

Hagyományos erőművek környezeti hatásai

Hagyományos erőműveknek nevezzük a szén, olaj- és gáztüzelésű erőműveket. A szén fogalomkörébe tartozik a lignit is, de nem értjük ide a fa- és biomassza tüzelésű és az ún. megújuló energiahordozókkal (energiaforrásokkal) üzemeltetett erőműveket (nap-, szél-, víz, geotermikus, árapály- stb. erőművek) és a tüzelőanyag- (üzemanyag-)cellákkal villamosságot előállító berendezéseket sem. Ugyancsak nem tárgyaljuk e témakörben a nukleáris (atom-)erőműveket.

Hogy egy országban az egyes erőműfajták milyen részarányt képviselnek, az nagyrészt az ország adottságaitól és lehetőségeitől függ. Svájcban, Norvégiában és Ausztriában pl. kiemelkedően nagy a vízerőműi termelés részaránya, míg ez az energiafajta Magyarországon és Hollandiában nem jön számításba. Angliában a széntüzelés dominál, Franciaországban ezzel szemben a világon a legnagyobb az atomerőművek szerepe. A hazai, ún. közcélú erőműveket az 1. táblázatban mutatjuk be, kiemelve a tüzelőanyagokat, az 1996. évben kiadott villamosenergia mennyiségét és a légszennyezőanyag-kibocsátásokat.

A tüzelőanyagok szerepe

A hagyományos erőművek tüzelőanyagai közül a szenet többféleképpen osztályozzák, ezek közül hazánkban az életkor szerinti csoportosítás terjedt el. A legfiatalabb, közcélú erőművekben elterjedten használt szénfajta a lignit, amelynek fő jellemzője a viszonylag nagy nedvességtartalom. A fűtőértékkel jellemezhető hasznosítható energiatartalom lignitek esetében 6,5 és 20 MJ/kg között változik. A hazai lignitmezőket a kis fűtőérték (6,5–7,5 MJ/kg), a nagy nedvességtartalom (40% felett) és a közepes kéntartalom jellemzi (1–2%). A barnaszén Magyarországon

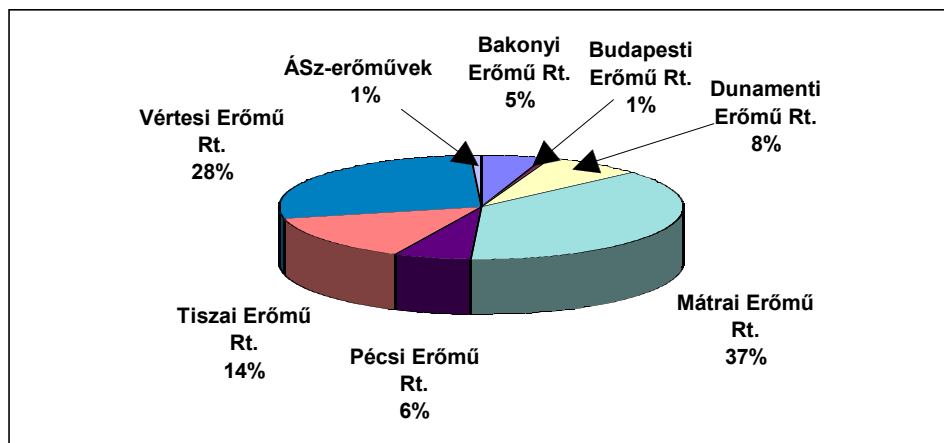
| Erőmű | Tüzelőanyag | Kén-dioxid-kibocsátás | Nitrogén-oxid-kibocsátás | Szilárdanyag-kibocsátás | Kiadott villamosenergia |
|-----------------------------|--------------|-----------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | | ezer t/év | ezer t/év | ezer t/év | GWh |
| Bakonyi Erőmű Rt. | barnaszén. | 21,9 | 3,2 | 0,6 | 520 |
| Budapesti Erőmű Rt. | olaj + gáz | 2,7 | 3,2 | 0,1 | 1208 |
| Dunamenti Erőmű Rt. | olaj + gáz | 33,4 | 9,7 | 1,9 | 5420 |
| Mátrai Erőmű Rt. | lignit | 163,1 | 4,7 | 4,4 | 4158 |
| Paksi Atomerőmű Rt. | nukleáris | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 13351 |
| Pécsi Erőmű Rt. | kőszén | 26,3 | 3,0 | 1,5 | 584 |
| Tiszai Erőmű Rt. | o + g + bsz. | 62,0 | 10,0 | 5,9 | 3895 |
| Vértesi Erőmű Rt. | barnaszén | 121,1 | 6,9 | 5,8 | 1731 |
| Áramszolgáltató erőművek | olaj + gáz | 3,7 | 0,8 | 0,2 | 93 |
| Erőművek összesen | | 434,3 | 41,6 | 20,4 | 30960 |
| Hagyományos erőművek | | 434,3 | 41,6 | 20,4 | 17609 |

1. táblázat

Közcélú erőművekben felhasznált tüzelőanyagok, légszennyezőanyag-kibocsátások és a kiadott villamosenergia

sokféle bányászhatók. (1) Nedvességtartalmuk kisebb, kéntartalmuk általában nagyobb mint a lignit; utóbbi eléri a 4–5%-ot is. Feketeköszenet hazánkban a Mecsekben bányásznak. Az energetikai szenek fűtőértéke 10 MJ/kg körül alakul. Hazánkban csak igen csekély (de növekvő) mennyiségben használnak fel import szenet. Az importálható szenek fűtőértéke eléri a 24–25 MJ/kg-ot, kéntartalma rendszerint alacsony, 0,5% alatt is lehet.

dó előírásokkal indokoltan. Hazai nagy erőműveink mintegy 1 millió tonna (főképp nehéz) fűtőolajat használnak fel évente. Az olajipar technológiai fejlődését tekintve a nagyobb ún. fehéráru-kihozatal a cél, az egysegyeni mennyiségű nyersolajból előállított fűtőolajok mennyisége ezért csökken. Elsősorban az olajfinomítók energiaellátása céljából, de közművi erőművekben is használnak egyes országokban ún. petrolkocszot, amely fejlettebb olajfinomítói technológiák



1. ábra

A magyarországi erőmű társaságok kén-dioxid-kibocsátásának megoszlása

| Megnevezés | Mértékegység | Minimum | Maximum |
|---------------------------------|--------------------|---------|---------|
| Fűtőérték | MJ/kg | 6,7 | 11,9 |
| Nedvességtartalom % | | 7,3 | 43,7 |
| Hamutartalom % | | 14,5 | 53,8 |
| Kéntartalom % | | 1,0 | 5,2 |
| Fajlagos szén-dioxid-kibocsátás | kg/GJ | 95 | 114 |
| Fajlagos füstgáz | m ³ /kg | 2,1 | 3,3 |
| (6% oxigéntartalom) | m ³ /GJ | 353,4 | 432,8 |

2. táblázat

A hazai szenek és lignitek fontosabb minőségi jellemzői

Energetikai, erőművi célra a kőolajlepárlás végtermékeit szokás általában használni, az értékesebb anyagokat (benzinek, Dieselolaj, kerozin) főképp a közlekedésben használják. Az utóbbi évtizedekben éppen a környezetvédelem okán a szokásos 3–5%-nál kisebb kéntartalmú fűtőolajokat is használnak, főképp városi erőművekben a szigoros-

korán melléktermékként keletkeznek. A petrolkocsz fűtőértéke 33–34 MJ/kg, amely kisebb mint a fűtőolajok szokásos értéke (40 MJ/kg körül), viszont általában magas a kéntartalma (4–7%), amiért csak speciális feltételek mellett tüzelhető el. Nagy tisztaságú fűtőolajat (ezt gyakran tüzelőolajnak nevezik) használnak fel a gázturbinák tüzelő-

anyagaként – ennek kéntartalma kisebb mint 0,5% – de ára jelenleg lényegesen magasabb mint az azonos hőértéket képviselő földgázé.

A földgáz környezetvédelmi szempontból a legelőnyösebb tüzelőanyag, hiszen kén-dioxid és porkibocsátással nem kell számolnunk, és ennek a tüzelőanyagnak a legnagyobb a hidrogéntartalma az összes hagyományos tüzelőanyag között. A hidrogén égésterméke, a víz nem szennyezi a környezetet, viszont jelentős hőfelszabadulással jár. A földgáz fűtőértéke mintegy 33–34 MJ/m³, de (házánkban is) vannak ennél kisebb fűtőértékű földgáz-előfordulások, amelyek a szokásosnál több inert anyagot, szén-dioxidot és nitrogént tartalmaznak. Ez utóbbiak is alkalmasak lehetnek erőművi felhasználásra.

A hagyományos erőművi technológiákról

A hagyományos erőművek technológiájakat tekintve nem mutatnak túlzott sokféleséget. A fejlődés lényegében kétféle irányzatot követ, amelyek eredője azonos irányba mutat: a környezet védelmét célozza. A hatásfok javítása jelenti a fő irányt; ez egyúttal az egységnyi termelt villamos energiára eső környezetszennyezést is csökkenti. A kifejezetten a környezet védelmét szolgáló fejlesztések (ilyenek pl. a porleválasztók) általában nem javítják a hatásfokot.

A hagyományos erőművi technológia alapegységei: a kazán, a turbina, a generátor és a transzformátor. Környezetvédelmi szempontból a kazánnak van jelentősége: itt zajlik le az égés, itt képződnek a füstgázok, amelyeket a kéményen át vezetnek a szabadba. A kazánban lejátszódó égésfolyamatok minemősége ugyanakkor igen nagy hatással van a kibocsátásokra. A nem megfelelő tűzvezetés, irányítástechnika, szabályozás a szénmonoxid és a koromképződés irányában hat. Jóllehet az erőművi szénmonoxid-kibocsátás elhanyagolható a közlekedésből származóhoz viszonyítva, a nem tökéletes égés (ennek terméke a szénmonoxid és a korom is) rontja a hatásfokot. A korom emellett azzal az igen kedvezőtlen sajátossággal rendelkezik, hogy felületén sokféle (veszélyes)

anyagot képes megkötni, amelyek akár egészségkárosodást is okozhatnak.

A szén- és lignittüzelésű kazánok túlnyomó részében a tüzelőanyagot finom porrá őrlik a tüztérbe történő juttatás előtt (porszéntüzelés). A tüztér hőmérséklete ebben az esetben 1100–1700 °C között alakul. Ilyen magas hőmérsékleten viszont igen nagy mennyiségű nitrogén-oxid keletkezik. Az elérhető körfolyamat-hatásfok 40–44%. Az utóbbi évtizedben egyre nagyobb jelentőségűek az ún. fluidtüzelési technikák. Ennél a tüzelési módnál a szemcseméret nagyobb, az égő, izzó szénrészecskék a kazánban mintegy lebegnek, nem sodródnak ki szinte azonnal, mint porszéntüzelésnél, hanem csak azután, miután az égés következtében méretük megfelelően csökkent. E tüzelési mód esetében a tüztéri hőmérséklet kisebb (kisebb a nitrogén-oxid képződés) és a tüztérbe adagolt segédanyagokkal (leggyakrabban őrölt mészkövet használnak erre a célra) a kén-dioxid kibocsátás is olyan szintre csökkenthető magában a kazánban, mint amelyhez porszéntüzelés esetén segédberendezésekre (füstgázkéntelenítő) van szükség.

Olajtüzelésnél a kibocsátások hasonlóak mint a széntüzelésű kazánok esetében, de meg kell említenünk, hogy erőművi, nehézolaj-tüzelésű kazánt az utóbbi években egyre kevesebbet építenek. Új gáztüzelésű erőművi kazánnal még ritkábban találkozhatunk. Sokkal több gázturbinás erőmű épül napjainkban, amelyek esetében nem a vízgőz (mint a kazánoknál), hanem a gázturbina égésterméke, az égőkamrában végbemenő égés során keletkező füstgáz forgatja a turbinákat. (2)

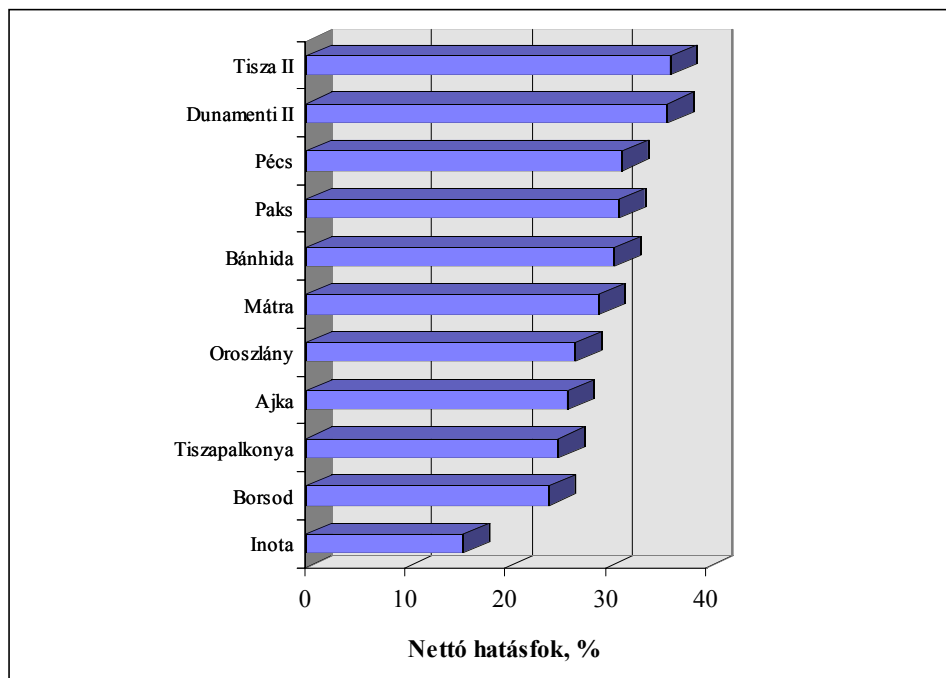
A közcélú erőművi villamosenergia-termelő egységek többé-kevésbé szabályozhatók: teljesítményük menet közben bizonyos határok között változtatható (bár ez befolyással van hatásfokukra) és az ún. névleges teljesítőképességüknél kisebb teljesítményen is üzemeltethetők. Erre igen nagy szükség is van a rendszer irányítása szempontjából, hiszen a rendszer összteljesítményének mindenkor azonosnak kell lennie a pillanatnyi igényekkel – a villamosenergia nem ill. csak igen költségesen tárolható. A szabályozási tartomány általában 40–110% között van. Az ún. kondenzációs erőművek és a nyílteiclusú

gázturbinák jól szabályozhatók, de ennek el-
lentételezésekképpen hatásfokuk kisebb. Ez
azért van így, mert a kondenzáció során le-
csapódó gőzből felszabaduló hő nem vagy
csak kevésbé hasznosítható (alacsony hőmér-
sékleten folyik a kondenzáció éppen a vi-
szonylag nagyobb hatásfok elérése végett). A
nyíltciklusú gázturbinákból pedig a füstgáz-
ok nagy hőmérsékleten (500 (C felett) távo-
znak; itt ez okoz jelentős veszteséget és ez kor-
látozza a hatásfokot mintegy 35%-ban. Az 1.
ábrán a hazai erőművek villamosenergia-ki-
adási hatásfokát mutatjuk be (a kiadott villa-
mosenergia a bevitt energia százalékában).

A hatásfok környezetvédelmi jelentősége. Kapcsolt termelés

A hatásfok kérdése a környezetvédelem
szempontjából meghatározó jelentőségű.
Épp ezért kell említést tenni e helyen is a
kapcsolt termelés előnyeiről. Ennek lényege,
hogy a villamosenergia mellett ugyanazon
(helyesebben bizonyos berendezésekkel ki-
egészített) egységek hőt is ki tudnak adni,

amelyet a távhőszolgáltatásban hasznosítha-
tunk. Hagyományos kazánok esetében ilyen-
kor a gőz nyomását nem engedjük a környe-
zeti hőmérséklet által megszabott alsó hatá-
rig csökkenni. Energiájának egy részét tehát
nem a villanytermelésben hasznosítjuk, ha-
nem kihasználva, hogy nyomása és hőmér-
séklete nagyobb, közvetlenül fűtünk vele,
vagy, ami még gyakoribb, hőjét (energiáját)
hőcserélőben hasznosítjuk és a vele felmele-
gített vízzel (táv)fűtünk. Gázturbinák eseté-
ben – mivel ott a füstgáz az elsődleges hő-
hordozó – ún. hőhasznosító kazánt kell köz-
beiktatni, amelyben a füstgáz hőjével termel-
hetünk gőzt. A gőzt azután fűtésre is használ-
hatjuk, de az ún. kombinált ciklusú erőmű-
vekben a termelt gőzzel turbinát lehet hajta-
ni, amely – kialakításától függően – kondenzá-
ciós, vagy fűtőturbina is lehet. Kapcsolt
termeléssel a hatásfok (a kiadott és a bevitt
energia hányadosa) 90% fölé is emelhető.
Ennek ára ugyanakkor az, hogy e berendezé-
sek kevésbé rugalmasan, kisebb tartomány-
ban szabályozhatók és üzemeltetésük a helyi
távhőigényektől nem függetleníthető.



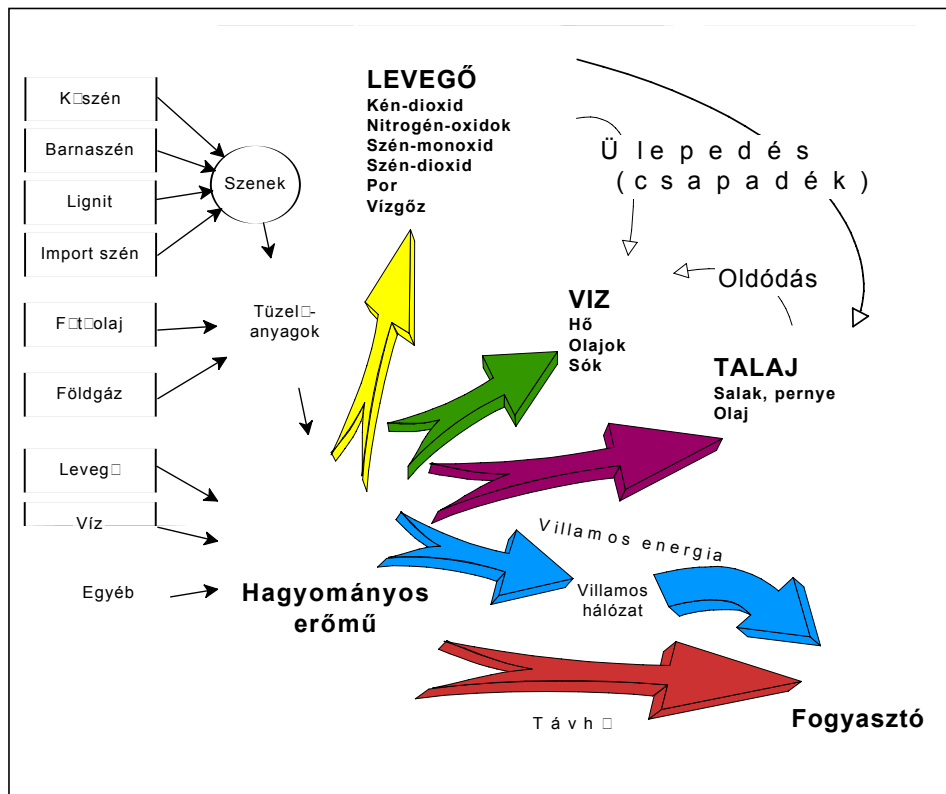
2. ábra

A magyarországi erőművek nettó hatásfokának alakulása (kapcsolt termelés nélkül, 1996)

Hagyományos erőművek környezeti hatásai

A hagyományos erőművek alapvető és legfontosabb bemenő áramait a tüzelőanyagok adják. A felhasználók számára hasznos, új értéket jelentő termékek – mint láttuk – a villamosenergia és a távhő. A további „termékek”-et kibocsátásoknak (emisszióknak) nevezzük. Cél-

fajtáktól. Az égéshez szükséges levegőn és a hűtővizen kívül természetesen más anyagokra is szükség van az erőműben, amelyek közül a kenőanyagokat, a vízkezelésben használatos vegyszereket (sósav, nátronlúg, méshidrárt), a füstgázkéntelenítés segédanyagait (mész-kő), a nitrogén-oxid kibocsátás csökkentésére használt ammóniát, katalizátorokat, a víz-gőz körfolyamat kondicionáló,



3. ábra

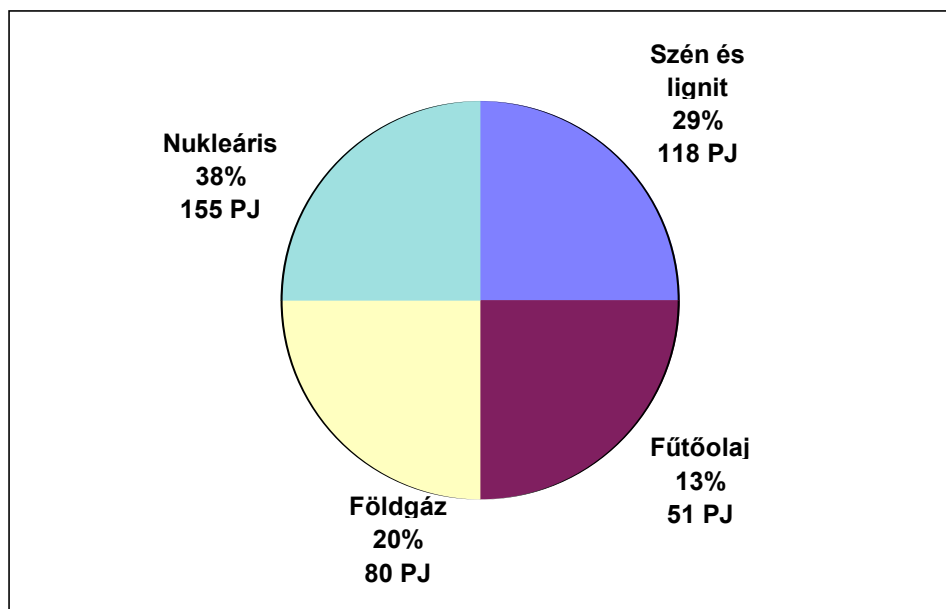
A hagyományos erőmű és környezete

szerű hangsúlyozni, hogy a villamosenergia-iparban a környezetre káros anyag- és energiaáramok a *termelésre* jellemzőek. A szállításban (alap- és elosztóhálózat) és a felhasználásban a környezetszennyezés minimális – a villany nagyon tiszta energia.

A 3. ábrán csak a legfontosabb tüzelőanyagokat tüntettük fel, de megkülönböztettük az import szenet a hazai szén-

korróziógátló anyagait (pl. hidrazin) említhetjük.

A 4. ábrán a hazai erőművek által felhasznált primer energiahordozókat tüntettük fel. A hagyományos tüzelőanyagok aránya 62%, összesen 249 PJ-t tesz ki. (3) A szén- és lignitfelhasználás kb. 14 millió tonna, az olajfelhasználás mintegy 1,6 millió tonna volt, a földgázfogyasztás 2,7 milliárd m³ körül alakult.



4. ábra

A hazai erőművek primer energiahordozó-felhasználása (1996)

A tüzelés során a légkörbe kibocsátott anyagok közül a legfontosabbak a kén oxidjai (főképp kén-dioxid), a különféle nitrogén-oxidok, a szén-monoxid és a szén-dioxid, a szilárd anyagok és a vízgőz.

A kén-dioxid kibocsátás mind az olaj-, mind a széntüzelésű erőművekben jellemző. Leválasztás, vagy megfelelő tüzelési mód (fluid) alkalmazása nélkül a kibocsátott kén-dioxid mennyisége a felhasznált tüzelőanyag mennyiségétől és kéntartalmától függ. A hazai szenek kéntartalma viszonylag magas, átlagosan kb. 2%. Ennek megfelelően a kazánba minden kg szénrel 20 g kenet is beviszünk. Szeneink közepes fűtőértéke kb. 10 MJ/kg. Eszerint minden MJ bevitt tüzelőhővel 2 g kén kerül a kazánokba. Figyelembe véve, hogy 1 kWh = 3,6 MJ, ha a bevitt hőt 100%-os mértékben volnánk képesek villannyá átalakítani, minden kWh villamosenergiához 7,2 g kén és kétszer annyi, (4) azaz 14,4 g kén-dioxid „tapadna”. Ha csak a széntüzelésű, hazai erőművek hatásfokát tekintenénk, nem járnánk messze az igazságtól, ha ennek négyeszeresével számolnánk. Hogy ez mégsincs így, annak az az oka, hogy szeneink meddő

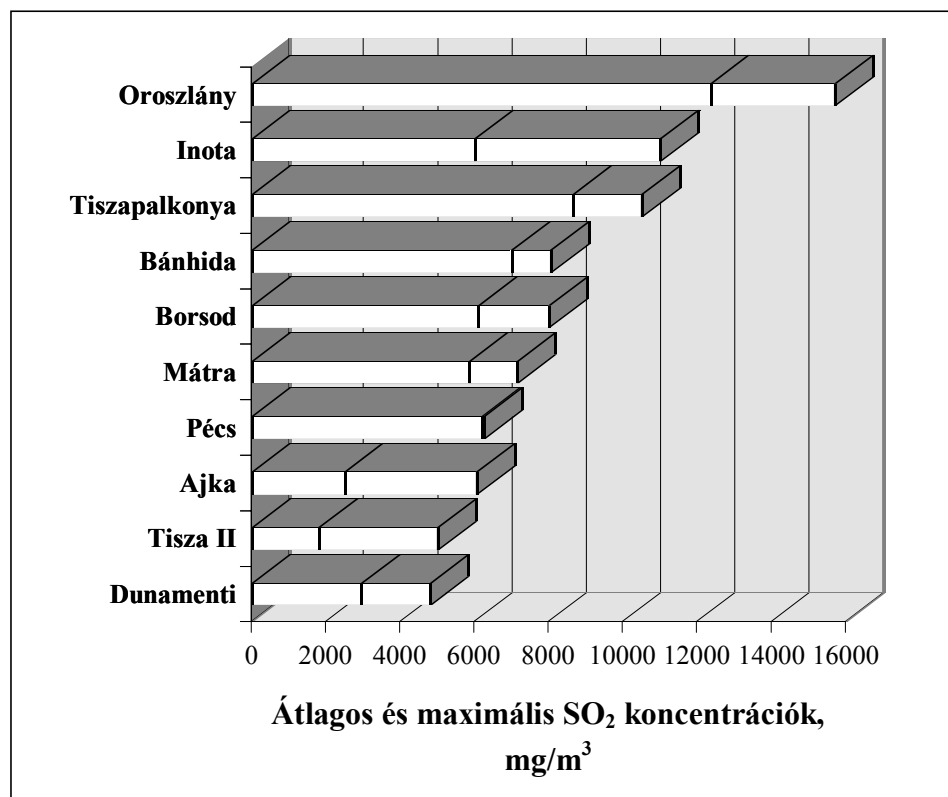
anyag tartalmából jelentős részt képviselnek a kalcium-vegyületek, amelyek a kazánban – részben – megkötik a keletkezett kén-dioxidot. Az önmegkötés mértéke maximálisan 35–40%, de fluid tüzelés esetén eléri a 70–90%-ot is. A legnagyobb hazai széntüzelésű erőművekben a kiadott villamosenergia egységnyi mennyiségére vetített kén-dioxid kibocsátás 38 és 44 g/kWh között alakul. Kapcsolatban ezzel az érték 25–27 g/kWh-ra csökken (Pécsi Erőmű). Összehasonlítva ezen értékeket egy jó minőségű (25 MJ/kg fűtőérték), kis kéntartalmú (0,5%) import szénrel üzemeltett erőmű kibocsátásával, még akkor is több mint egy nagyságrend különbség adódik, ha eltekintünk az egyébként (Európa nyugati felén csaknem mindenütt) kötelező füstgázkéntelenítés hatásától. Ha a fenti minőségű szénrel üzemeltett erőmű hatásfoka 40%-os, akkor a kén-dioxid kibocsátás kb. 3,5 g/kWh lenne. Füstgázkéntelenítés esetén ennek legfeljebb egy tizede vehető számításba, hiszen e technológiák hatásfoka legalább 90%.

Az utóbb említett széntüzelésű kazánból távozó füstgázban a kén-dioxid tartalom

füstgázkéntelenítés nélkül mintegy 1000 mg/m³ lenne. Az Európai Unió irányelvei nagy tüzelőberendezésekre legfeljebb 400 mg/m³-t engednek meg, ezért füstgázkéntelenítésre még ilyen esetben is szükség van. Összehasonlításképp célszerű egy pillantást vetni a magyar erőművekre jellemző kibocsátási koncentrációkra az 5. ábrán. Olajtüzelésnél a helyzet csak annyiban kedvezőbb, hogy a fűtőolajok fűtőértéke 40–41 MJ/kg, azaz egységnyi bevitt hőhöz kevesebb kén tartozik. Ahhoz azonban, hogy az uniós irányelveknek megfelelő kibocsátást érjünk el legfeljebb 0,25% kén-tartalmú olajokat használhatnánk fel, ami egyelőre csak a benzinre és bizonyos gázolajokra jellemző – nem a fűtőolajokra.

Földgáztüzelésnél kén-dioxid kibocsátással gyakorlatilag nem kell számolni. A nitrogén-oxidok kibocsátása azonban mindenfajta tüzelőanyag esetében jellemző és

alapvetően nem a tüzelőanyagok nitrogéntartalmától, hanem a tüzelési technológiától, a tüzelőberendezés kialakításától, az égés hőmérsékletétől függ. A nitrogén-oxid kibocsátás azáltal is eltér a kén-dioxid emissziótól, hogy a füstgázok nitrogén-oxid koncentrációja a terhelés növekedésével növekszik. Ez azt jelenti, hogy a kibocsátott NO_x mennyisége a tüzelőberendezés terhelésének növekedésekor a lineárisnál nagyobb mértékben növekszik. Hazai porszéntüzelésű kazánjaink közül a legnagyobbak (a lignittüzelésű kazánok) NO_x-kibocsátása kifejezetten kedvező (kb. 300 mg/m³), ami a lignit nagy nedvességtartalma miatti viszonylag alacsony tüztéri hőmérséklet következménye. Nem éri el az 1000 mg/m³-t a többi széntüzelésű kazán füstgázának nitrogén-oxid koncentrációja, ám az olaj- és gáztüzelésű kazánokéi (nagyobb terheléseken) meghaladják azt.



5. ábra

Hagyományos tüzelésű erőműveink kén-dioxid kibocsátási koncentrációi a füstgázban

A NO_x -kibocsátás csökkentésére számos eljárás ismeretes. Erre alkalmas lehet az égők speciális kiképzése, az égéslevegő megfelelő elosztása, segédégők alkalmazása és más, a tüztérben alkalmazható módszerek, amelyek mintegy megakadályozzák, visszaszorítják a nitrogén-oxid képződést. Ezekkel legfeljebb 50–70%-os hatásfok érhető el. További csökkentésre bonyolultabb, költségszebb eljárások alkalmazhatók, a nitrogén-oxidok kémiai átalakítása (redukció) nitrogén-gázzá vegyszerek (elsősorban) ammónia és katalizátorok (a kémiai reakciót lehetővé tevő vagy azt gyorsító anyagok) segítségével.

A porkibocsátás oka alapvetően a tüzelőanyagok meddő anyag (hamu-) tartalma. A nem éghető ásványi anyagok a tüzteret és a kazánt jobbra finom eloszlású por alakjában (pernye) kisebb részben nagyobb szemcseméretű, összesült anyag (salak) formájában hagyják el. Száraz salakeltávolítás esetén (házunkban kizárólag ez jellemző, a magyarországi szén nem alkalmas az ún. salakolvasztó tüzelésre) a pernye a kazán alján gyűlik össze és könnyen eltávolítható, a pernyeleváláshoz azonban speciális berendezések szükségesek. A század első felében alkalmazott mechanikus (ütközéses és ciklonrendszerű) porleválasztókat azóta teljesen kiszorították a modernebb elsősorban elektrosztatikus porleválasztók amelyek a pernyét (amely elektromos töltéssel rendelkezik) 99% feletti hatásfokkal távolítják el. Hazánkban minden erőművi, széntüzelésű kazán rendelkezik elektrosztatikus porleválasztóval. Nyugaton és az Egyesült Államokban egyre több helyen alkalmazzák a zsákos szővetszőket, amelyek az elektrosztatikus leválasztókhoz hasonló hatásfokúak.

A 99% feletti porleválasztási hatásfok mellett általában teljesíthetők a legszigorúbb előírások, amelyek jelenleg legfeljebb 50 mg/m^3 porkoncentrációt engednek meg a füstgázokban. Nyugat-Európában egyes országokban ennél is szigorúbb előírások érvényesülnek.

A széntüzelés mellett néha sajnos az olajtüzelésű berendezések is bocsátanak ki szilárd részecskéket. Ebben az esetben a kibocsátott anyagok túlnyomó része kémiailag szén (korom), amely azonban – nagy aktív felülete és annak speciális tulajdonságai révén – más

anyagokat, pl. nehézfémeket és szénhidrogéneket is tartalmaz a felületén megkötve. Ezek jelentős része egészségkárosító hatású, ezért a koromképződést lehetőleg el kell kerülni.

A kibocsátáscsökkentés, azaz a légtérbe emittált anyagok mennyiségének csökkentése nemcsak előnyöket, hanem hátrányokat is jelent, hiszen a legtöbb esetben az történik, hogy az eddig a levegőbe juttatott anyagokat a „földre kényszerítjük”, azaz ezekkel, ezek káros sajátágaival immár természetes közegünkben kell megküzdünk. Célzerű, ha ezen anyagokat valamiféle nemes célra felhasználjuk. Ez elérhető pl. a füstgázkéntelenítés során keletkező gipsz esetében, de megjegyzendő, hogy a felhasználás mikéntjét és a melléktermék értékesítéséért realizálható árbevétel annak minősége is befolyásolja. Jó minőségű füstgázkéntelenítő-gipszet pedig csak további melléktermékek egyidejű termelésével lehet gyártani. Általában is igaz, hogy a légszennyező anyagok mennyiségének csökkentése a hulladékok mennyiségének növekedésével jár együtt.

E tekintetben az újrahasonosítás jelenthet és jelent sok esetben megoldást. A jó minőségű szén pernyéje általában ugyancsak jó minőségű, így az felhasználható pl. cementgyártási adalékanyagként, töltőanyagként vagy az útépítésben. Magyar viszonyok között az okoz gondot, hogy viszonylag sok pernye keletkezik, mert szeneink hamutartalma nagy (20–55%). Az építőipari felhasználást egyes szénfajták pernyéje esetében a radioaktivitás túlzott mértéke akadályozza. (5) Az erőművi salaknak és pernyének (évi 4,5–6 millió tonna keletkezik) mintegy 15%-a hasznosul, a többit zagytereken kell elhelyezni.

A hazai erőművek kén-dioxid kibocsátása 1980 óta jelentősen csökkent. Ez a csökkenés elsősorban a Paksi Atomerőmű üzembe-lépésének következménye volt és jelentősen hozzájárult ahhoz, hogy Magyarország teljesíteni tudta a Helsinkii Jegyzőkönyv szerinti kötelezettségét. (6) Növekedett viszont az utóbbi években az erőművi kén-dioxid kibocsátás részaránya az országos kibocsátásban. Az 1991-ben még 40% körüli érték mára meghaladta az 50%-ot. A hazai villamosenergia-termelés ugyanis növekedett, (bár

1993–94-ig csökkent a fogyasztás, de csökkent a villamosenergia-import is), ugyanakkor az ipar más területeinek visszaszorulása a kibocsátások csökkenését is eredményezte.

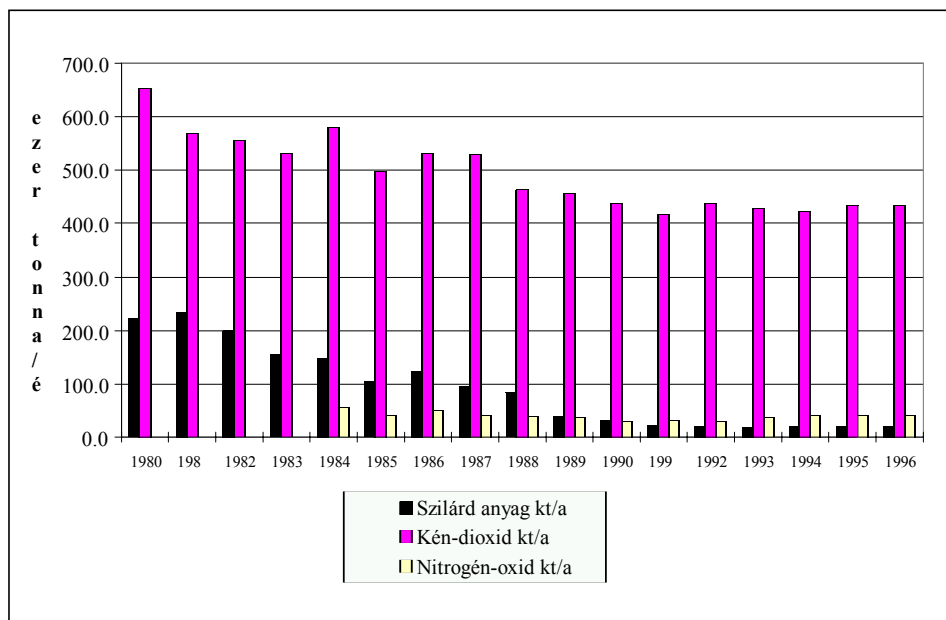
Az erőművi nitrogén-oxid kibocsátás alig változott az elmúlt évtizedben és évi 40 ezer tonna körül alakul. Itt a közlekedés (szállítás) dominanciája jellemző. Rendkívül jelentős csökkenés mutatkozott viszont a nyolcvanas években az erőművi porkibocsátásban, amely 230 ezer tonnáról 20 ezer tonnáig csökkent.

Mindenféleképpen meg kell említenünk a hagyományos erőművek szén-dioxid kibocsátását. A globális éghajlatváltozást okozó anyagok kibocsátásának csökkentése napjainkban kényszerítő szükségzerűség. Az üvegházhatással foglalkozó tanulmányok, a nemzetközi megállapodások és egyezmények sürgetik a hathatós beavatkozásokat. Egyes országok az ezzel kapcsolatos felelősségüknek úgy tesznek eleget, hogy – távoli országokban – erdőket telepítenek, amelyek a kibocsátott szén-dioxid megkötését biztosítják. Ezt a megoldást számos ország élesen bírálja. A kézzelfogható, valóságos lehetőség a villamosenergia-termelési

és -felhasználási hatások, hatékonyság javítása. Ebben Magyarországnak – mint korábban láthattuk – jelentős tartalékai vannak.

A hagyományos tüzelőanyagok abban is különböznek egymástól, hogy egységnyi mennyiségükből (az energiaiparban ezen mindig egységnyi hőértéket értünk) mennyi széndioxid keletkezik. E tekintetben is a földgáz a legkedvezőbb, majd a fűtőolaj és végül a szén következik. A magyarországi erőművek az elmúlt években alig változó mértékben 20–22 millió tonna szén-dioxid kibocsátásáért voltak felelőssé tehetőek, amely az országos kibocsátásnak mintegy 30%-a.

Az erőművi zagyter a széntüzelésű erőművek csaknem mindegyikének velejárója. Mint említettük, a fejlettebb országokban a jó minőségű, felhasználható pernye teljes mennyiségét újrahasonosítják, ez hazánkban (még) nem járható út. Nem bizonyult megfelelőnek a salak és pernye visszátömedékelése a felhagyott bányagödörökbe részben a túlzott szállítási költségek miatt. Magyarországon (szemben pl. az Egyesült Államokkal) a nedves, hidraulikus salak- és pernyeszállítás nyert polgárjogot, ahol a szállítás végpontja a zagyter. A Pécsi Erő-



6. ábra

A hazai erőművek légszennyezőanyag-kibocsátásai (1980–1996)

műben már több éve bevezetett és másutt is bevezetés előtt álló ún. sűrűzagyas technológia környezetvédelmi szempontból is előnyösebb (a zagyter nem porzik, a megszilárdult zagy nyomószilárdsága nagyobb, vízáteresztő képessége kisebb mint korábban és jóval kevesebb szállítóvízre van szükség). Korábban 1 rész pernyéhez 7–10 rész szállítóvízre volt szükség, ma már az 1:1 arány alatt is lehet csővezetéken pernyét szállítani – innen a sűrűzagy elnevezés. Egy korábbi projekt keretében azt is sikerült (hatóságilag is!) igazolni, hogy a fluid tüzeléskor keletkező salak és pernye nem minősül veszélyes hulladéknak (toxicitását és kémiai tulajdonságait tekintve sem).

A zagyterek környezeti hatása – sajnos – nem merül ki abban, hogy rontja a tájképet, mintegy sebként mutatkozik a természet arcán. A pernyéből a szállítóvízbe oldódó különféle anyagok oldat formájában a talajba, a talajvízbe juthatnak és akár élővizet is szennyezhetnek. Ebből adódóan a zagyterek létesítése előtt a lerakandó hulladékot minősíteni kell és környezeti hatásvizsgálatot kell végezni.

A villamosenergia-ipar az ország legnagyobb vízfelhasználója. Az évi mintegy 4 milliárd köbméternyi frissvíz-felhasználásnak kb. 97%-a kizárólag hűtési célokat szolgál és a befogadóba „csak” hővel szennyezve (kb. 8–10 °C-kal magasabb hőmérsékleten) jut vissza. Az erőművi vízhasználat fennmaradó részének legnagyobb hányadát a salak-pernye szállítóvízek adják évi mintegy 40 millió m³-rel. (7) A zagytereken forgatott víz mennyisége ennél lényegesen nagyobb, mert a megfelelően üzemeltetett lerakók esetében a szállítóvíz jelentős részét a zagy leülepedése után visszaforgatják, ismételten felhasználják. Az említett vízmennyiség az elpárolgó és elszivárgó vizek pótlására szolgál.

Jelentős vízhasználati elem a kazánok pótvízellátása. Mivel ebben az esetben igen nagy (csaknem elméleti) tisztaságú vízről van szó, az évente felhasznált mintegy 20 millió m³ sóltalanított víz előállítására speciális technológiák alkalmazását teszi szükségessé. Az ehhez szükséges vegyszerekből (az ioncserélő gyanták regenerálása során)

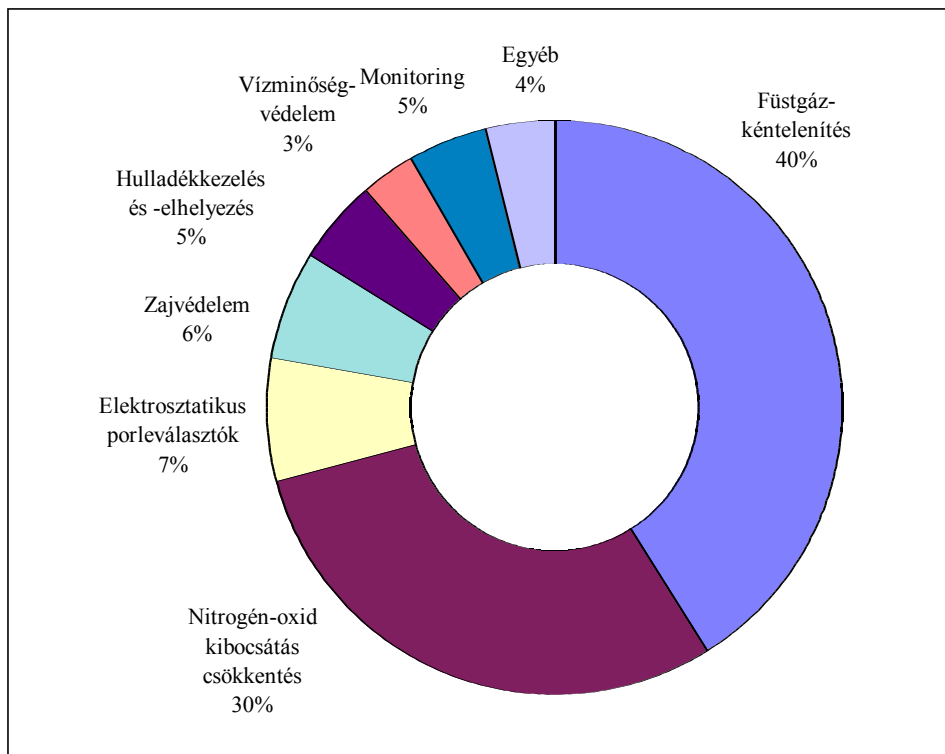
mintegy tízezer tonna só keletkezik évente. Ez a mennyiség technológiai korszerűsítéssel (ellenáramú regenerálás) és modernebb, vegyszertakarékos technológiákkal (membrántechnika) jelentősen csökkenthető. Membrántechnikán (fordított ozmózis) alapuló módszert alkalmaznak immár több éve az Oroszlányi Erőműben több száz tonna só kibocsátását téve ezzel feleslegessé.

A széntüzelésű erőművekben az erőművi hulladékvizek jelentős részét a pernyeszállításban hasznosítják. Az olajjal szennyezett hulladékvizeket mindenütt olajleválasztókon vezetik át mielőtt a befogadóba vagy a csatornába vezetnék. Egyre elterjedtebb a hulladékvizek szelektív kezelése, azaz a használt vizeket szennyezettségük, szennyezéseik szerint a lehetőségekhez mérten különválasztják és külön is kezelik, ha ez szükséges.

Az erőművi hulladékok közül a salakot és pernyét már többször említettük. Az érvényes jogszabályok szerint ennek veszélyességét minősítési eljárás során kell megállapítani. Nagyságrendileg kisebb mennyiségben keletkeznek az erőművekben egyéb – részben veszélyes – hulladékok (azbeszt-, olaj-, esetleg PCB-tartalmú hulladékok, (8) ózonkárosító anyagok stb.) amelyek szelektív gyűjtése és ártalmatlanítása (leggyakrabban elégetéssel vagy lerakás útján) alapvető feladat.

A környezetvédelem költségei

A környezetvédelemmel kapcsolatos költségek meghatározása nem egyszerű feladat – a hagyományos erőművekben sem. Évtizedekkel ezelőtt szinte nem is beszélhettünk ilyenféle ráfordításokról. Mára azonban nagyot változott a helyzet. Az természetesen igaz, hogy a hazai erőműpark még nem dicsekedhet pl. füstgázkéntelenítővel – ezek telepítése Nyugat-Európában és Japánban már csaknem három évtizede megindult, sőt be is fejeződött, természetessé vált – de a Mátrai Erőmű Rt. tervei szerint 2000 után ott már üzemel majd ilyen berendezés, több mint 100 ezer tonnával csökkentve az éves kén-dioxid kibocsátást. A füstgázkéntelenítők beruházási költsége – főképp a kereslet szükségének következtében – jelentősen csökkent. A hetvenes évek végén 300



7. ábra

Új széntüzelésű erőmű környezetvédelmi beruházási költségeinek megoszlása

USD/kW körül járt ez az összeg, míg mára 100 USD alá csökkent. 1 kWh villamosenergiára vetítve egy ilyen berendezés üzemeltetési költsége kb. 1–1,5 Ft-ot tesz ki. Napjainkban egy újonnan létesítendő, széntüzelésű erőmű esetében a környezetvédelmi célú beruházások aránya eléri, egyes esetekben meghaladja a 30%-ot. E nagy részarány talán csak addig meglepő, amíg meg nem fontoljuk a környezetvédelem „szakterületeit” a 7. ábra szerinti bontásban.

Civin Vilmos

Jegyzetek

(1) Jóllehet barnaszénbányáink nagy része kimerülőfélben van és a gazdaságosan kitermelhető szénvagyon a következő évtizedre gyakorlatilag elfogy.
 (2) A gázturbinák innen kapták a nevüket; sajnos ezt manapság is sokan félreértik, és feltételezik, hogy e berendezéseket kizárólag (föld)gázzal lehet üzemeltetni. Előfordul azonban – főképp a tartalék célokat szolgáló ilyen egységeknél – az olajtüzelés is.

(3) 1 PJ=1015 J.

(4) 1 gramm kénből elégecekor csaknem pontosan 2 gramm kén-dioxid keletkezik

(5) Egyes hazai szenek esetében a hamuban koncentráció radioaktív izotópok bomlástermékei (a radon-gáz ilyen) lassan kiszabadulnak pl. az ilyen pernyék felhasználásával korábban készült falakból, födémekből és a szokásosnál intenzívebb szellőztetést tesznek szükségessé az ilyen épületekben. Ma már ilyen pernyéket építőipari célokra nem szabad használni.

(6) A jegyzőkönyv értelmében Magyarországnak 30%-kal kellett csökkentenie SO₂-kibocsátását az 1980. bázisévhez viszonyítva 1993-ig. 1980-ban az iparág kén-dioxid kibocsátása kb. 650 ezer tonna volt, amely 1993-ra 425 ezer tonnára csökkent. Az országos kibocsátás évi kb. 1,6 millió tonnáról kevesebb mint a felére esett vissza.

(7) Mint említettük, más országokban, ahol a pernyék és a salakot pl. teherautókon szállítják a lerakókba, ilyen célra vizet nem, vagy csak nedvesítési célra (porzárócsökkentés) használnak, relatíve kisebb mennyiségben.

(8) A hazai erőművekben több mint egy évtizede nem használnak PCB-tartalmú (poliklórozott bifenileket tartalmazó) szigetelőolajokat, régebbi berendezésekben azonban nem zárható ki teljesen ezek jelenléte.