltára, az azok iránti kereslet várható növekedésére, a megújulókkal kapcsolatos problémákra és a szén-dioxid kibocsátás csökkentésének szükségességére a hazai energiaellátásban az atomerőműnek nincsen alternatívája.

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Intergovernmental Panel of Climate Change: Climate Change 2007. IPCC 2008.
<http://www.ipcc.ch/ipccreports/assessments-reports.htm> (2009.03.10)
- [2] Lesi Mária, Pál Gabriella: Az üvegházhatású gázok kibocsátásának szabályozása, és a szabályozás hatása a villamosenergia termelő vállalatokra. Budapesti Közgazdaságtudományi és Államigazgatási Egyetem 2005.
- [3] Dr. Jászai Tamás: Energetika: ok és okozat. Magyar Energetika, 2004/5. szám 3-8.o.
http://www.omikk.bme.hu:8080/cikkadat/bitstream/123456789/1240/1/2004_5bol2.pdf
(letöltés ideje: 2008.12.23)
- [4] Peter Taylor, Olivier Lavagne d’Ortigue, Nathalie Trudeau, Michel Francoeur
(International Energy Agency): Energy Efficiency indicators for Public Electricity Production from fossil fuels. OECD/IEA 2008. június
http://www.iea.org/textbase/papers/2008/En_Efficiency_Indicators.pdf (2009.03.09)
- [5] International Energy Agency: World Energy Outlook 2006. OECD/IEA 2007.
<http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2006/weo2006.pdf> (2009.03.09)
- [6] Csűrök Tibor: Az UCTE álláspontja a szélenergiának az EU villamosenergia-rendszerébe integrálásáról. Magyar Energetika, 2004/4.szám 24-24-26.o.
http://dSPACE.omikk.bme.hu:8080/cikkadat/bitstream/123456789/1231/1/2004_4bol8.pdf
(letöltés ideje: 2008.12.23)
- [7] Dr. Katona Tamás János: A nukleáris energia szerepe a fenntartható fejlődésben. Nukleon 1. évfolyam 2008. szeptember
<http://mnt.kfki.hu/Nukleon/index.php?action=abstract&cikk=43> (letöltés ideje 2008.12.23)
- [8] Herczog Edit – Précsényi Zoltán : Az atomenergia az Európai Parlamentben a 2004-es bővítés óta. Hadmérnök 2007/1. szám (2007)
http://www.hadmernok.hu/archivum/2007/1/2007_1_herczog.html (letöltés ideje: 2008.12.23)
- [9] Halász László - Hanka László - Vincze Árpád: A nukleáris erőművek negyedik generációjának és egy korszerű reprocesszási eljárás jövőbeli alkalmazásának lehetősége a nukleáris hulladékok növekvő mennyiségének és elhelyezési problémájának tükrében. Hadmérnök 2008/3. szám (2008)

http://www.hadmernok.hu/archivum/2008/3/2008_3_hanka.html (letöltés ideje: 2008.12.23)

- [10] Stratégia a magyarországi megújuló energiaforrások felhasználásának növelésére 2008-2020 Budapest, 2008. Július
http://www.khem.gov.hu/data/cms1918499/Meg_jul_strat_gia_honlap_llapot.pdf
(letöltés ideje: 2009.02.24)
- [11] Gerse Károly: a biztonságos energiaellátáshoz több lábon kell állni. Menedzsment Fórum 2009. január 23.
http://www.mfor.hu/cikkek/Gerse_Karoly_a_biztonsagos_energiaellatashoz_tobb_labon_kell_allni.html (letöltés ideje: 2009.02.24)
- [12] MAVIR ZRt. állásfoglalása az időjárási körülményektől függő, nem fosszilis, megújuló energiaforrásból villamos-energiát termelő erőművek villamosenergia-rendszerbe történő beillesztése kapcsán. <http://www.mavir.hu/>
(Hivatalos/Kiserőművek/Állásfoglalás/Szélerőművek) (letöltés ideje: 2008.12.23)
- [13] Dr. Hunyár Mátyás: A szélenergia potenciális hasznosítását korlátozó tényezők Magyarországon. Magyar Energetika 2004/4. szám 3-7.o.
http://dspace.omikk.bme.hu:8080/cikkadat/bitstream/123456789/1227/1/2004_4bol2.pdf
(letöltés ideje: 2008.12.23)

Készült a Somos Alapítvány támogatásával